

Zamawiający	ZAKŁAD USŁUG KOMUNALNYCH SP. Z O.O. ul. Kilińskiego 15 89-650 Czersk	
Obiekt/Zadanie	ANALIZA TECHNOLOGICZNA STACJI UZDATNIANIA WODY W CZERSKU WRAZ Z WYTICZNYMI DO PRZEBUDOWY I EKSPLOATACJI UKŁADU	
Adres SUW	Stacja Uzdatniania Wody w Czersku gmina Czersk	
		
Opracowujący	mgr inż. Piotr SAMELAK	

Spis treści

1. PRZEDMIOT I PODSTAWA OPRACOWANIA.....	2
2. ANALIZA STANU ISTNIEJĄCEGO.....	3
2.1. Ujęcie wody.....	3
2.1.1. Studnie i pompy głębinowe.....	3
2.1.2. Jakość wody surowej.....	16
2.2. Napowietrzanie wody.....	17
2.2.1. Urządzenia do napowietrzania.....	18
2.2.2. Proces napowietrzania wody – obliczenia technologiczne.....	19
2.3. Układ filtracji.....	22
2.3.1. Filtry ciśnieniowe.....	22
2.3.2. Urządzenia płuczące.....	24
2.3.3. Proces filtracji – obliczenia technologiczne.....	24
2.4. Pozostałe elementy SUW.....	32
2.4.1. Zbiorniki hydroforowe.....	32
3. WNIOSKI Z ANALIZY STANU ISTNIEJĄCEGO I ZALECENIA.....	33
4. WYTYCZNE DO PRZEBUDOWY SUW CZERSK.....	36
4.1. Założenia ogólne.....	36
4.2. Ujęcie wody.....	38
4.3. Napowietrzanie wody.....	39
4.4. Filtracja wody.....	43
4.5. Dezynfekcja wody.....	47
4.6. Retencja wody.....	47
4.7. Tłoczenie do sieci wodociągowej.....	49
5. ODZYSK WÓD POPŁUCZNYCH.....	52
5.1. Osadniki wielostrumieniowe.....	52
5.2. Techniki membranowe - ultrafiltracja.....	54
5.3. Podsumowanie.....	56

1. PRZEDMIOT I PODSTAWA OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania jest analiza techniczno – technologiczna Stacji Uzdatniania Wody w Czersku wraz z podaniem wytycznych eksploatacyjnych oraz doborem poszczególnych elementów układu uzdatniania, w tym systemu retencji i tłoczenia wody do sieci wodociągowej. W opracowaniu omówiono także przykładowe rozwiązania odzysku wód popłucznych z płukania filtrów ciśnieniowych.

Stacja uzdatnia wodę w celu zaspokojenia potrzeb bytowych i gospodarczych mieszkańców miasta Czersk oraz mieszkańców okolicznych wsi: Krzyż, Będzimerowice i Ostrowite. SUW pracuje obecnie w układzie jednostopniowego pompowania wody. Woda uzdatniana jest w toku dwustopniowej filtracji ciśnieniowej i po dezynfekcji kierowana bezpośrednio do sieci wodociągowej.

Użytkownik podjął decyzję o konieczności modernizacji istniejącego układu poprzez budowę zbiorników retencyjnych i zmianę systemu jednostopniowego pompowania wody na dwustopniowy (montaż zestawu pomp II stopnia).

Cel i zakres opracowania stanowi zatem analiza techniczno – technologiczna funkcjonowania SUW w obecnym kształcie, a także podanie szczegółowych wytycznych do planowanej przebudowy wraz z określeniem zaleceń do eksploatacji istniejącego układu uzdatniania.

Podstawę opracowania stanowią:

- zlecenie Inwestora,
- obowiązujące przepisy prawne, dotyczące jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi – Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. 2015, poz. 1989.),
- Operat wodnoprawny na pobór wód podziemnych,
- badania jakości wody przekazane przez Inwestora,
- wizje lokalne na obiekcie,
- konsultacje technologiczne,
- bieżące informacje przekazywane przez Eksploatatora,
- inne.

Opracowanie wykonano zgodnie z nowoczesną wiedzą w dziedzinie technologii uzdatniania wody oraz w oparciu o doświadczenia wodociągów, eksploatujących podobne układy uzdatniania wody.

2. ANALIZA STANU ISTNIEJĄCEGO

Uzdatnianie wody na SUW w Czersku oparte jest na następujących procesach jednostkowych::

- pompowanie I stopnia - ujęcie wody podziemnej – 2 studnie głębinowe,
- napowietrzanie wody (w rurociągu) z wykorzystaniem sprężarek powietrza oraz wężła sprężonego powietrza,
- dwustopniowa filtracja ciśnieniowa:
 - I stopień – odżelazianie,
 - II stopień – odmanganianie,
- płukanie filtrów z wykorzystaniem powietrza z wężła sprężarkowego oraz pompy głębinowej,
- odprowadzenie wód popłucznych do odstojnika,
- zasilanie sieci wodociągowej z wykorzystaniem pomp głębinowych oraz zbiorników hydroforowych.

Stacja Uzdatniania Wody w Czersku zgodnie z obowiązującą decyzją o udzieleniu pozwolenia wodnoprawnego może prowadzić pobór wód podziemnych ze studzien nr 1 i 2 w ilości:

- średniej dobowej 2 240,0 m³/d
- maksymalnej dobowej 4 032,0 m³/d
- średniej godzinowej 93,3 m³/h
- maksymalnej godzinowej 168,0 m³/h
- średniej rocznej 817 600 m³/r
- maksymalnej rocznej 1 471 700 m³/r

2.1. Ujęcie wody

2.1.1. Studnie i pompy głębinowe

Ujęcie wody na potrzeby Stacji Uzdatniania Wody w Czersku stanowią 2 studnie wiercone oznaczone numerami 1 i 2. Studnia nr 1 znajduje się na terenie SUW, studnia 2 ok. 200 m na zachód od SUW.

Poniżej przedstawiono podstawowe parametry studzien w oparciu o: „Operat wodnoprawny na na pobór wody podziemnej ze studni wierconych nr 1 i 2, ujmujących wody podziemne z utworów czwartorzędowych oraz odprowadzenie wód popłucznych” opracowanego w 2012 r przez firmę Hydro-Geo s.c. z Bydgoszczy

Studnia nr 1

- warstwa wodonośna: czwartorzęd, plejstocen
- rok odwiercenia: 1979 r,
- pierwotna głębokość otworu : 95,0 m,
- rzędna terenu przy otworze: 126,75 m npm
- wydajność eksploatacyjna (z okresu wiercenia): 196 m³/h, przy S = 4,0 m
- wydajność eksploatacyjna (obecnie)

Studnia nr 2

- warstwa wodonośna: czwartorzęd, plejstocen
- rok odwiercenia: 1986 r,
- głębokość otworu: 98,0 m,
- rzędna terenu przy otworze 126,0 m npm
- wydajność eksploatacyjna:(z okresu wiercenia) 130 m³/h, przy S = 3,3 m
- wydajność eksploatacyjna (obecnie)

Zdjęcie 1. Ujęcie wody na SUW w Czersku (studnia 1)



Źródło 1: Nentech s.c.

Zdjęcie 2. Ujęcie wody na SUW w Czersku (studnia 2)



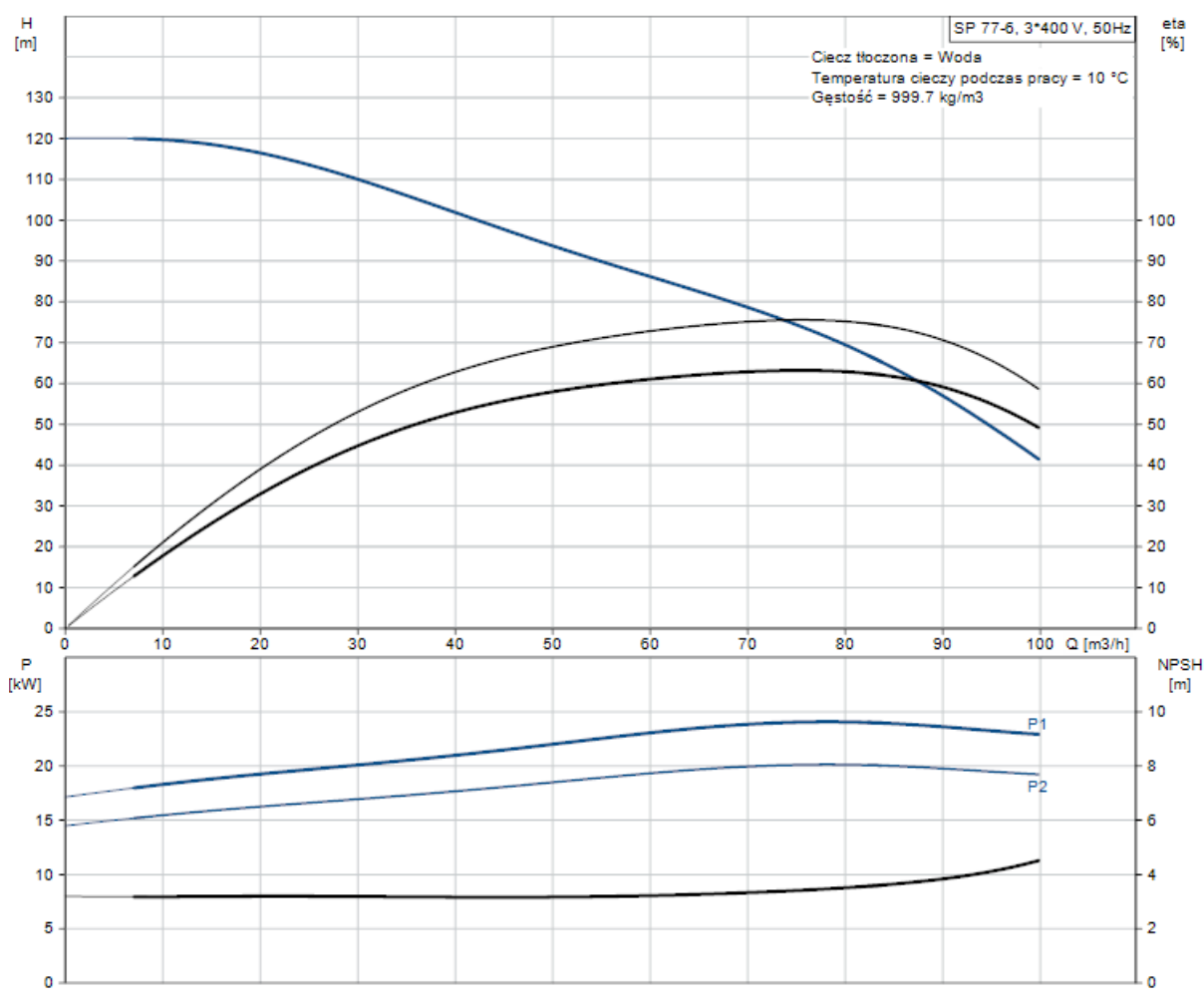
Źródło 2: Nentech s.c.

Zgodnie z informacją od Zamawiającego, w studniach zamontowane zostały następujące pompy głębinowe::

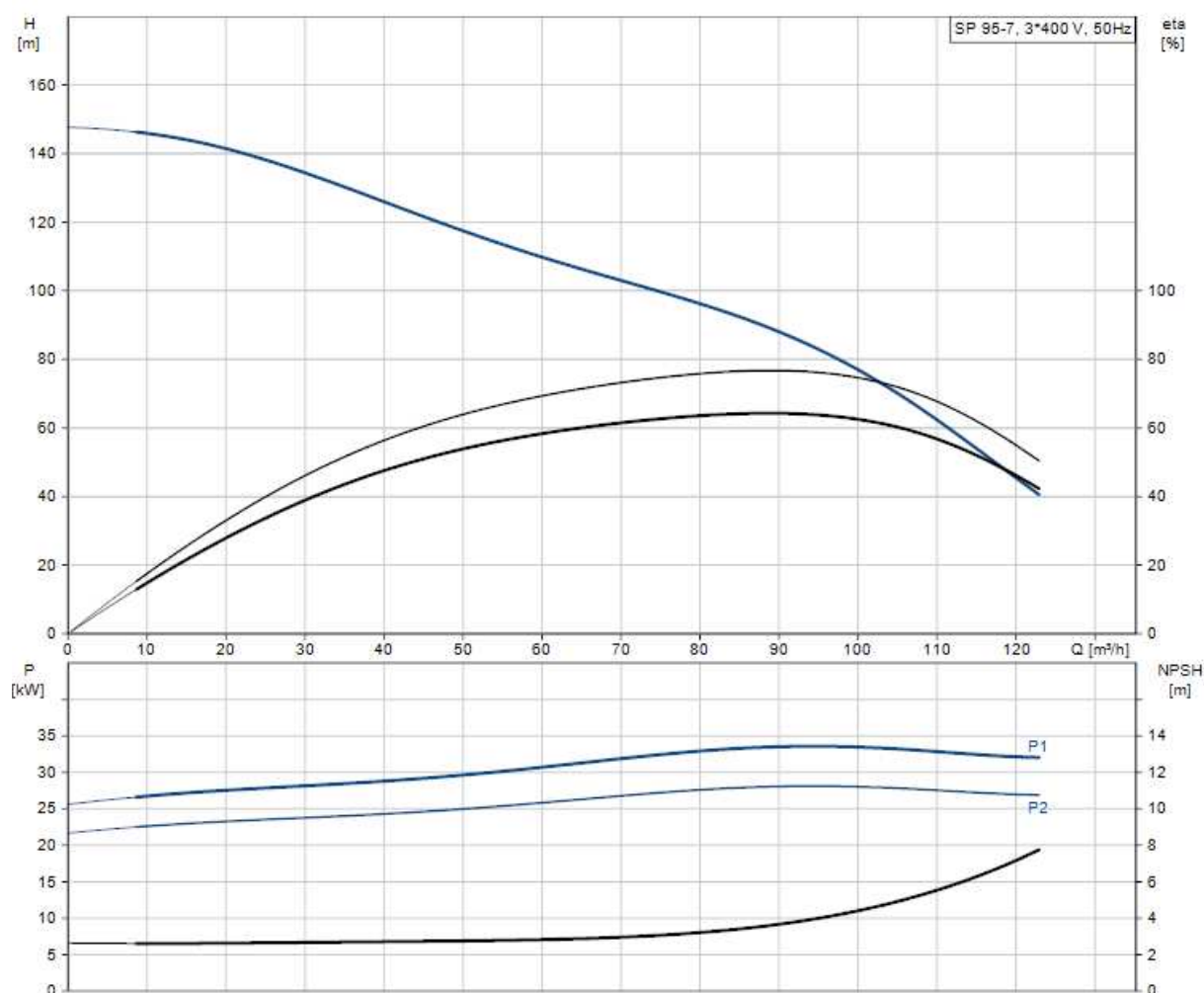
- **pompa głębinowa nr 1:**
 - producent: Grundfos,
 - typ: SP 77-6
 - wydajność nominalna (katalogowa) ok. 80 m³/h,
 - nominalna wysokość podnoszenia ok. 70,0 mH₂O
 - moc 22 kW
 - wydajność rzeczywista pompy: ok. 80,0 m³/h,
- **pompa głębinowa nr 2:**
 - producent: Grundfos,
 - typ: SP 95-7
 - wydajność nominalna (katalogowa) ok. 90 m³/h,
 - wysokość podnoszenia ok. 90,0 mH₂O
 - moc 30 kW
 - wydajność rzeczywista pompy: ok. 100,0 m³/h,

Poniżej przedstawiono charakterystyki zamontowanych pomp głębinowych.

Wykres 1: Charakterystyka i punkt pracy pompy głębinowej nr 1



Wykres 2: Charakterystyka i punkt pracy pompy głębinowej nr 2



Zgodnie z informacją od Eksploatatora, w normalnym trybie studnie eksploatowane są naprzemiennie, wyjątkiem są okresy zwiększonego zapotrzebowania na wodę (głównie miesiące letnie oraz godziny szczytowych rozbiorów w ciągu doby), gdzie do pracy włączane są 2 pompy (praca równoczesna).

Pompy przetłaczają wodę przez układ filtrów ciśnieniowych oraz hydrofory do sieci wodociągowej. Praca obydwu pomp głębinowych sterowana i regulowana jest poprzez indywidualne przetwornice częstotliwości (falowniki).

W poniższych tabelach zestawiono ilości wody surowej oraz uzdatnionej, wtłoczonej do sieci wodociągowej. Zmienność poboru i produkcji w poszczególnych latach przedstawiono również na wykresach.

Tabela 1: Zestawienie ilości wody surowej

WYDOBYCIE WODY SUW CZERSK			
ROK	2017 [m3]	2018 [m3]	2019 [m3]
styczeń	40 245	29 510	37 880
luty	31 745	29 910	34 290
marzec	35 015	34 290	40 760
kwiecień	37 115	37 310	49 660
maj	39 480	49 400	39 700
czerwiec	39 810	51 880	51 600
lipiec	38 065	46 130	
sierpień	37 750	47 800	
wrzesień	33 645	37 400	
październik	34 010	42 730	
listopad	32 780	34 290	
grudzień	34 410	35 110	
RAZEM [m3]	434 070	475 760	253 890

Wykres 3: Ilość wydobytej wody surowej w poszczególnych latach

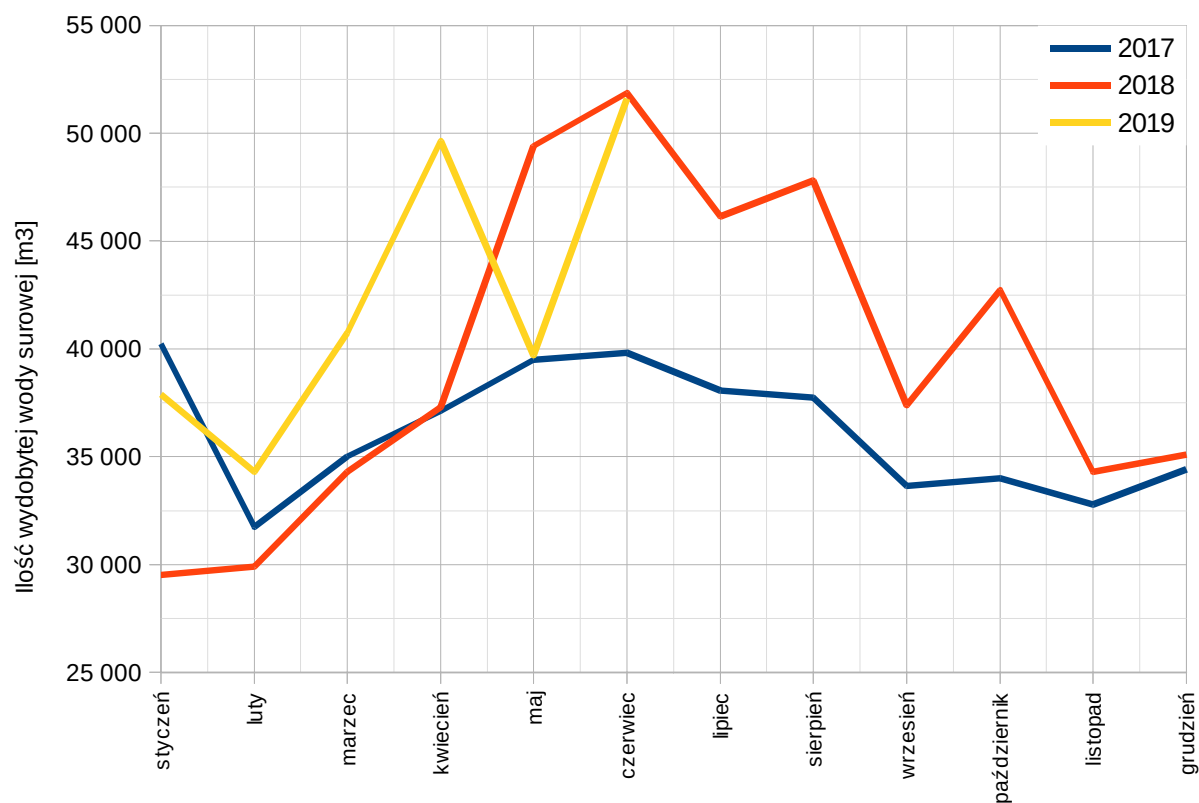


Tabela 2: Zestawienie ilości wody uzdatnionej wtłoczonej do sieci wodociągowej - rok 2017

PRODUKCJA WODY W ROKU 2017 [m3/d]												
DZIEŃ	MIESIĄC											
	styczeń	luty	marzec	kwiecień	maj	czerwiec	lipiec	sierpień	wrzesień	październik	listopad	grudzień
1	1 198,50		994,51	1 343,99	1 146,17	1 251,16	1 121,06	1 310,74	1 015,51	976,69	945,99	961,37
2	1 287,69		993,72	1 087,03	1 154,17	1 570,18	1 023,58	1 186,99	1 103,02	1 177,04	1 038,69	1 078,66
3	1 239,25		1 037,50	1 111,56	977,62	1 628,91	1 067,51	1 172,79	990,00	1 073,61	1 050,96	889,12
4	1 224,53		1 151,81	1 106,26	1 006,41	947,48	1 147,80	1 229,09	989,82	1 042,99	1 113,34	979,32
5	1 236,48		956,59	1 045,83	1 028,08	1 221,12	1 098,40	1 322,11	1 027,45	1 010,21	941,31	934,34
6	1 187,91		1 016,48	1 055,14	1 189,94	1 210,97	1 266,94	1 090,68	1 030,67	1 058,52	952,65	907,38
7	1 333,35		1 019,09	1 064,58	878,47	1 151,28	1 211,80	1 278,00	1 016,75	1 098,49	1 004,00	946,58
8	1 212,38		983,14	1 207,88	994,48	1 221,88	1 203,15	1 259,91	1 076,07	963,18	1 012,09	959,36
9	1 229,24		883,52	1 061,12	1 020,42	1 403,65	1 123,89	1 249,85	1 176,48	1 095,99	982,86	1 057,63
10	1 143,50		1 068,83	1 191,19	973,51	1 285,04	1 198,88	1 209,02	924,08	1 070,56	975,26	906,90
11	1 226,32		1 123,42	1 124,21	1 007,54	1 211,27	1 066,41	1 270,86	1 082,79	1 050,15	1 065,44	967,41
12	1 211,13		1 013,00	1 154,95	1 121,18	1 194,11	1 139,18	1 175,23	1 091,27	1 080,80	891,53	958,68
13	1 237,41		1 090,15	1 173,14	1 315,77	1 163,49	1 155,17	1 160,35	983,81	1 078,66	987,88	965,26
14	1 354,71		1 113,19	1 220,61	1 113,88	1 294,43	1 124,40	1 283,66	980,58	1 194,31	976,43	944,68
15	1 186,47		1 054,04	1 345,10	1 099,34	1 107,01	1 280,83	1 098,64	1 052,08	992,93	976,97	989,95
16	1 216,92		1 072,70	1 024,21	1 050,72	1 191,20	1 098,72	1 146,77	1 177,23	1 140,39	963,85	1 088,82
17	1 187,06	1 095,94	1 033,27	1 018,19	1 138,83	1 221,41	1 181,88	1 148,33	973,29	1 112,49	1 032,78	944,54
18	1 193,70	1 175,93	1 103,28	1 181,84	1 337,53	1 235,93	1 222,14	1 227,04	1 022,46	1 069,97	1 103,31	973,39
19	1 199,95	1 018,22	1 016,90	1 109,89	1 461,87	1 595,05	1 375,36	1 100,70	1 462,87	1 048,42	927,39	986,55
20	1 227,86	1 032,84	1 036,84	1 044,01	1 454,91	1 439,30	1 309,52	968,74	1 046,20	1 014,66	971,76	1 021,41
21	1 276,07	1 020,78	1 054,69	1 050,45	1 082,00	1 371,61	1 129,98	1 037,98	1 009,79	1 083,51	940,05	1 048,93

22	1 117,62	1 006,30	1 077,16	1 185,03	1 442,17	1 413,12	1 216,68	1 024,72	1 042,49	913,53	1 016,82	1 153,17
23	1 211,07	1 039,02	1 063,39	954,98	1 458,66	1 075,57	1 005,15	1 077,32	1 086,36	1 024,46	1 058,02	1 302,81
24	1 200,98	1 026,88	1 098,03	1 031,82	1 035,25	1 173,51	1 276,31	1 105,36	962,38	1 000,44	1 029,78	1 102,18
25	1 172,25	1 128,69	1 136,51	1 004,24	1 131,06	955,77	1 124,44	1 118,93	1 007,99	960,49	1 042,39	937,86
26	1 125,58	978,57	1 004,75	1 030,46	1 289,81	1 141,04	1 056,25	1 183,40	1 071,18	1 001,62	895,39	965,13
27	1 117,59	1 072,69	1 128,46	1 066,86	1 618,30	1 283,33	1 126,64	918,13	1 091,54	1 034,17	1 031,11	1 097,26
28	1 187,43	1 025,21	1 138,76	1 039,15	1 404,89	1 337,96	1 147,05	1 087,27	1 142,11	1 069,78	975,16	1 002,21
29	1 034,91		1 039,36	1 183,55	1 490,00	1 276,92	1 269,10	1 101,54	1 130,02	975,18	984,79	1 029,62
30	1 116,51		1 055,48	941,44	1 244,15	1 007,19	1 175,02	1 201,99	1 131,81	1 124,09	956,74	1 088,73
31	1 096,91		1 141,47		1 101,96		1 237,40	1 165,45		1 083,42		961,17
MIN	1 034,91	978,57	883,52	941,44	878,47	947,48	1 005,15	918,13	924,08	913,53	891,53	889,12
MAKS	1 354,71	1 175,93	1 151,81	1 345,10	1 618,30	1 628,91	1 375,36	1 322,11	1 462,87	1 194,31	1 113,34	1 302,81
ŚREDNIA	1 199,72	1 051,76	1 054,84	1 105,29	1 186,10	1 252,70	1 167,12	1 158,44	1 063,27	1 052,28	994,82	1 004,85
Σ MIES.	37 191,28	12 621,07	32 700,04	33 158,71	36 769,09	37 580,89	36 180,64	35 911,59	31 898,10	32 620,75	29 844,74	31 150,42
Σ ROK	387 627,32											

Tabela 3: Zestawienie ilości wody uzdatnionej wtłoczonej do sieci wodociągowej - rok 2018

PRODUKCJA WODY W ROKU 2018 [m3/d]												
DZIEŃ	MIESIĄC											
	styczeń	luty	marzec	kwiecień	maj	czerwiec	lipiec	sierpień	wrzesień	październik	listopad	grudzień
1	901,09	1 057,04	1 172,99	986,57	1 113,22	1 503,61	1 342,75	1 625,91	1 404,01	1 142,51	975,71	1 103,84
2	996,11	1 082,61	1 056,14	995,72	1 095,59	1 598,15	1 495,48	1 309,58	1 170,13	1 121,24	1 150,58	1 062,68
3	997,33	1 097,95	1 152,66	1 144,94	972,26	1 656,07	1 737,81	1 451,63	1 387,90	1 155,06	1 212,73	1 088,73
4	992,20	900,57	993,97	1 149,35	1 134,44	1 778,99	2 036,17	1 492,98	1 402,27	1 162,92	1 061,00	1 036,14
5	1 019,92	1 039,91	1 008,49	1 159,04	1 287,10	1 561,58	2 028,85	1 280,37	1 324,48	1 194,62	1 212,18	1 029,60
6	963,93	1 047,76	998,71	1 177,88	1 140,36	1 639,64	1 766,95	1 461,34	1 338,94	1 307,11	1 166,12	1 034,71
7	880,35	1 021,34	1 027,06	1 251,12	1 371,57	1 812,16	1 860,59	1 625,67	1 441,87	1 124,05	1 100,56	1 080,53
8	995,40	1 033,94	1 017,17	1 074,70	1 392,05	1 975,68	1 710,71	1 768,62	1 506,44	1 334,27	1 061,23	1 105,51
9	954,69	1 002,04	1 039,78	1 151,44	1 442,76	1 983,08	1 651,30	1 815,27	1 309,23	1 296,07	1 074,64	934,97
10	991,12	1 083,22	1 181,21	1 193,15	1 471,84	1 735,95	1 254,88	1 471,17	1 481,18	1 420,70	1 132,49	1 027,34
11	988,23	961,30	1 042,94	1 128,04	1 520,82	1 669,72	971,03	1 392,82	1 192,93	1 536,87	927,33	1 027,86
12	1 001,06	1 057,93	1 083,39	1 180,35	1 715,52	1 525,91	1 261,54	1 228,81	1 345,90	1 465,22	1 049,83	1 029,74
13	1 059,48	1 085,23	1 032,49	1 249,02	1 625,78	1 508,18	1 241,46	1 558,97	1 358,77	1 457,55	1 037,44	1 018,39
14	888,10	1 044,38	1 062,08	1 232,79	1 567,30	1 750,97	1 323,06	1 364,95	1 358,77	1 241,20	1 028,53	1 113,92
15	950,51	1 116,63	1 062,08	1 073,24	1 389,85	1 876,25	1 233,44	1 187,31	1 358,77	1 346,41	1 109,02	1 132,13
16	903,46	1 040,60	1 062,08	1 145,26	1 477,10	1 933,93	1 327,22	1 533,64	1 358,77	1 371,72	1 124,57	975,36
17	947,72	1 080,08	1 062,08	1 127,83	1 263,10	1 805,91	1 148,05	1 699,44	1 358,77	1 340,55	1 165,84	1 060,34
18	921,80	961,05	1 062,08	1 110,47	1 452,31	1 580,82	1 213,21	1 680,21	1 358,77	1 416,32	981,59	1 068,20
19	970,34	960,41	1 062,08	1 146,26	1 716,81	1 694,22	1 244,73	1 513,85	1 358,77	1 336,75	1 053,22	1 073,30
20	1 062,57	1 004,69	1 062,08	1 223,67	1 559,46	1 891,56	1 469,73	1 443,27	1 358,77	1 363,14	1 070,64	1 058,65
21	1 031,24	1 016,89	1 062,08	1 219,51	1 685,47		1 594,58	1 505,36	1 358,77	1 135,48	1 054,96	1 120,53

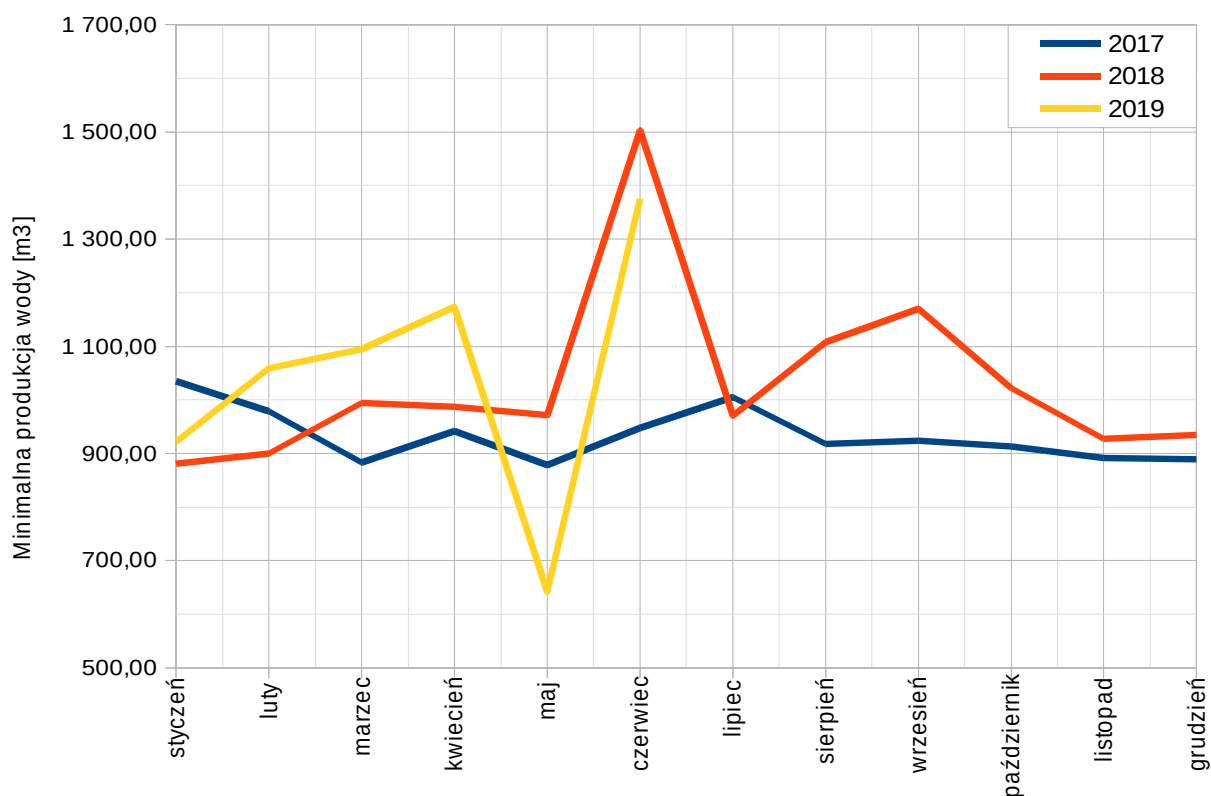
22	933,26	1 050,69	1 062,08	1 043,82	1 314,66		1 395,40	1 535,32	1 358,77	1 156,74	1 082,40	1 255,57
23	945,71	1 004,44	1 062,08	1 023,20	1 599,34		1 594,10	1 547,93	1 358,77	1 146,28	1 067,03	1 222,59
24	931,16	1 069,03	1 062,08	1 032,07	1 767,44		1 622,57	1 486,67	1 358,77	1 152,91	1 148,77	1 231,13
25	1 026,16	959,20	1 062,08	1 026,03	1 568,76		1 652,34	1 254,60	1 358,77	1 085,51	979,17	976,00
26	982,68	999,76	1 062,08	1 030,60	1 544,08		1 717,53	1 108,21	1 358,77	1 282,44	1 081,10	999,17
27	1 125,85	1 003,19	1 062,08	1 104,09	1 400,36		1 819,15	1 318,37	1 358,77	1 172,21	1 081,10	1 076,25
28	903,53	973,44	1 062,08	1 188,67	1 942,59		1 572,11	1 281,18	1 358,77	1 022,13	1 081,10	1 111,59
29	1 024,59		1 062,08	1 046,44	2 059,70		1 320,71	1 310,58	1 358,77	1 223,70	1 081,10	1 163,36
30	1 088,38		1 062,08	1 141,50	2 052,24		1 748,48	1 373,14	1 358,77	1 259,02	1 081,10	1 016,73
31	1 046,29		1 062,08		1 944,38		1 766,29	1 258,02		1 259,02		1 131,94
MIN	880,35	900,57	993,97	986,57	972,26	1 503,61	971,03	1 108,21	1 170,13	1 022,13	927,33	934,97
MAKS	1 125,85	1 116,63	1 181,21	1 251,12	2 059,70	1 983,08	2 036,17	1 815,27	1 506,44	1 536,87	1 212,73	1 255,57
ŚREDNIA	981,43	1 026,98	1 062,08	1 125,23	1 502,85	1 724,12	1 520,07	1 447,91	1 358,77	1 259,02	1 081,10	1 076,35
Σ MIES.	30 424,26	28 755,32	32 924,44	33 756,77	46 588,26	34 482,38	47 122,22	44 885,19	40 763,14	39 029,72	32 433,08	33 366,80
Σ ROK	444 531,58											

Tabela 4: Zestawienie ilości wody uzdatnionej wtłoczonej do sieci wodociągowej - rok 2019

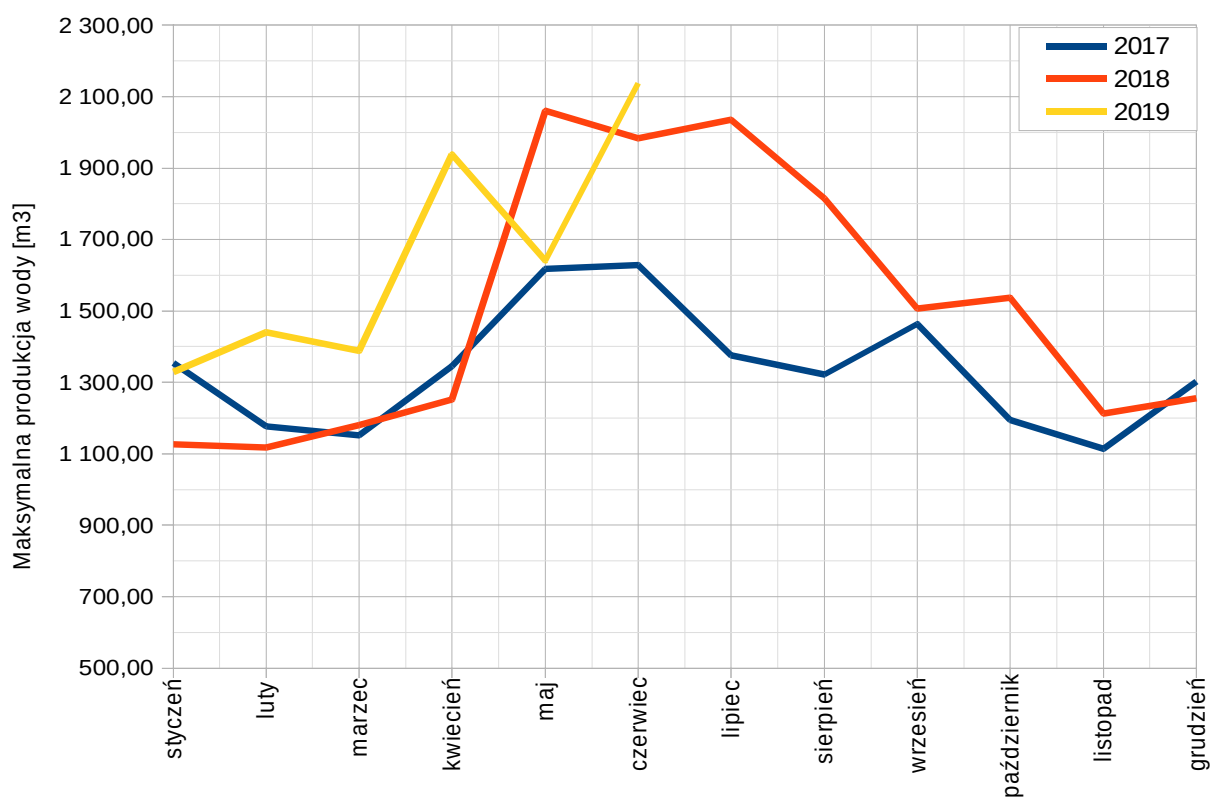
PRODUKCJA WODY W ROKU 2019 [m3/d]												
DZIEŃ	MIESIĄC											
	styczeń	luty	marzec	kwiecień	maj	czerwiec	lipiec	sierpień	wrzesień	październik	listopad	grudzień
1	921,81	1 058,72	1 304,95	1 264,57	1 452,98	1 375,61						
2	1 065,40	1 146,69	1 387,85	1 238,39	1 178,96	1 531,65						
3	1 023,65	1 062,44	1 147,02	1 273,16	1 132,53	1 982,21						
4	1 013,43	1 107,27	1 244,48	1 335,37	1 352,78	2 006,41						
5	1 121,71	1 062,39	1 261,03	1 518,02	1 301,41	2 117,42						
6	968,65	1 079,61	1 271,06	1 662,97	1 394,58	2 136,97						
7	1 026,77	1 087,16	1 263,84	1 342,23	1 327,00	1 605,65						
8	992,92	1 172,60	1 230,26	1 416,44	1 509,01	1 532,59						
9	997,47	1 208,40	1 223,50	1 173,22	1 227,50	1 613,49						
10	1 009,52	1 081,48	1 100,95	1 294,73	1 423,11	1 554,41						
11	1 008,25	1 216,38	1 148,45	1 303,92	1 641,88	2 108,55						
12	1 082,63	1 215,40	1 227,98	1 349,45	1 126,15	2 088,81						
13	950,14	1 284,63	1 207,26	1 561,44	1 246,94	1 390,84						
14	1 005,55	1 213,97	1 157,06	1 277,13	1 334,67	1 713,60						
15	1 069,41	1 361,25	1 197,39	1 532,08	1 225,88							
16	1 040,64	1 439,21	1 311,31	1 546,01	1 235,82							
17	1 017,96	1 178,96	1 095,16	1 697,01	1 240,39							
18	1 031,56	1 232,70	1 169,39	1 765,40	1 357,49							
19	1 067,74	1 228,89	1 200,64	1 859,65	1 071,08							
20	951,54	1 243,65	1 128,60	1 939,34	1 284,68							
21	996,44	1 164,81	1 209,69	1 354,32	642,20							

22	1 020,98	1 174,61	1 202,94	1 373,80	1 105,85							
23	1 116,22	1 328,71	1 225,18	1 699,94	1 046,54							
24	1 108,49	1 224,74	1 119,95	1 672,53	1 266,29							
25	1 160,51	1 292,68	1 209,83	1 804,25	1 147,28							
26	1 328,84	1 292,50	1 209,83	1 883,80	946,76							
27	1 152,04	1 289,70	1 209,83	1 609,79	1 136,06							
28	1 199,64	1 277,15	1 209,83	1 189,88	1 070,89							
29	1 063,29		1 209,83	1 530,98	1 277,76							
30	1 038,43		1 209,83	1 604,13	1 418,46							
31	1 035,41		1 209,83		1 266,76							
MIN	921,81	1 058,72	1 095,16	1 173,22	642,20	1 375,61						
MAKS	1 328,84	1 439,21	1 387,85	1 939,34	1 641,88	2 136,97						
ŚREDNIA	1 051,19	1 204,53	1 209,83	1 502,47	1 238,38	1 768,44						
Σ MIES.	32 587,04	33 726,70	37 504,75	45 073,95	38 389,69	24 758,21						
Σ ROK	212 040,34											

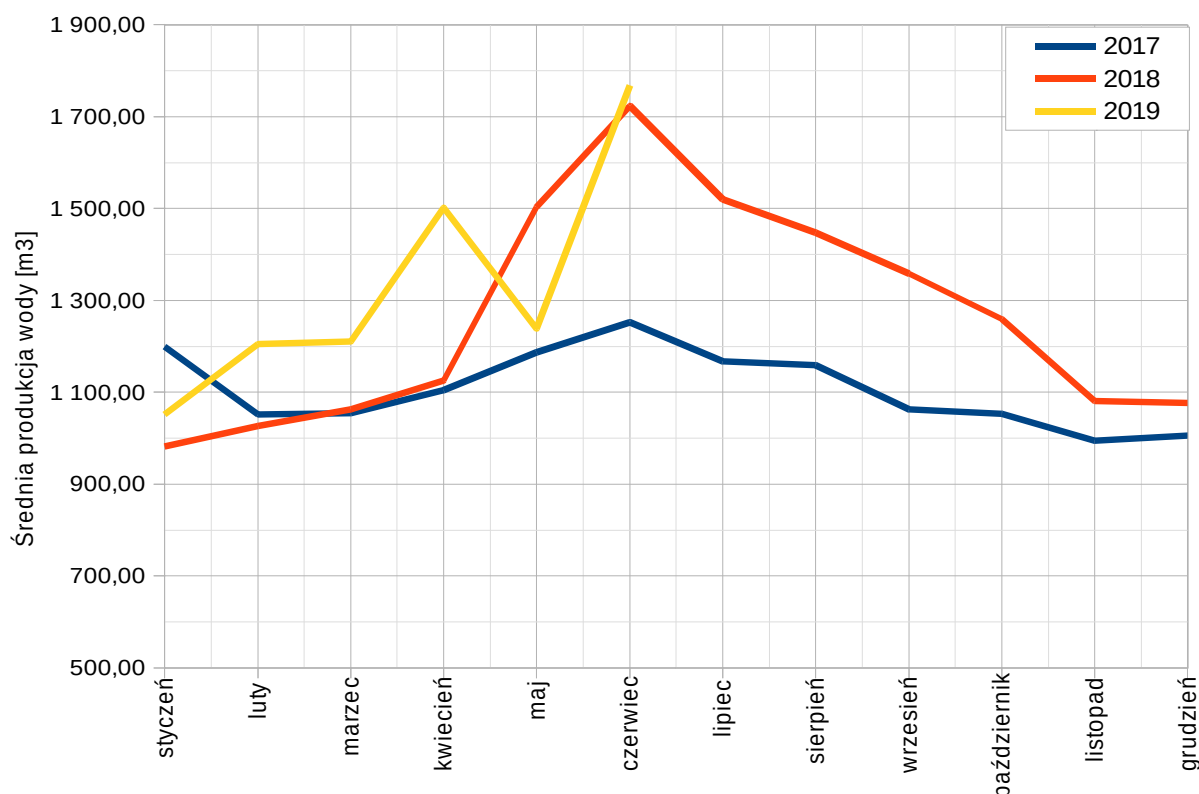
Wykres 4: Minimalne rozbiory dobowe wody w poszczególnych latach



Wykres 4: Maksymalne rozbiory dobowe wody w poszczególnych latach



Wykres 5: Średnie rozbiory dobowe wody w poszczególnych latach



Na podstawie przekazanych przez Użytkownika danych można stwierdzić:

- stopniowy wzrost zapotrzebowania na wodę w sieci wodociągowej w kolejnych latach,
- średni dobowy rozbiór w ujęciu rocznym wzrósł z 1108 m³/d w roku 2017 do 1264 m³/d w roku 2018, a dotychczas odnotowane rozbiory wskazują, że tendencja wzrostowa utrzyma się także w roku 2019,
- jednocześnie zwiększeniu uległy maksymalne dobowe rozbiory sięgające 1630 m³/d w 2017 r do niemal 2140 m³/d w 2019 r (czerwiec),
- minimalne rozbiory w analizowanym okresie wyniosły ok. 880 m³/d (styczeń 2018),
- różnica w zapotrzebowaniu między okresem letnim (kwiecień – wrzesień: ok. 1400 – 1500 m³/d), a zimowym (październik – marzec: ok. 1100 m³/d) wynosi średnio ok. 350 m³/d,
- średnie straty wody (głównie na cele płukania filtrów, ale także zużycie własne SUW) wynoszą ok. 7 %

Powyższe dane będą podstawą do wyznaczenia wymaganej pojemności retencyjnej dla modernizowanego układu.

Dla potrzeb analizy technologicznej i niezbędnych przeliczeń przyjęto następujące stany pracy SUW:

- stan I – praca pompy głębinowej nr 1 z jej aktualną wydajnością tj. ok. **80,0 m³/h**
- stan II – praca pompy głębinowej nr 2 z jej aktualną wydajnością tj. ok. **100,0 m³/h**
- stan III - praca zespołowa obu pomp z wydajnością Q_{hmax} z pw tj. **168,0 m³/h**
- stan IV - praca zespołowa obu pomp z aktualną wydajnością ok. **180,0 m³/h**

Przyjęto również średnią dobową produkcję wody równą **1300,0 m³/d**.

Dla założonych stanów pracy SUW i średniego dobowego rozbioru wody, dobowe czasy pracy ujęcia (i układu technologicznego stacji) wyniosą odpowiednio:

- dla stanu I: ok. **16 h/d**
- dla stanu II: ok. **13 h/d**
- dla stanu III i IV: ok. **7 h/d**

2.1.2. Jakość wody surowej

W poniższej tabeli zestawiono wyniki badań jakości wody surowej w zakresie najważniejszych z technologicznego punktu widzenia parametrów..

Tabela 5: Jakość wody surowej z ujęcia SUW Czersk

BADANY WSKAŹNIK	Studnia nr 1	Studnia nr 2	Woda surowa	Studnia nr 2	Wartość dop.	Jedn.
	20.03.1979	25.03.1987	2.06.2011	23.02.2012		
Mętność			4,74	4,58	1,0	NTU
Barwa	20	30	5	5	-	mg/l
Odczyn	7,4	7,6	7,57	7,64	6,5 – 9,5	pH
Przewodność elektr. właściwa			420	426	2500	µS/cm
Jon amonowy		0,28	<0,20	0,3	0,50	mg/l
Azotyny		0	<0,01	<0,01	0,5	mg/l
Azotany		0	0,2	0,2	50	mg/l
Żelazo	1,00	0,80	0,89	1,23	0,20	mg/l
Mangan	0,150	0,200	0,139	0,135	0,050	mg/l
Zapach			akcept.	akcept.	akcept.	TON
Smak			akcept.	akcept.	akcept.	TFN
Obecność i liczba bakterii grup colli			0	0	0	jtk/100ml
Obecność i liczba bakterii Escherichia coli			0	0	0	jtk/100ml
Enterokoki			0	0	0	jtk/100ml

Na podstawie zestawionych wyników jakości wody surowej można stwierdzić, że:

- woda z ujęcia wymaga redukcji następujących wskaźników: żelazo, mangan, mętność, barwa,
- przekroczenia mętności prawdopodobnie spowodowane są wpływem ponadnormatywnej zawartości związków żelaza, manganu i ich utlenienia podczas badania. Usuwając z wody żelazo i mangan, obniżony zostanie także wskaźnik mętności, co potwierdzają analizy jakościowe wody uzdatnionej,
- odczyn wody surowej mieści się w zakresie 7,4 – 7,6,
- stężenie żelaza waha się w zakresie ok. 0,8 do 1,23 mg/L, co klasyfikuje surowiec do wód o średniej zawartości tego pierwiastka,
- zawartość manganu mieści się w przedziale 0,135 do 0,200 mg/L (wody o niskim stężeniu manganu),
- pod kątem mikrobiologicznym woda nie budzi zastrzeżeń.

2.2. Napowietrzanie wody

Zadaniem układu napowietrzania wody jest doprowadzenie powietrza oraz odgazowanie (lub uniemożliwienie nadmiernego odgazowania) dwutlenku węgla.

Rodzaj eksploatowanego systemu ściśle zależy od zasadowości wody. Literatura dokładnie podaje jaką zasadowość jest wskazaniem do doboru określonego systemu napowietrzania wody.

Z kolei tlen jest podstawowym substratem w realizacji procesów utleniania żelaza, manganu oraz jonu amonowego. Dla układów napowietrzania ciśnieniowego dostarczany jest wraz z powietrzem, tłoczonym przez sprężarki do aeratorów.

Ilość tlenu niezbędnego do realizacji procesów utleniania wynika z zawartości wymienionych poniżej wskaźników:

- na utlenienie 1 mg Fe(II) do Fe(III) 0,14 mgO₂,
- na utlenienie 1 mg Mn(II) do Mn(IV) 0,29 mgO₂,
- na utlenienie 1 mg NH₄ do azotanów 4,57 mgO₂.

Z uwagi na fakt, iż tlen jest doprowadzany z powietrza, na jego zawartość w wodzie po napowietrzeniu wpływ będzie miała ilość powietrza wprowadzona do mieszacza – aeratora oraz sprawność tego urządzenia.

Na ilość tlenu rozpuszczonego w układzie technicznym uzdatniania wody składają się następujące elementy:

- ilość powietrza doprowadzonego do mieszacza,
- temperatura wody,
- zawartość tlenu w powietrzu,
- sprawność mieszania wody z powietrzem.

Właściwe natlenienie jest warunkiem kluczowym prawidłowego przebiegu procesów uzdatniania (usuwania żelaza i manganu w toku chemicznego utleniania tych wskaźników, oraz usuwania jonu amonowego w toku biologicznej nitryfikacji)!

Brak tlenu powoduje natychmiastowe (zazwyczaj ok. 12 godzin) zachwianie procesów uzdatniania objawiające się:

- w pierwszej kolejności wzrostem stężenia jonu amonowego w wodzie po filtracji,
- następnie wzrostem stężenia manganu w wodzie po filtracji,
- na końcu wzrostem żelaza w wodzie po filtracji (a wraz z żelazem mętności).

Niestety procesy te obudowują się znacznie dłużej niż następuje ich zatrzymanie.

Wynika to z faktu, iż:

- zakłócenia w usuwaniu jonu amonowego, spowodowane brakiem tlenu są następstwem obumierania bakterii nitryfikacyjnych,
- zakłócenia w usuwaniu manganu, wynikają z ekranizacji powłok katalitycznych złoża filtracyjnego tlenkami żelaza i brakiem dostępu manganu do powłok katalitycznych,
- zakłócenia w usuwaniu żelaza są spowodowane zatrzymaniem reakcji utleniania tego wskaźnika tlenem.

Stąd kluczowa rola procesu napowietrzania w uzdatnianiu wody podziemnej, w której obserwuje się przekroczenia wymienionych wskaźników jakości wody surowej.

2.2.1. Urządzenia do napowietrzania

Na SUW Czersk proces napowietrzania odbywa się poprzez wtłoczenie sprężonego powietrza bezpośrednio do rurociągów doprowadzających wodę na każdy filtr (zarówno przed I jak i II stopniem filtracji).

Zdjęcie 3. Wpięcie rurociągu sprężonego powietrza przed filtr ciśnieniowy



Na każdej nitce sprężonego powietrza, przed wpięciem do rurociągu wody, zamontowane zostały elektrozawory, zawory odcinające, manometry oraz czujniki ciśnienia.

Powietrze do procesu napowietrzania przygotowywane jest w węźle sprężonego powietrza złożonym z następujących elementów:

- 2 sprężarek powietrza,
- 2 zbiorników akumulacyjnych sprężonego powietrza,
- osprzętu redukcyjno – pomiarowego i przewodów rozprowadzających sprężone powietrze.

Na SUW zamontowane zostały sprężarki o następujących parametrach technicznych:

- | | |
|------------------------|---------------------------------------|
| – ilość: | 2 szt. |
| – producent: | Atlas Copco, |
| – typ: | LF 10-10UV BM 400/3/50 CE, |
| – wydajność sprężarki: | ok. 14,41 l/s (52 m ³ /h), |
| – moc: | 6,58 kW |

Sprężone powietrze magazynowane jest w ciśnieniowych zbiornikach o parametrach:

- | | |
|------------------|---------------------------|
| – ilość | 2 szt, |
| – producent | KOMNINO, |
| – typ | KP-1000-11/0,8, |
| – pojemność | 1000 l |
| – ciśnienie obl. | PT-15,73 bar, PS - 11bar, |
| – rok budowy | 2013. |

Zdjęcie 4. Sprężarki powietrza i zbiorniki akumulacyjne



Rozdział sprężonego powietrza odbywa się przy wykorzystaniu osprzętu redukcyjno – pomiarowego i przewodów dystrybucyjnych. Sprężone powietrze wykorzystywane jest do następujących celów:

- napowietrzanie wody,
- wzruszanie złoża podczas płukania,
- uzupełnianie poduszki powietrznej w zbiornikach hydroforowych,
- zasilanie napędów pneumatycznych.

2.2.2. Proces napowietrzania wody – obliczenia technologiczne

Podstawowymi kryteriami pozwalającymi na weryfikację poprawności doboru i pracy systemu napowietrzania są:

- minimalny czas przetrzymania wody z powietrzem w układzie aeracji,
- zapotrzebowanie na tlen,
- ilość powietrza kierowana do napowietrzania wody pozwalająca uzyskać odpowiedni stopień jej natlenienia,
- wydajność urządzeń oraz techniczne aspekty instalacji sprężonego powietrza.
- stopień utlenienia żelaza przed filtracją,
- efektywność układu w oparciu o pomiary stężenia tlenu w różnych punktach instalacji.

Zgodnie z wcześniejszymi założeniami, dla potrzeb analizy technologicznej układu uzdatniania przyjęto następujące stany pracy SUW:

- | | |
|--|------------------------------------|
| – stan I – praca pompy głębinowej nr 1 z jej aktualną wydajnością tj. | ok. 80,0 m ³ /h |
| – stan II – praca pompy głębinowej nr 2 z jej aktualną wydajnością tj. | ok. 100,0 m ³ /h |
| – stan III - praca zespołowa obu pomp z wydajnością Q _{hmax} z pw | tj. 168,0 m ³ /h |
| – stan IV - praca zespołowa obu pomp z aktualną wydajnością | ok. 180,0 m ³ /h |

Czas przetrzymania wody

Czas przetrzymania wody w układzie napowietrzania decyduje o:

- szybkości utlenienia żelaza przed filtracją
- proporcji żelaza dwuwartościowego do trójwartościowego (wytrąconego) również przed filtracją (im dłuższy czas przetrzymania wody w aeratorach tym więcej żelaza znajduje się w wodzie w formie utlenionej, wytrąconej, łatwej do usunięcia na złożach filtracyjnych)
- efektywności natlenienia wody (im dłuższy czas kontaktu, tym lepsze natlenienie wody, bez ubocznych efektów wydzielania powietrza).

Z uwagi na sposób rozwiązania systemu napowietrzania na SUW Czersk, czas kontaktu wody z powietrzem jest bardzo krótki (dopływająca woda miesza się z powietrzem dopiero w rurociągu dopływowym na filtr).

Zapotrzebowanie na tlen

Obliczenia zapotrzebowania wody na tlen do realizacji procesów na filtrach przeprowadzono przy założeniu, że w toku filtracji tej usuwane są następujące wskaźniki:

- żelazo,
- mangan.

Do obliczeń zapotrzebowania na tlen przyjęto jakość wody o parametrach:

- żelazo: 1,23 mg/L
- mangan: 0,20 mg/L

Teoretyczna, maksymalna ilość tlenu jaką należy wprowadzić do wody, by przeprowadzić wszystkie procesy technologiczne jest następująca:

- na utlenienie żelaza: $0,14 \cdot 1,23 = 0,17 \text{ mgO}_2/\text{L}$,
- na utlenienie manganu: $0,29 \cdot 0,20 = 0,06 \text{ mgO}_2/\text{L}$.

Zgodnie z przeprowadzonymi obliczeniami stechiometryczne zapotrzebowanie wody na tlen wynosi ok. $0,23 \text{ mgO}_2/\text{L}$. Dodatkowo, zgodnie z praktyką należy założyć naddatek powietrza – który zwyczajowo przyjmuje się na poziomie ok. $3,0 \text{ mg/L}$, choć nie jest to bezwzględnie wymagany parametr. Zatem wymagane natlenienie wody surowej wyniesie: optymalnie ok. $3,5 \text{ mg/L}$ tlenu w wodzie badanej po procesie napowietrzania. Z uwagi na rozwiązania techniczne instalacji, nie dokonano pomiaru stężenia tlenu w wodzie napowietrzanej.

Ilość powietrza kierowanego do aeratora

Zgodnie z praktyką eksploatacyjną ilość powietrza, jaką powinno kierować się do układu aeracji (przy sprawnych aeratorach) powinna wynosić ok. 10% ilości tłoczony wody surowej. Dla wcześniej określonych stanów wartości te są następujące:

- stan I: ok. **8,0** m³/h
- stan II: ok. **10,0** m³/h
- stan III ok. **16,8** m³/h
- stan IV: ok. **18,0** m³/h

Poniżej opisano możliwe skutki nadmiernej i niedostatecznej ilości powietrza włączanego do wody.

Doprowadzenie zbyt dużej ilości powietrza

Doprowadzenie zbyt dużej ilości powietrza do układu aeracji (więcej niż wymagana do odpowiedniego natlenienia wody) mogą być przyczyną:

- wydzielania się powietrza w filtrze nad złożem filtracyjnym – co przy niedostatecznym odgazowaniu (wadliwej pracy odpowietrzników) może prowadzić do tworzenia poduszek powietrznych i dławienia przepływu przez filtr,
- wydzielania powietrza z wody na złożu filtracyjnym – co powoduje zapowietrzanie filtra, a tym samym zmniejszanie rzeczywistej powierzchni filtracji i ograniczanie efektów usuwania żelaza i manganu (zwiększanie rzeczywistej prędkości filtracji),
- odpowietrzanie się zapowietrzonego złoża w trakcie pracy filtra – co powoduje zrywanie zatrzymanej zawiesiny (odcedzonego żelaza) do odpływu – przechodzenie do wody uzdatnionej i do zbiorników retencyjnych,
- przechodzenie powietrza do wody uzdatnionej – widoczne pęcherzyki powietrza w wodzie po filtracji i porywanie wraz z powietrzem zatrzymanego żelaza,
- pracę sprężarki bez przerwy w trakcie napowietrzania (w trakcie pracy studni głębinowej w systemie załącz/wyłącz), co powoduje szybsze zużywanie się tego urządzenia i większe zużycie energii.

Doprowadzenie zbyt małej ilości powietrza

Doprowadzenie zbyt małej ilości powietrza również może być przyczyną złej pracy układu technologicznego, co wiąże się głównie z:

- słabym natlenieniem wody, które ogranicza możliwość wytrącania żelaza, manganu,
- brakiem możliwości usuwania amoniaku z wody (zwłaszcza jeśli jest go dużo w wodzie),
- tworzeniem warunków beztlenowych na filtrach oraz na sieci – jeśli jest zbyt mało tlenu w wodzie – zbyt słabe napowietrzanie.

W przypadku, gdy w wodzie jest bardzo mało tlenu (lub nie ma go w ogóle) w pierwszej kolejności zaburzone zostaje usuwanie jonu amonowego, następnie manganu, a na końcu żelaza. Jeśli dojdzie do sytuacji, w której na filtrach przestanie być usuwane żelazo, wtedy sytuacja jest poważna i trudno wrócić w krótkim czasie do osiągnięcia wysokich efektów uzdatniania wody (szczególnie w odniesieniu do usuwania manganu).

Na SUW Czersk ilość powietrza kierowanego do poszczególnych punktów układu uzdatniania nie jest kontrolowana. Regulacja strumienia powietrza podawanego przed każdy filtr realizowana jest indywidualnie poprzez przemykanie bądź otwieranie zaworu kulowego na nitce sprężonego powietrza.

Jako podstawę do oceny efektywności procesu napowietrzania przyjęto pomiary stężenia tlenu po filtracji dokonane podczas wizji lokalnej na obiekcie. Pomiary te są jednym z najważniejszych elementów właściwej eksploatacji SUW. Kontrola taka powinna być prowadzona przy każdym z filtrów, a szczególnie w sytuacji stwierdzonego pogorszenia jakości wody uzdatnionej lub nierównomierności ich pracy.

Kontroli takiej dokonuje się:

- ręcznie w odniesieniu do każdego filtra (przy użyciu sondy tlenowej), która powinna stanowić wyposażenie każdego zakładu uzdatniania wody,
- automatycznie (wprowadza się system ciągłej kontroli stężenia tlenu po filtrach) – w odniesieniu do wszystkich filtrów danego stopnia filtracji – zalecany sposób pomiaru, zważywszy na fakt, że tlen jest podstawowym determinantem skutecznego uzdatniania wody.

Efektywność układu napowietrzania

W poniższej tabeli zestawiono pomiary stężenia tlenu w różnych punktach układu uzdatniania.

Tabela 6. Pomiary stężenia tlenu na SUW Czersk

Punkt	Stężenie tlenu [mgO ₂ /L]
Woda surowa	0,50
Woda po F1 (odżelaziacz)	1,13
Woda po F2 (odmanganiacz)	1,35
Woda po F3 (odżelaziacz)	0,70
Woda po F4 (odmanganiacz)	0,30
Woda po F5 (odmanganiacz)	0,30
Woda po F6 (odżelaziacz)	0,52
Woda po F7 (odżelaziacz)	0,30
Woda po F8 (odmanganiacz)	0,30
Woda do sieci wodociągowej	1,80

2.3. Układ filtracji

Woda surowa kierowana jest rurociągami na układ dwustopniowej filtracji ciśnieniowej (I stopień – odżelazianie, II stopień - odmanganianie).

Zadaniem filtrów jest zatrzymanie na złożach filtracyjnych:

- żelaza (utlenionego tlenem oraz pozostałego żelaza nie utlenionego) w procesie cedzenia zawiesiny żelazowej oraz procesie katalitycznego usuwania żelaza,
- manganu (w procesie katalitycznego usuwania manganu na powierzchni powłok wykształconych na piasku kwarcowym, bądź stanowiących budulec złoża katalitycznego),
- częściowo jonu amonowego,
- redukcja mętności i barwy, jako pochodnych utlenionych związków żelaza i manganu.

2.3.1. Filtry ciśnieniowe

Układ filtracji na SUW w Czersku stanowią ciśnieniowe, pionowe filtry o następujących parametrach technicznych:

- ilość filtrów: 8 szt (4 odżelaziacze i 4 odmanganiacze),
- średnica: DN 1800 mm,
- wysokość płaszcza: 1500 mm,
- powierzchnia filtra: 2,54 m²,
- powierzchnia filtracji I stopnia: 4 x 2,54 = 10,16 m²,
- powierzchnia filtracji II stopnia: 4 x 2,54 = 10,16 m²,
- typ drenażu: grzybkowy,
- króćce: DN 150,

- odpowietrzenie: ręczne oraz automatyczne,
- ciśnienie dopuszczalne 6,0 bar

Zgodnie z informacjami od Użytkownika, poniżej zestawiono zasyp poszczególnych filtrów.

Tabela 7. Schemat zasypu filtrów I stopnia

Nr	Rodzaj warstwy	Rodzaj złoża	Uziarnienie [mm]	Wysokość warstwy [cm]
I	Podtrzymująca	Piasek kwarcowy	10 - 20	10,0
II	Podtrzymująca	Piasek kwarcowy	5 - 10	10,0
III	Podtrzymująca	Piasek kwarcowy	3 - 5	10,0
IV	Filtracyjna	Piasek kwarcowy	0,8 – 1,4	100,0

Tabela 8. Schemat zasypu filtrów II stopnia

Nr	Rodzaj warstwy	Rodzaj złoża	Uziarnienie [mm]	Wysokość warstwy [cm]
I	Podtrzymująca	Piasek kwarcowy	10 - 20	10,0
II	Podtrzymująca	Piasek kwarcowy	5 - 10	10,0
III	Podtrzymująca	Piasek kwarcowy	3 - 5	10,0
IV	Filtracyjna	Złoże katalityczne G1	1,0 – 3,0	100,0

Zdjęcie 5. Układ filtracji na SUW w Czersku



Orurowanie układu filtracji zostało w dużej części (6 z 8 filtrów) wymienione na rurociągi ze stali nierdzewnej. Sterowanie pracą układu filtracji odbywa się automatycznie z wykorzystaniem przepustnic międzykołnierzowych z napędami pneumatycznymi.

Filtry opomiarowane są w zakresie przepływu (na każdą parę filtrów odżelaziacz - odmanganiacz) oraz ciśnień w poszczególnych punktach układu (przed i za filtracją). Wszystkie pomiary wizualizowane są w dyspozytorni SUW.

2.3.2. Urządzenia płuczące

Celem płukania jest rozbicie zbryleń złoża filtracyjnego, otarcie nadmiernie przyrastającej na powierzchni ziaren powłoki oraz usunięcie zawiesin zalegających w złożu. Płukanie złoża powinno być prowadzone pod ścisłą kontrolą i z odpowiednią intensywnością

Na SUW Czersk proces płukania odbywa się w pełni automatycznie i realizowany jest w godzinach nocnych, przy najniższych rozbiorach wody w sieci wodociągowej. Filtry płukane są na podstawie przyjętego harmonogramu, obecnie co 2 dni.

Płukanie realizowane jest równocześnie powietrzem i wodą. Do płukania wykorzystywane jest powietrze ze sprężarek i zbiorników akumulacyjnych oraz woda uzdatniona z sieci wodociągowej.

Poszczególne etapy płukania filtra:

- wyłączenie filtrów (1 odżelaziacza i 1 odmanganiacza) z eksploatacji,
- przygotowanie filtra 1 do płukania (zmiana położenia poszczególnych przepustnic),
- załączenie płukania wodą (otwarcie przepustnicy na rurociągu dopływu wody płuczającej),
- cykliczne załączanie powietrza (otwieranie przepustnicy doprowadzającej powietrze płuczające) na ok 20 s,
- w końcowej fazie – płukanie samą wodą,
- zamknięcie przepustnicy wody płuczającej,
- przejście do płukania filtra 2 (zmiana położenia poszczególnych przepustnic itd.)
- przejście w tryb filtracji.

Płukanie odbywa się automatycznie, względem nastaw w systemie sterowania pracą SUW. Obecnie zadane parametry są następujące:

- zadana ilość powietrza do płukania na 1 filtr 8,0 m³
- zadana ilość wody do płukania na 1 filtr 10,0 m³

Czas płukania 1 filtra wynosi ok. 25 – 30 min. Wydajność płukania wodą mierzona jest przy użyciu przepływomierza na rurociągu wody płucznej i regulowana przepustnicą z napędem automatycznym (przez zmianę stopnia otwarcia przepustnicy). Filtr płukany jest wodą z wydajnością ok. 24 m³/h.

2.3.3. Proces filtracji – obliczenia technologiczne

W zakresie procesu filtracji przeanalizowane zostaną następujące parametry technologiczne:

- prędkość filtracji,
- wysokość strefy odżelaziania,
- pojemność masowa złoża filtracyjnego,
- intensywność płukania złoża wodą oraz powietrzem,
- techniczne aspekty układu oraz uzyskiwana efektywność.

Podobnie, jak dla napowietrzania, w obliczeniach technologicznych przyjęto następujące stany:

- stan I – praca pompy głębinowej nr 1 z jej aktualną wydajnością tj. ok. **80,0** m³/h
- stan II – praca pompy głębinowej nr 2 z jej aktualną wydajnością tj. ok. **100,0** m³/h
- stan III - praca zespołowa obu pomp z wydajnością Q_{hmax} z pw tj. **168,0** m³/h
- stan IV - praca zespołowa obu pomp z aktualną wydajnością ok. **180,0** m³/h

Prędkość filtracji

Prędkości filtracji dla przyjętych stanów wynoszą odpowiednio:

- stan I: $v = 80 / (4 * 2,54) = \mathbf{7,9}$ m/h,
- stan II: $v = 100 / (4 * 2,54) = \mathbf{9,8}$ m/h,
- stan III: $v = 168 / (4 * 2,54) = \mathbf{16,5}$ m/h,
- stan IV: $v = 180 / (4 * 2,54) = \mathbf{17,7}$ m/h,

Zalecana prędkość w układach dwustopniowej filtracji (odżelazianie i odmanganianie) najczęściej nie powinna przekraczać ok. 10 – 12 m/h. Jednak z technologicznego punktu widzenia, istotna jest nie sama prędkość filtracji, a związana z nią wysokość strefy odżelaziania.

Wysokość strefy odżelaziania

Prędkość filtracji przekłada się bezpośrednio na wysokość strefy odżelaziania, która limituje w dalszej kolejności efektywność usuwania manganu z wody.

Wysokość strefy odżelaziania zależy od następujących parametrów:

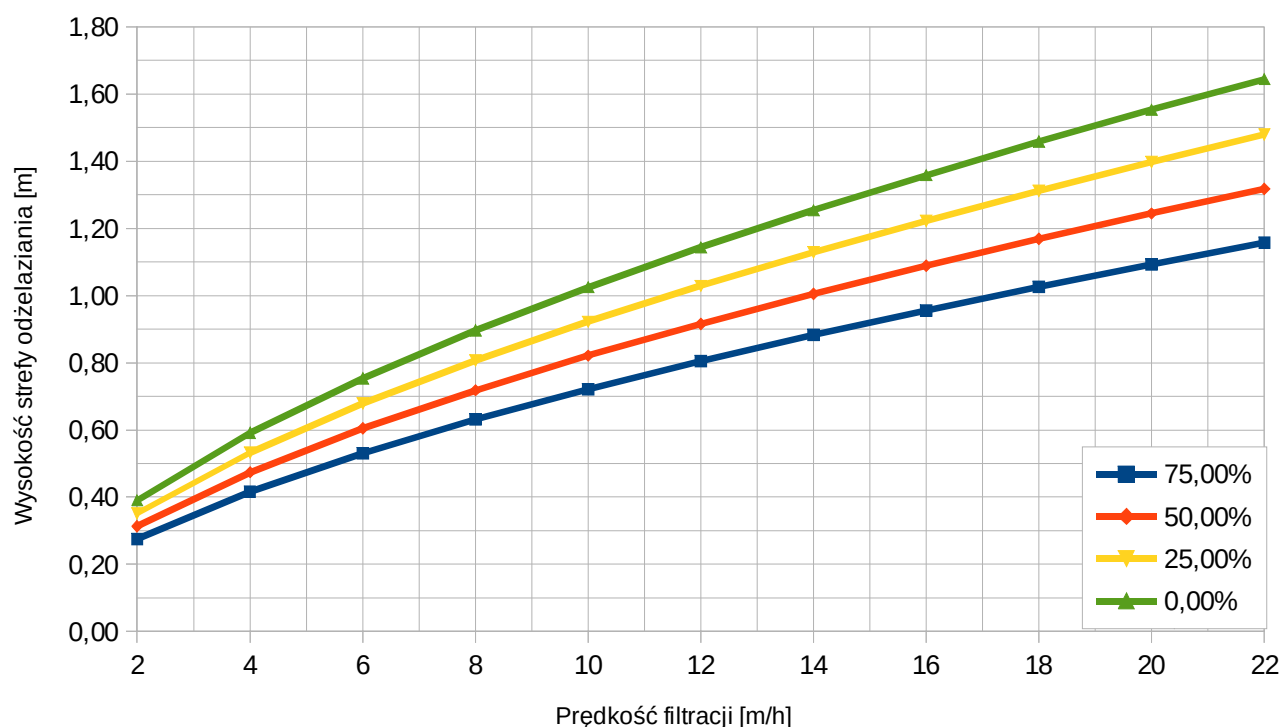
- zawartości żelaza w wodzie surowej
- stopnia utlenienia żelaza przed filtracją,
- uziarnienia i rodzaj złoża filtracyjnego,
- prędkości filtracji.

Obliczenia wysokości strefy odżelaziania przeprowadzono dla następujących parametrów technologicznych:

- zawartość żelaza: 1,23 mgFe/L,
- stopień utlenienia żelaza 75%, 50%, 25% i 0%,
- piasek kwarcowy o uziarnieniu: 0,8 – 1,4 mm (średnica przeciętna przyjęto 1,1 mm),
- prędkość filtracji 2 – 20 m/h.

Na poniższym wykresie przedstawiono teoretyczną wysokość strefy odżelaziania na SUW Czersk w zależności od prędkości filtracji.

Wykres 6: Wysokość strefy odżelaziania na SUW Czersk



Teoretyczną wysokość strefy odżelaziania dla poszczególnych stanów zestawiono w poniższej tabeli.

Tabela 9. Teoretyczna wysokość strefy odżelaziania dla poszczególnych stanów

Stopień utlenienia żelaza	Wysokość strefy odżelaziania [m]			
	Stan I (vf = 7,9 m/h)	Stan II (vf = 9,8 m/h)	Stan III (vf = 16,5 m/h)	Stan IV (vf = 17,7 m/h)
75,00%	0,63	0,71	0,97	1,02
50,00%	0,71	0,81	1,11	1,16
25,00%	0,80	0,91	1,25	1,30
0,00%	0,89	1,01	1,38	1,44

Zastosowane rozwiązanie systemu napowietrzania nie pozwala na dłuższy czas kontaktu wody z powietrzem i tym samym utlenienie związków żelaza przed filtracją. Do dalszych rozważań przyjęto zatem stopień utlenienia żelaza w wodzie dopływającej na odżelaziacz w granicach 0 – 25 %.

Wysokość właściwej warstwy filtracyjnej w odżelaziaczach (złoża kwarcowego), według schematu zasypu wynosi ok. 1,0 m. W trakcie przeprowadzonej kontroli stanu złóż filtracyjnych (omówionej w dalszej części opracowania) stwierdzono jednak znaczne ubytki warstw filtracyjnych.

Pojemność masowa złoża filtracyjnego

Pojemność masowa złoża jest podstawowym parametrem technologicznym decydującym o długości cyklu filtracyjnego i tym samym częstotliwości płukania filtrów. Zbyt długi cykl filtracyjny powoduje pogorszenie odpływu wody uzdatnionej (tzw. „przebiecie” złoża), zbyt krótki generuje zwiększone straty wody oraz wpływa negatywnie na proces usuwania manganu i jonu amonowego (zdzieranie powłok, błon katalitycznych i biologicznych tworzących się na powierzchni ziaren złoża).

Ilość zatrzymanych na złożu filtracyjnym zanieczyszczeń (związków żelaza) wyznaczono przy założeniu:

- zawartość żelaza w wodzie surowej: 1,23 mgFe/L,
- dobową ilość wody surowej: przyjęto ok. 1300 m³/d,
- długość cyklu filtracyjnego: 2 dni.

Pojemność masowa filtrów informująca o ilości odfiltrowanego żelaza w złożach filtracyjnych:

$$PM = (Vd * Tf * Cz * 1,9) / Fc [g/m^2]$$

gdzie:

Vd – dobową produkcję wody [m³/d]

Tf – długość cyklu filtracyjnego [d]

Cz - stężenie żelaza w wodzie surowej [g/m³]

1,9 - współczynnik przeliczeniowy

Fc – powierzchnia złoża filtracyjnego [m²]

$$PM = (1300 * 2 * 1,23 * 1,9) / 10,16 = \text{ok. } 600 [g/m^2]$$

Zgodnie z danymi literaturowymi oraz doświadczeniami eksploatacyjnymi, dla złoża kwarcowego (tylko przy odżelazianiu) pojemność masowa złoża na zawiesinę żelazową wynosi ok. 2000 g/m².

Długość cyklu filtracyjnego

Częstotliwość płukania filtrów powinna być odniesiona do objętości wody uzdatnionej na filtrach. Tym samym z tego samego wzoru, który służy do oceny pojemności masowej w aktualnie eksploatowanym układzie można ocenić – wyznaczyć ilość wody, którą można przepuścić przez układ technologiczny uzdatniania.

Do wyznaczenia długości cyklu filtracji wykorzystano następujące dane:

- pojemność masowa złoża kwarcowego: ok. 2000 g/m²,
- zawartość żelaza w wodzie surowej: 1,23 mgFe/L,
- powierzchnia filtracji 10,16 m²

$$V = (2000 * 10,16) / (1,23 * 1,9) = \text{ok. } 8\,695 \text{ m}^3$$

Wyznaczona powyżej objętość wody przefiltrowanej odniesiona została do 4 filtrów (odżelaziaczy) eksploatowanych na SUW. Przy założeniu, że wszystkie filtry pracują równomiernie (są równomiernie obciążone), objętość wody w odniesieniu do 1 filtra wyniesie: ok. 2 170 m³.

Przyjęto, że dobową ilość wody surowej ujmowanej na potrzeby SUW (produkcji i płukania) wynosi ok. 1300 m³, zatem cykl filtracji dla stanu obecnego nie powinien być dłuższy niż ok. 6 dni.

Uwaga: Powyższe obliczenia są obliczeniami przybliżonymi. W rzeczywistości cykl filtracyjny zależy od indywidualnych warunków panujących na danej Stacji Uzdatniania Wody (w tym m.in. efektywności płukania filtrów, uziarnienia itp.). Niemniej jednak można w pewnym stopniu korzystać i sprawdzać, czy cykl nadaje się z tego punktu widzenia do wydłużenia, czy też trwa zbyt długo.

Intensywność płukania powietrzem

Powietrze w płukaniu filtrów jest nieodzownym czynnikiem technologicznym pozwalającym utrzymać stabilność granulometryczną złóż filtracyjnych (zwłaszcza w przypadku odżelaziania i odmanganiania wody, gdzie mamy do czynienia z przyrostem powłok na ziarnach złoża filtracyjnego). Niestety często zdarzają się przypadki, w których wydajność płukania powietrzem jest zbyt niska, względnie rezygnuje się w ogóle z tej fazy płukania złóż filtracyjnych. A płukanie powietrzem w wielu przypadkach jest gwarantem sprawności technologicznej i uzyskiwania dobrych efektów uzdatniania wody.

W przypadku rezygnacji, bądź ograniczonej intensywności płukania filtrów powietrzem może dojść do następujących zakłóceń technologicznych:

- zbryleń złóż filtracyjnych - zwłaszcza w układach odżelaziania wody; w następstwie zbrylenia materiału filtracyjnego zostaje ograniczona rzeczywista powierzchnia filtracji i tym samym zwiększa się prędkość filtracji ograniczając efekty usuwania żelaza, bądź manganu,
- nadmiernego obrostu ziaren złóż filtracyjnych powłokami tlenkowymi (żelaza i manganu), co w dalszej kolejności powoduje zwiększenie ich średnicy, skutkując zwiększeniem wysokości strefy odżelaziania, czyli głębokości przenikania żelaza w głąb złoża filtracyjnego (zdarzają się jednak takie sytuacje technologiczne - wody o specyficznym składzie chemicznym - w których płukanie powietrzem nawet z bardzo wysoką intensywnością nie narusza powłok, wzmocnionych tlenkami wapnia czy magnezu),
- zbyt długiego płukania filtrów wodą (długi czas do sklarowania popłuczyn, na skutek zbyt delikatnego płukania powietrzem).

Istnieją dwa podstawowe sposoby płukania filtrów powietrzem (klasyfikowane względem stosowanych urządzeń):

- płukanie przy użyciu sprężonego powietrza z węża sprężarkowego (stosowane głównie na małych stacjach uzdatniania wody),
- płukanie przy użyciu dmuchaw.

Na analizowanej SUW, do płukania powietrzem (realizowanego przez ok. 20 s otwieranie zaworu na rurociągu powietrza) wykorzystywane jest powietrze z węża sprężarkowego i zbiorników akumulacyjnych. Z uwagi na brak elementów pomiarowych (tj. rotametu, przepływomierza) na instalacji, pomiar faktycznej ilości powietrza kierowanego na filtr nie jest możliwy.

Na potrzeby obliczeń przyjęto zatem maksymalną wydajność urządzeń płuczących – sprężarki tj. ok. 52,0 m³/h. W rzeczywistości wartość ta może różnić się od przyjętej, z uwagi na techniczne rozwiązania układu (tj. zastosowanie zbiorników akumulacyjnych, a także wykorzystywanie powietrza również do napowietrzania wody).

Przybliżona intensywność płukania wyniesie zatem:

$$irz = 52,0 / (2,54 * 3,6) = ok. 6,0 \text{ L/s} \cdot \text{m}^2$$

Intensywność płukania wodą

Płukanie filtrów jest podstawową czynnością technologiczną obsługi Stacji Uzdatniania Wody, zarówno podziemnej, jak i powierzchniowej. Prawdłowo prowadzony proces płukania warunkuje wysoką skuteczność pracy układu uzdatniania.

Zadaniem płukania wodą jest odprowadzenie zawiesin:

- luźno zgromadzonych w porach złoża filtracyjnego (pomiędzy ziarnami złoża filtracyjnego),
- zdartych w wyniku płukania powietrzem,
- zdartych w wyniku ocierania się ziaren złoża w toku płukania wodą - pod warunkiem odpowiedniej ekspansji materiału filtracyjnego.

Na analizowanej SUW, płukanie wodą odbywa się z wykorzystaniem wody uzdatnionej z sieci wodociągowej. Wydajność regulowana jest poprzez nastawę stopnia otwarcia przepustnicy na zbiorczym rurociągu wody i wynosi ok. 24 m³/h.

Intensywność płukania wyniesie zatem:

$$irz = 24,0 / (2,54 * 3,6) = 2,6 \text{ L/s} \cdot \text{m}^2$$

Kontrola stanu złóż

W trakcie wizji lokalnej na SUW dokonano kontroli stanu złóż filtracyjnych i pośrednio efektywności płukania filtrów. Rewizji poddano jeden zestaw: filtr nr 3 (odżelaziacz) oraz filtr nr 4 (odmanganiacz). Kontrolę przeprowadzono bezpośrednio po zakończeniu procesu płukania. Zgodnie z informacją od Użytkownika, złoża w badanych filtrach wymienione zostały podczas remontu SUW w 2015 r.

Na podstawie przeprowadzonej kontroli stanu złóż stwierdzono, że:

- w obydwu badanych filtrach występują znaczące ubytki właściwych warstw filtracyjnych – całkowita wysokość złoża wynosiła ok. 70-80 cm (ubytek ok. 50-60cm),
- złożo w filtrze nr 3 (odżelaziaczu) jest całkowicie czyste (bez widocznych tlenków żelaza na powierzchni ziaren), sypanie, bez zbryleń, nieco przemieszane (widoczne duże frakcje żwiru z warstw podtrzymujących). Stan złoża można ocenić na bardzo dobry,
- złożo w filtrze nr 4 (odmanganiaczu) jest w bardzo złym stanie. Na powierzchni widoczne maziste osady wytrąconego tlenku żelaza. W pobranej próbce (ze względów technicznych złożo sondowane zostało do głębokości ok. 20 – 30 cm) ziarna złoża posklejane, zbrylone, zakolmatowane. Po wyschnięciu widoczne znaczne zbrylenia materiału filtracyjnego.

Dokumentację fotograficzną z przeprowadzonej rewizji zamieszczono poniżej.

Efektywność układu uzdatniania

W toku prowadzonych prac pobrano próbki do analiz żelaza i manganu z poszczególnych punktów układu uzdatniania tj. oddzielnie po każdym filtrze. Wyniki badań zestawiono w poniższej tabeli wraz z dokonanymi wcześniej pomiarami tlenu oraz analizami wody surowej.

Tabela 10. Jakość wody w poszczególnych punktach na SUW Czersk

Punkt	Stężenie tlenu [mgO ₂ /L]	Stężenie żelaza [mg/L]	Stężenie manganu [mg/L]
Woda surowa	0,50	0,8 – 1,2	0,135 – 0,200
Woda po F1 (odżelaziacz)	1,13	1,210	0,169
Woda po F2 (odmanganiacz)	1,35	0,243	0,042
Woda po F3 (odżelaziacz)	0,70	0,892	0,143
Woda po F4 (odmanganiacz)	0,30	3,080	0,259
Woda po F5 (odmanganiacz)	0,30	<0,050	0,124
Woda po F6 (odżelaziacz)	0,52	0,072	0,119
Woda po F7 (odżelaziacz)	0,30	0,126	0,135
Woda po F8 (odmanganiacz)	0,30	<0,050	0,135
Woda do sieci wodociągowej	1,80	-	-

Na podstawie powyższych wyników można stwierdzić, że układ nie pracuje równomiernie i stabilnie, a jakość uzdatnianej wody może być okresowo niezadowalająca (okresowe przekroczenia w zmieszanej wodzie uzdatnionej). Wnioski z przeprowadzonej analizy istniejącego układu technologicznego przedstawiono w dalszej części opracowania.

Zdjęcie 6. Powierzchnia złoża w Filtrze nr 3 - odżelaziacza



Zdjęcie 7. Złoże filtracyjne z Filtra nr 3 - odżelaziacza (bezpośrednio po poborze i po wyschnięciu)



Zdjęcie 8. Powierzchnia złoża w Filtrze nr 4 - odmanganiaczu



Zdjęcie 9. Złoże filtracyjne z Filtra nr 4 - odmanganiaczu (bezpośrednio po poborze i po wyschnięciu)



2.4. Pozostałe elementy SUW

2.4.1. Zbiorniki hydroforowe

Woda uzdatniona pompowana jest do sieci wodociągowej z wykorzystaniem pomp głębinowych współpracujących ze zbiornikami hydroforowymi o następujących parametrach:

- | | |
|-------------|---------------------|
| – ilość | 3 szt, |
| – producent | PROWODROL SULECHÓW, |
| – średnica | 180 mm, |
| – pojemność | 10 m ³ . |

Zdjęcie 10. Zbiorniki hydroforowe na SUW Czersk



3. WNIOSKI Z ANALIZY STANU ISTNIEJĄCEGO I ZALECENIA

1. Ujęcie wody:

- ujęcie (obudowy, orurowanie, opomiarowanie) jest w dobrym stanie technicznym, po widocznych pracach modernizacyjnych,
- na bieżąco monitorowane są istotne wskazania tj. przepływy, ciśnienia, poziomy zwierciadeł wody, a praca pomp głębinowych regulowana jest poprzez falowniki,
- średni dobowy rozbiór wynosi ok. 1300 m³/d, maksymalny z okresów letnich ok. 2140 m³/d
- z uwagi na istniejące rozwiązania hydrauliczne (pompowanie jednostopniowe) ujęcie pracuje w sposób „skokowy” - częste załączenia i wyłączenia pomp głębinowych, co zwiększa zużycie urządzeń i poszczególnych elementów instalacji, a także może generować niekontrolowane zerwania zawieszin zatrzymanych na złożach,
- ponadto pompowanie jednostopniowe wymusza konieczność pokrycia przez pompy głębinowe zarówno minimalnych, jak i maksymalnych godzinowych rozbiorów wody, co wpływa na zmienne obciążenia filtrów (praca naprzemienna i okresowo zespołowa obu pomp głębinowych) oraz wysokie prędkości filtracji,
- niewątpliwą wadą układów jednostopniowego pompowania jest także często występujący brak stabilizacji gazowej wody - w celach technologicznych do wody wtłaczane jest sprężone powietrze, które rozprężając się w różnych punktach sieci wodociągowej może powodować zerwania osadów w rurociągach, a u konsumentów także efekt „mlecznej wody” ustający po określonym czasie odgazowania,
- planowane przejście z układu jednostopniowego na dwustopniowy jest zatem bardzo dobrym kierunkiem działań modernizacyjnych, który pozwoli na stabilną i równomierną pracę ujęcia,
- z uwagi na powyższą zmianę hydrauliczną prawdopodobnie konieczna będzie wymiana istniejących agregatów pompowych na urządzenia o mniejszej wysokości podnoszenia (i mniejszej mocy) – pompy głębinowe tłoczyć będą wodę przez układ uzdatniania do zbiorników retencyjnych, tłoczenie wody do sieci wodociągowej realizowane będzie oddzielnym zestawem pomp sieciowych,
- pozostawienie istniejących pomp głębinowych może prawdopodobnie doprowadzić do ich uszkodzenia (w przypadku próby zmniejszenia prędkości obrotowej poniżej dopuszczalnej granicy) lub duże straty energetyczne (konieczność dużego zdławienia przepływu na zasuwie),
- potencjalną możliwość wykorzystania istniejących pomp głębinowych należy jeszcze szczegółowo przeanalizować z producentem pomp na etapie realizacji prac.

2. Napowietrzanie wody:

- obecnie zastosowane rozwiązania układu napowietrzania są zupełnie nieefektywne i są jedną z przyczyn występujących na SUW problemów technologicznych (co zostanie omówione szerzej we wnioskach poświęconych filtracji),
- w toku badań, niewielkie stężenia tlenu stwierdzono jedynie po filtrach F1 i F2 – odżelaziaczu i odmanganiaczu z pierwszej pary,
- brak pomiaru na węźle sprężonego powietrza nie pozwala na określenie faktycznej ilości powietrza wtłaczanego do wody,
- ponadto rozwiązania techniczne instalacji – oddzielne rurociągi powietrza do każdego filtra mogą być przyczyną znacznych nierównomierności w natlenieniu uzdatnianej wody (przed jednym filtrem woda może być natleniona, przed innym nie), co bezpośrednio przełoży się na efektywność danej pary filtrów,

- zamontowane sprężarki są wystarczające do pokrycia zapotrzebowania na tlen, a ich stan techniczny nie wskazuje na konieczność ich natychmiastowej wymiany,
- kierunkiem działań modernizacyjnych powinno być zatem przejście na układ centralnego napowietrzania wody, w centralnych aeratorach zapewniających odpowiednio długi czas kontaktu wody z powietrzem, jak i odpowiednie wymieszanie obu czynników,
- pozwoli to na ujednolicenie natlenienia wody przed filtracją i zapewni pracę wszystkich filtrów na wodzie o jednakowych parametrach,
- ponadto należy przebudować istniejący węzeł sprężonego powietrza wprowadzając odpowiednie elementy opomiarowania, regulacji, sygnalizacji i należytego przygotowania sprężonego powietrza do jego przeznaczenia (napowietrzanie lub sterowanie pracą napędów pneumatycznych – brak odpowiedniego przygotowania powietrza zasilającego napędy pneumatyczne może być przyczyną ich częstych awarii, co wg informacji przekazanych przez Użytkownika ma miejsce na SUW Czersk),
- zaleca się także wprowadzenie docelowo urządzeń pomiarowych – stacjonarnych (sonda tlenu na zbiorczym rurociągu wody po wszystkich filtrach) lub przenośnych (miernik stężenia tlenu w wodzie)

3. Filtracja wody:

- układ filtracji utrzymany jest w dobrym stanie technicznym, po widocznych pracach modernizacyjnych,
- orurowanie w zdecydowanej części wymienione na nowe, ze stali nierdzewnej, wprowadzona została automatyzacja pracy i szczegółowe opomiarowanie z przesylem i wizualizacją danych w systemie,
- na podstawie wyników analiz zamieszczonych w poprzedniej części opracowania można stwierdzić, że układ nie pracuje równomiernie i stabilnie, a jakość uzdatnianej wody może być okresowo niezadowalająca (okresowe przekroczenia parametrów w zmieszanej wodzie uzdatnionej), szczególnie w odniesieniu do manganu,
- niedostateczna efektywność układu jest składową następujących czynników:
 - nierównomierne i nieefektywne natlenienie wody przed filtracją i bardzo krótki czas kontaktu wody z powietrzem,
 - wysokie prędkości filtracji wpływające na dużą wysokość strefy odżelaziania,
 - znaczące ubytki złóż filtracyjnych i ich zły stan (przynajmniej w odniesieniu do F3 i F4) spowodowany przyjętym algorytmem i rozwiązaniami procesu płukania,
- nieefektywne natlenienie i bardzo krótki czas kontaktu powietrza z wodą przed filtracją nie pozwalają na dostatecznie szybkie utlenienie związków żelaza i ich wytrącenie w postaci zawiesiny przed filtrami I stopnia,
- w efekcie (co dodatkowo potęgowane jest ubytkiem złóż filtracyjnych) żelazo przechodzi w formie nierozpuszczonej przez filtry I stopnia (odżelaziacze) i zatrzymywane jest (w postaci zawiesiny) dopiero na II stopniu filtracji (w odmanganiaczach), co potwierdzone zostało w toku rewizji filtrów F3 i F4,
- na podstawie przeprowadzonych wcześniej obliczeń teoretycznej wysokości strefy odżelaziania stwierdzono także, że:
 - dla stanu I i II (przy naprzemiennej eksploatacji studzien głębinowych) wysokość pierwotnie zasypanego (ok. 1,0 m) w filtrach I stopnia piasku kwarcowego pełniącego funkcję warstwy odżelaziającej, teoretycznie wystarcza do zatrzymania związków utlenionego żelaza (dla istniejących warunków niskiego natlenienia),
 - dla stanu III i IV (przy równoczesnej eksploatacji obu studzien głębinowych) wysokość ta nie jest jednak wystarczająca,
 - konsekwencją tego jest przechodzenie pozostałości związków żelaza (nawet przy

pierwotnej wysokości zasypowej) na II stopień filtracji, do warstw katalitycznych i częściową ekranizację ich powłok, co uniemożliwia realizację procesów odmanganiania w tej strefie,

- w zależności od tego, jak głęboko żelazo wnika w głąb warstwy złoża katalitycznego, proces odmanganiania może zostać w mniejszym lub większym stopniu zaburzony,
- powyższe obliczenia mają charakter teoretyczny i należy zwrócić uwagę, że w przypadku, gdy rzeczywiste parametry są inne niż przyjęte (np. zawartość żelaza w wodzie ujmowanej jest inna, uziarnienie zasypanego złoża jest inne, złoże jest niedopłukane), obliczenia mogą być obarczone błędem, a strefa odżelaziania może być jeszcze wyższa,
- przyczyną znaczących ubytków złóż w filtrach (stwierdzonych w filtrach 3 i 4) jest najprawdopodobniej płukanie wodno – powietrzne realizowane na SUW, powodujące intensywne wynoszenie najdrobniejszych frakcji złóż wraz z popłuczynami (mimo niskich intensywności płukania),
- ponadto sam cykl filtracyjny jest stosunkowo krótki – duża częstotliwość płukania filtrów,
- kierunki działań naprawczych w zakresie układu filtracji powinny uwzględniać przede wszystkim:
 - ustabilizowanie przepływu wody przez filtry – dążenie do obniżenia prędkości filtracji i unikanie zespołowej pracy studzien głębinowych, gdy nie jest to konieczne – kluczowe jest zatem retencjonowanie wody uzdatnionej w zbiornikach i przejście na układ dwustopniowego pomowania,
 - zapewnienie równomiernie natlenionej wody przed każdym z filtrów, z odpowiednio długim czasem kontaktu (co omówione zostało już wyżej),
 - rewizję wszystkich filtrów na SUW i uzupełnienie (bądź wymianę) złóż filtracyjnych:
 - bazując na wnioskach z dotychczasowej rewizji F3 i F4 można stwierdzić, że w odniesieniu do odżelaziaczy, wystarczy jedynie uzupełnienie filtrów złożem kwarcowym o odpowiedniej granulacji,
 - w przypadku odmanganiaczy jednak, przywrócenie sprawności istniejących złóż filtracyjnych (katalitycznych) z dużym prawdopodobieństwem może okazać się niemożliwe i konieczna będzie ich wymiana na nowe,
 - na podstawie wykonanych badań stwierdzono, że 3 z 4 filtrów II stopnia nie realizują skutecznie funkcji odmanganiających, przy czym filtr poddany rewizji wykazywał najwyższe przekroczenia manganu,
 - przed przystąpieniem do wymiany należy zatem rozwiązać kwestie napowietrzania i płukania, a także dokonać szczegółowej rewizji pozostałych filtrów (I i II stopnia) i dokonać oceny stanu pozostałych złóż,
 - zapewnienie odpowiednich warunków płukania filtrów – rezygnacja z dotychczasowego płukania wodno-powietrznego, doposażenie układu w oddzielne urządzenia do płukania powietrzem (dmuchawę) i wodą (pompy płuczące), gwarantujące wymaganą intensywność każdego z procesów,
 - ponadto można rozważyć stopniowe wydłużenie cyklu filtracyjnego do ok. 4 – 6 dni
- 4. Ponadto zaleca się dokonywać regularnych przeglądów (min. 1 na rok) całego układu technologicznego SUW, przez doświadczonego technologa obejmujących m.in.:
 - kontrolę stanu złoża filtracyjnego (wraz z pomiarem jego wysokości, stanu technologicznego)
 - kontrolę efektywności procesu napowietrzania
 - sprawdzenie każdego filtra oddzielnie, pod kątem efektywności funkcjonowania i płukania.

4. WYTYCZNE DO PRZEBUDOWY SUW CZERSK

4.1. Założenia ogólne

Zgodnie z wytycznymi Inwestora oraz wnioskami wynikającymi z analizy techniczno – technologicznej stanu istniejącego SUW Czersk przyjęto następujący zakres prac:

- przyjęta maksymalna wydajność ujęcia zgodna z obowiązującym pozwoleniem wodnoprawnym tj. **168,0 m³/h**,
- wymiana pomp głębinowych w istniejących studniach głębinowych, na urządzenia o mniejszej wysokości podnoszenia (z uwagi na przejście na układ dwustopniowego pompowania wody),
- wymiana pomp głębinowych (pozostawienie istniejących rurociągów wznosnych i obudów studzien głębinowych wraz z armaturą, orurowaniem i opomiarowaniem),
- montaż 2 aeratorów ciśnieniowych, 2 mikserów statycznych wraz z dodatkowym węzłem sprężonego powietrza i niezbędnym orurowaniem i armaturą (pozostawienie istniejących sprężarek powietrza, zbiorników akumulacyjnych, armatury, rurociągów zbiorczych),
- pozostawienie istniejącego układu filtracji ciśnieniowej (przebudowa rurociągu odpływowego wody uzdatnionej – skierowanie wody do zbiorników retencyjnych),
- montaż nowych urządzeń płuczących – dmuchawy i 2 pomp płuczących,
- budowa układu retencji wody uzdatnionej wraz z niezbędnymi sieciami międzyobiektoowymi
- demontaż istniejących zbiorników hydroforowych,
- montaż zestawu pomp II stopnia (zestawu sieciowego) tłoczących wodę uzdatnioną do sieci wodociągowej,
- pozostawienie istniejącego układu dezynfekcji wody (zmiana głównego punktu dozowania),
- wykonanie materiałowe (orurowanie, kołnierze, śruby itd.) - stal nierdzewna w gatunku AISI 316/316L, sieci zewnętrzne – PE,
- armatura i orurowanie w wykonaniu na ciśnienie PN 10 / PN 16,
- całość prac w zakresie automatyzacji należy dostosować do istniejącego standardu i rozwiązań sterowania, monitoringu, wizualizacji wykorzystywanego na SUW Czersk.

Założenia ogólne (orurowanie, armatura)

Przyjęto, że orurowanie SUW (niezbędne rurociągi w zakresie układu aeracji oraz tłoczenia do sieci wodociągowej) zostanie wykonane ze stali nierdzewnej, przy zachowaniu następujących wytycznych:

- gatunek stali AISI 316/316L,
- wszystkie kołnierze połączeniowe wykonane ze stali nierdzewnej AISI 316/316L,
- wszystkie śruby, podkładki, wywijki ze stali nierdzewnej AISI 316/316L,
- należy zastosować kołnierze pełne,
- dopuszcza się zastosowanie kołnierzy przetłaczanych, ale wyłącznie na poziomych odcinkach rur (kołnierze montowane pionowo) i po akceptacji Zamawiającego,
- owiercenie kołnierzy armatury i kołnierzy orurowania wg jednej normy i na jednakowe ciśnienie,
- ilość spawów na obiekcie należy ograniczyć do minimum; miejsca połączeń rurociągów na obiekcie wykonywać jako skręcane (kołnierzowe)
- wszystkie elementy należy spawać maszynowo w warsztacie, zaś na obiekcie przewiduje się jedynie montaż całości (dopuszcza się jedynie wykonywanie na obiekcie tzw. spawów zamykających – długich odcinków),
- rurociągi umieszczane na podporach wykonanych ze stali nierdzewnej min. AISI 304/304L, montowanych do ścian lub podłoża (stosować podpory systemowe),

- przyjęto następujące grubości ścianek rurociągów:
 - dla średnic DN 200 i poniżej: 2,0mm,
 - dla średnicy DN 250: 3,0mm,
 - dla średnicy DN 300: 3,0 mm
 - dla średnicy DN 350: 4,0 mm
 - dla średnicy DN 400: 4,0 mm

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

- wykonanie materiałowe podpór i zawiesi: minimum stal AISI 304/304L,
- obejmę pełną, zabezpieczającą przed przesuwaniem rurociągu,
- między obejmą, a rurociągiem wyściółka gumowa z materiału posiadającego atest PZH,
- podpory montowane do posadzki lub ścian konstrukcyjnych (w zależności od przyjętego systemu) – preferowany montaż do posadzki,
- dobór szczegółowy podpór przez wyspecjalizowaną firmę zajmującą się podparciami, przeprowadzony na etapie montażu rurociągów,
- podpory montowane do posadzki lub ścian, z wykorzystaniem śrub w gatunku stali jak dla materiału podpory.

Miejsca montażu podpór przyjmuje się następujące:

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

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

Parametry techniczne – przepustnice

- producent: np. Ebro lub równoważny,
- przepustnice centryczne, obustronnie szczelne, wyposażone w wskaźnik otwarcia (dla obydwu kierunków przepływu) z uszczelnieniem miękkim,
- zabudowa międzykołnierzowa
- dysk pełny (bez pustych przestrzeni) centryczny, wykonany ze stali nierdzewnej 1.4408 dla wszystkich średnic,
- dysk mocowany do wału na profilu kwadratowym (nie dopuszcza się połączeń dysku z wałem za pomocą śrub, kołków, nitów), polerowane krawędzie uszczelniające,
- wał ze stali kwasoodpornej z podwójnym uszczelnieniem (doszczelnienie poprzez manszetę oraz o-ringi); trzy łożyska wału, łożyska wyłącznie metalowe (mosiądz lub inny metal lub metal/PTFE),
- wał pełny, jednoczęściowy lub dwuczęściowy,
- możliwość pracy w dowolnym położeniu wału przepustnicy - dla wszystkich średnic,
- manszety (elastomery) - wymagane jest rozwiązanie z wymienną manszetą,
- manszeta stabilizowana kształtowo w korpusie na „jaskółczy ogon”,
- manszeta ma także spełniać rolę uszczelnienia kołnierzowego (bez stosowania dodatkowych uszczelnień),
- materiał manszety: EPDM - dla wody, NBR (Perbunan) – dla powietrza
- korpus: materiał
 - do średnicy DN 250 – żeliwo szare GG25
 - korpus precyzyjnie obrobiony, pokryty powłoką epoksydową,
- przepustnice przystosowane do napędu ręcznego (dźwignia ręczna z zapadką, przekładnia ślimakowa z kółkiem) lub napędów pneumatycznych (dwustronnego działania).

4.2. Ujęcie wody

Ujęcie wody zostanie oparte o istniejące, czynne studnie głębinowe nr 1 i 2. Zgodnie z założeniami ogólnymi do przebudowy, przewiduje się zmianę układu pompowania wody z jednostopniowego na dwustopniowy. Wymagana wysokość podnoszenia pomp głębinowych znacząco spadnie (pompy głębinowe tłoczyć będą wodę przez układ uzdatniania do zbiorników retencyjnych). Wydajność pomp pozostawia się bez zmian (eksploatacja ujęcia winna odbywać się w granicach określonych przez obowiązujące pozwolenie wodnoprawne).

Maksymalna godzinowa wydajność ujęcia wyniesie zatem:

$$Q_{MAX} = 168,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

W odniesieniu do ujęcia wody przewiduje się następujące prace:

- wymiana pomp głębinowych na nowe o mniejszej wysokości podnoszenia (i mniejszej mocy),
- pozostawienie istniejących rurociągów wznosnych, obudów studziennych, armatury, orurowania i opomiarowania układu

Dobór pompy głębinowej

Zgodnie z ustaleniami na etapie opracowania, dobór pomp głębinowych zostanie przeprowadzony przez Inwestora / Wykonawcę, po ustaleniu aktualnych warunków hydraulicznych poboru wód z ujęcia (aktualne rzędne zwierciadeł statycznych i dynamicznych) oraz faktycznej wymaganej geometrycznej wysokości podnoszenia (po ostatecznym przyjęciu rozwiązań układu retencji wody i określeniu rzędnej napływu wody do zbiornika).

Wymaganą wysokość podnoszenia pomp głębinowych należy ustalić z zależności:

$$H = zw_{stat} + Se + zab. Such. + H_{geom} + \Delta h_{str1} + \Delta h_{str2} + \Delta h_{str3} + \Delta h_{str4} + \text{zapas} [mH_2O]$$

gdzie:

H – wymagana wysokość podnoszenia pompy głębinowej [m],

zw_{stat} – zwierciadło statyczne [m p.p.t.],

Se – depresja eksploatacyjna – odniesiona do dobranej wydajności pompy [m],

$zab. such.$ – zabezpieczenie pompy przed suchobiegiem (na wypadek wzrostu depresji, zwyczajowo ok. 5,0 mH₂O) [m],

H_{geom} – geometryczna różnica wysokości (między rzędną wlotu wody uzdatnionej do zbiorników retencyjnych, a rzędną odniesienia do pomiaru zwierciadła statycznego dla danej studni) [m],

Δh_{str1} – straty ciśnienia na tłoczeniu do SUW [m],

Δh_{str2} – straty ciśnienia na orurowaniu i armaturze (ok. 5,0 m) [m],

Δh_{str3} – straty ciśnienia na drenażu i złożu – I stopień filtracji [m], (ok. 5,0 m),

Δh_{str4} – straty ciśnienia na drenażu i złożu – II stopień filtracji [m], (ok. 5,0 m)

$zapas$ – 10% wymaganej wysokości podnoszenia [m].

Zgodnie z założeniami ogólnymi przewiduje się demontaż istniejących pomp głębinowych i montaż nowych urządzeń na istniejących rurociągach wznosnych. Przyjęto, że pompy głębinowe zawieszone zostaną na głębokościach zgodnych ze stanem obecnym.

Zgodnie z założeniami ogólnymi pozostawia się istniejące rurociągi wznosne, obudowy studzienne wraz z wyposażeniem, armaturą, opomiarowaniem.

Sterowanie pracą studni:

- zdalne załączanie studni na podstawie poziomów wody w zbiornikach retencyjnych,
- ręcznie z SUW – przez operatora Stacji: praca w trzech trybach 1, 0, A,
- naprzemienna lub zespołowa praca studzien na podstawie zadanych poziomów wody w zbiornikach retencyjnych,
- wyrównywanie czasu pracy poszczególnych studzien głębinowych.

Realizowane algorytmy w sterowaniu pracą pomp głębinowych:

- wyłączanie pompy głębinowej przy osiągnięciu poziomu suchobiegu,
- wyłączanie pompy po osiągnięciu nadmiernego ciśnienia wskazanego przez czujnik ciśnienia (informacja o zamknięciu zasuwy na tłoczeniu lub innej przyczynie niedrożności rurociągu),
- wyłączanie pompy po przekroczeniu maksymalnego poziomu w zbiornikach retencyjnych,
- wyłączenie pompy przy przekroczeniu poziomu maksymalnego pobieranego prądu,
- alarm przy spadku wydajności pompy o x % (ustalony na rozruchu) w stosunku do poziomu eksploatacyjnego.

Woda surowa tłoczona będzie do budynku SUW istniejącym systemem rurociągów. W budynku SUW przewiduje się wpięcie do istniejących rurociągów wody surowej i montaż nowej instalacji z rurociągów ze stali nierdzewnej w gatunku AISI 316/316L doprowadzającej wodę surową na układ napowietrzania.

Na zbiorczym rurociągu wody surowej zamontowane zostaną:

- przepływomierz elektromagnetyczny DN 200 z przesyłem danych oraz ich wizualizacją,
- czujnik ciśnienia,
- manometr,
- kurek probierczy 1/2” ze stali nierdzewnej AISI 316/316L, przystosowany do poboru prób do badań mikrobiologicznych – punkt poboru wody surowej,
- pełnoskokowy, upustowy zawór bezpieczeństwa (po ostatecznym doborze pomp głębinowych należy przeanalizować konieczność doboru zaworu bezpieczeństwa z uwagi na dopuszczalne ciśnienia pracy urządzeń i instalacji).

4.3. Napowietrzanie wody

W zakresie układu napowietrzania wody przewiduje się (w oparciu o przyjęte założenia ogólne i wytyczne Inwestora):

- montaż 2 aeratorów centralnych wraz z orurowaniem i armaturą,
- montaż 2 rurowych mikserów statycznych,
- montaż węzła sprężonego powietrza z niezbędnym orurowaniem i armaturą kontrolno – pomiarową i odcinającą,
- pozostawienie istniejących sprężarek i zbiorników akumulacyjnych.

Napowietrzanie wody surowej odbywać się będzie w aeratorach ciśnieniowych o takiej konstrukcji, która zapewni możliwie największą powierzchnię kontaktu powietrza z wodą oraz optymalne warunki jednoczesnego mieszania napowietrzanej wody (przeciwprądowe mieszanie wody surowej i powietrza). Minimalny czas kontaktu wody z powietrzem wewnątrz aeratora powinien wynosić ok. $t = 120 \div 180$ s. Objętość mieszaczy wyniesie zatem:

$$V = [168 \cdot (120 + 180)] / 3600 = 5,60 \div 8,40 \text{ m}^3$$

Parametry techniczne dobranego aeratora statycznego:

- producent: Kotłorembud sp. j. Lub równoważny
- typ dla producenta ARC 6,
- ilość: 2 szt.,

- średnica nominalna: 1800 mm,
- pojemność: 5,50 m³,
- wysokość całkowita: 3100 mm,
- dopuszczalne ciśnienie: 6,0 bar,
- dopuszczalna temp. wody: 50°C,
- przyłącza wody: DN 150,
- przyłącza powietrza: G 1",
- odpowietrzenie: G 1",
- ilość dysz w układzie napow. 12 szt,
- wykonanie materiałowe: stal niskowęglowa, atestowana, zbiornik zabezpieczony antykorozyjnie od wewnątrz farbą z atestem PZH, zbiornik z zabezpieczeniem farbą chlorokauczukową lub poliwinylową w kolorze niebieskim lub białym.

Rzeczywisty czas przetrzymania w przyjętym układzie napowietrzania dla maksymalnej wydajności SUW wyniesie:

$$t = (2 * 5,50 * 3600) / 168 = 236 \text{ s}$$

Woda surowa doprowadzana będzie od góry aeratora rurociągami ze stali nierdzewnej AISI 316/316L o średnicy DN 150 (168,3 x 2,0 mm), na których zamontowane zostaną:

- przepustnice międzykołnierzowe DN150 z napędem ręcznym,
- odpowietrzenie ręczne i automatyczne (w najwyższym punkcie) o średnicy G1" z zaworami kulowymi G1" z napędem ręcznym - odpływ wody z odpowietrzenia odprowadzić rurociągami stalowymi, skręcanymi na gwint, do rurociągów spustu zerowego z aeratorów (lub bezpośrednio kanału odwadniającego).

Ponadto aeratory wyposażone zostaną w spust zerowy wody (wpięty w rurociąg wody napowietrzonej) realizowany przy użyciu przewodu o średnicy DN 50 z przepustnicą międzykołnierzową DN 50 z napędem ręcznym. Odpływ wody z rurociągów spustowych należy odprowadzić do kanału odwadniającego.

Dodatkowo przed aeratorami, na rurociągu wody surowej należy przewidzieć rurowe mieszacze statyczne (mikser rurowy), wspomagające proces napowietrzania wody. Parametry urządzenia:

- producent Metrolog Sp. z o.o. lub równoważny,
- typ dla producenta: MET-R,
- ilość: 2 szt.,
- średnica nominalna: DN 150 mm,
- długość mieszacza: ok. 1150 mm,
- przyłącze powietrza: G 1",
- wykonanie: stal nierdzewna AISI 316/316L,
- montowany kołnierzowo, wyposażony w 2 manometry z zaworami kulowymi.

Opcjonalnie dopuszcza się także zastosowanie 3 mikserów rurowych o średnicy DN 100.

Powietrze do aeratorów i mieszaczy statycznych doprowadzane będzie z wężła sprężonego powietrza, z wykorzystaniem przewodów stalowych o średnicy G1" skręcanych na gwint.

Wstępnie dobrano następujące rotametry do pomiaru ilości powietrza:

- Ilość: 4 szt.,
- Ciśnienie pracy: 4,0 bar,
- Wydajność: $0,7 \div 7,0 \text{ Nm}^3/\text{h}$,
- Przyłącze: G 1"
- Długość: 400 mm.

Na rurociągach doprowadzających powietrze do aeratora i mieszacza zostaną zamontowane elektrozawory, otwierające się podczas załączenia pomp głębinowych. Bezpośrednio przed wpięciem do każdego z urządzeń (aeratorów, mieszaczy) należy zamontować zawory kulowe i zawory zwrotne.

Woda napowietrzona po aeratorze odpływać będzie rurociągiem DN 150 ze stali nierdzewnej AISI 316/316L do wspólnego kolektora o średnicy DN 250.

Na rurociągach wody napowietrzanej odprowadzającej wodę z aeratorów przewidziano:

- przepustnice międzykołnierzowe DN150 z napędem ręcznym,
- manometr do pomiaru ciśnienia,
- kurki probiercze ½" do poboru prób.

Opomiarowanie układu napowietrzania (w części przewiduje się wykorzystanie istniejących sygnałów pomiarowych)

- pomiar ciśnienia wody surowej (na zbiorczym rurociągu wody surowej) – czujnik ciśnienia z manometrem (1 szt.),
- pomiar ciśnienia wody surowej - straty na mieszaczu statycznym – manometry w komplecie z mieszaczami statycznymi (4 szt.),
- pomiar ciśnienia wody napowietrzanej – manometry na rurociągach wody napowietrzanej z każdego aeratora (2 szt),
- pomiar ciśnienia wody napowietrzanej (równy pomiarowi ciśnienia wody przed filtracją) na zbiorczym rurociągu wody napowietrzanej – czujnik ciśnienia z manometrem (1 szt.),

Wytyczne dla automatyki i sterowania:

- otwarcie elektrozaworów na węźle sprężonego powietrza przy załączeniu pomp głębinowych,
- wyłączanie pomp po osiągnięciu nadmiernego ciśnienia wskazanego przez czujnik ciśnienia,
- alarm (wraz z powiadomieniem sms) w przypadku spadku ciśnienia na węźle sprężonego powietrza poniżej zadanej wartości

4.4. Filtracja wody

W zakresie układu filtracji wody przewiduje się:

- pozostawienie istniejącego układu filtracji dwustopniowej wraz orurowaniem, armaturą itp.
- rewizję wszystkich pozostałych filtrów ciśnieniowych wraz z oceną wysokości i stanu złożeń pod kątem ich dalszej przydatności w procesie uzdatniania,
- przekierowanie wody uzdatnionej do planowanych zbiorników retencyjnych,
- montaż nowych urządzeń płuczących – dmuchawy i 2 pomp płuczących.

Woda po układzie napowietrzania kierowana będzie do istniejącego systemu filtracji (spięcie projektowanych rurociągów z istniejącą instalacją rozprowadzającą wodę na filtry). Praca i sterowanie filtrów odbywać się będzie z wykorzystaniem istniejących rozwiązań technicznych.

Na etapie prac przygotowawczych należy dokonać szczegółowej rewizji wszystkich filtrów pod kątem ich aktualnej wysokości zasypowej oraz stanu istniejących złożeń filtracyjnych.

W przypadku stwierdzenia jedynie ubytków w złożu (gdy stan złoża będzie zadowalający) należy przewidzieć uzupełnienie filtra do pierwotnej wysokości zasypowej tożsamym materiałem filtracyjnym.

W przypadku złożeń w stanie niezadowalającym, w pierwszej kolejności należy podjąć próbę przywrócenia ich parametrów poprzez należyte odplukanie. Jeśli prace nie przyniosą oczekiwanego rezultatu należy przewidzieć wymianę istniejących złożeń.

Uzdatniona woda odpływać będzie z filtrów do zbiorczego rurociągu, którym dalej skierowana zostanie na projektowany układ retencji. Na zbiorczym rurociągu zaleca się montaż

Uwaga! Dobierając szczegółowo rozwiązanie układu retencji należy zwrócić uwagę na rzędne napływu wody do zbiorników w kontekście potencjalnej możliwości odkrywania złożeń filtracyjnych.

Płukanie filtrów

Płukanie filtrów będzie odbywało się tak jak obecnie w trybie automatycznym (względem czasu pracy od ostatniego płukania lub ilości przefiltrowanej wody) z możliwością przejścia na tryb ręczny.

Zgodnie z wnioskami z analizy techniczno – technologicznej należy rozważyć wydłużenie cyklu filtracyjnego do ok. 4 – 6 dni (w zależności od rozbiórów w sieci wodociągowej).

Uwaga! Potencjalne wydłużenie cyklu filtracyjnego należy przeanalizować po rozwiązaniu kwestii złożeń filtracyjnych (ich uzupełnieniu bądź wymianie) oraz doposażeniu układu w odpowiednie urządzenia płuczące!

Płukanie powinno być realizowane w następujących etapach (do weryfikacji na etapie realizacji):

1. Inicjacja procesu płukania (na podstawie ilości przefiltrowanej wody).
2. Wyłączenie 1 pary filtrów.
3. Przygotowanie do płukania F1 (odżelaziacza)
4. Sprawdzenie zadanych poziomów wody w zbiornikach retencyjnych oraz zbiorniku wód popłucznych. Po spełnieniu warunków – umożliwienie płukania
5. Przerobienie przepustnic.
6. Spust wody znad złoża filtracyjnego.
7. Załączenie płukania powietrzem.
8. Płukanie powietrzem w czasie ok. 2-3 min
9. Wyłączenie płukania powietrzem

10. Stabilizacja złoża (postój filtra bez płukania, czas ok. 5 min)
11. Załączenie pompy płuczającej.
12. Płukanie wodą w czasie ok. 10 min (do weryfikacji na etapie rozruchu).
13. Wyłączenie płukania wodą.
14. Przejście do płukania F2 (odmanganiacza).
15. Powtórzenie algorytmu wg pkt 4 – 13.
16. Przesterowanie przepustnic – spust I filtratu (do odстойnika popłuczyn) przez czas ok. 5 min.
17. Przesterowanie przepustnic – filtracja (do zbiorników retencyjnych).

Płukanie powietrzem

Skuteczne płukanie złożów filtracyjnych uzyskuje się przy intensywności płukania powietrzem w granicach $13,0 \div 17,0 \text{ L/m}^2\text{s}$. Odpowiada to wydajności urządzenia na poziomie:

$$Q_{pp} = (13,0 \div 17,0) * 2,54 * 3,6 = 119,0 \div 155 \text{ m}^3/\text{h}$$

Do płukania dobrano dmuchawę o następujących parametrach technicznych:

- | | |
|------------------------------------|---|
| – producent | Becker lub równoważny, |
| – typ dla producenta: | DTLF 200, |
| – ilość: | 1 szt, |
| – typ dmuchawy: | walcowa lub śrubowa, |
| – nominalna moc silnika: | 7,5 kW, |
| – wymagany spręż: | min. 600 mbar |
| – wydajność przy wymaganym sprężu: | ok. 155,0 m ³ /h |
| – maksymalna wydajność | ok. 174,0 m ³ /h |
| – średnica przyłącza: | G 1 1/2" (DN 40), |
| – częstotliwość: | 50Hz, |
| – wyposażenie: | softstart, obudowa dźwiękochłonna, amortyzacja drgań, zintegrowany filtr wlotowy, zawór bezpieczeństwa ciśnienia. |

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

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

$$D = [(4 * 155)/(\pi * 3600 * 10)]^{0,5} = 74,0 \text{ mm} - \text{dobrano DN 65.}$$

Dobrano rurociąg o średnicy DN 65 (wew. 72,1 mm, gr. ścianki 2,0 mm) wykonany ze stali nierdzewnej w gatunku AISI 316/316L.. Będzie on wpięty do każdego filtra indywidualnie (osobnym króćcem w dennicy filtra) i odcięty przepustnicą DN 65 z napędem pneumatycznym, montowaną międzykołnierzowo. Dodatkowo przed każdym filtrem przewidziano kulowy zawór zwrotny DN 65 montowany kołnierzowo

Wariantowo dopuszcza się (choć nie jest to zalecane z uwagi na gromadzenie się powietrza wykorzystywanego do płukania w różnych punktach instalacji) wpięcie instalacji powietrza do rurociągu wody, bezpośrednio przed wpięciem do filtra.

W celu właściwego dopasowania wymaganej ilości powietrza do wymagań technologicznych, w celu oceny stopnia zużycia technicznego dmuchawy oraz kolmatacji złoża filtracyjnego, na rurociągu powietrza do płukania zaleca się montaż rotametu o parametrach:

- | | |
|-----------------------|---------------------|
| – producent | ABB lub równoważny, |
| – typ dla producenta: | FAM 541, |

- ilość: 1 szt.,
- średnica: DN 40,
- zakres pomiarowy: 25 – 255 Nm³/h,
- przystosowany do pomiaru powietrza, montowany kołnierzowo, wyposażony w tłumik oscylacji pływaka (zabezpieczenie przed uszkodzeniem rotametu przy starcie dmuchawy), wykonany ze stali nierdzewnej AISI 316,
- wyposażenie dodatkowe: transmitter , 24 VDC, wyjście impulsowe i analogowe (4 – 20 mA).

Instalacja powietrza złożona będzie z następujących elementów:

- zasyfonowania rurociągu powietrza (zabezpieczenie przed zalaniem dmuchawy) – wyniesienie rurociągu powyżej rzędnej rurociągu dopływu na filtr,
- przepustnic odcinających DN 65 z napędem ręcznym przed i za rotametrem,
- obejścia z przepustnicą odcinającą DN 65 z napędem ręcznym,
- zaworu zwrotnego DN 65,
- czujnika ciśnienia.

Automatyzacja pracy dmuchawy obejmować będzie następujące elementy:

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

Płukanie wodą

Skuteczne płukanie złóż kwarcowych wodą uzyskuje się przy intensywności płukania w granicach 10 ÷ 15 L/m²s. Odpowiada to wydajności pompy płuczącej na poziomie:

$$Q_{pw} = (10,0 \div 15,0) \cdot 2,54 \cdot 3,6 = 91,0 \div 137,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

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

- producent: Hydro-Vacuum lub równoważny,
- typ dla producenta: MVB.100-200/1,
- ilość pomp: 2 szt. (1 pracująca i 1 rezerwa czynna),
- typ pompy: pozioma,
- nominalna moc: 7,5 kW,
- częstotliwość: 50 Hz,
- wydajność pompy: 130 m³/h,
- wysokość podnoszenia: 13,0 mH₂O,
- maks. wysokość podnoszenia: 13,0 mH₂O,
- króciec ssawny pompy: DN 125,
- króciec tłoczny pompy: DN 100,
- opcjonalnie, do regulacji wydajności pompy zaleca się montaż indywidualnych falowników.

Dodatkowa armatura pomp płuczących:

- na rurociągu ssawnym pompy:
 - przepustnica międzykołnierzowa DN 150 z napędem ręcznym,
 - łącznik amortyzacyjny, kołnierzowy DN 150 (przystosowany do pracy na ssaniu),

- na rurociągu tłocznym pompy:
 - zawór zwrotny kulowy, kołnierzowy DN 150,
 - łącznik amortyzacyjny kołnierzowy DN 150,
 - przepustnica międzykołnierzowa DN 150 z napędem ręcznym,
- na rurociągu tłocznym zestawu (na wspólnym rurociągu tłocznym):
 - przepływomierz elektromagnetyczny DN 150 montowany kołnierzowo,
 - czujnik ciśnienia wraz z manometrem

Dane techniczne zastosowanych urządzeń pomiarowych:

Ciśnieniomierz:

- zakres pomiarowy: $0 \div 6$ bar,
- wyjście prądowe: $4 \div 20$ mA,
- przyłącze technologiczne: G $\frac{1}{2}$ ".

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

Manometr tarczowy (kontrolny) dla czujnika automatycznego ciśnienia:

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

Prędkość przepływu wody dla instalacji płuczącej nie powinna przekraczać 2,0 m/s. Dobrano rurociąg o średnicy DN 150 wykonany ze stali nierdzewnej w gatunku AISI 316/316L (śr. wew. 164,3 mm, grubość ścianki 2,0 mm).

Przyjęto, że płukanie odbywać się będzie poza godzinami maksymalnego rozbioru w sieci wodociągowej – optymalnie w godzinach nocnych.

Wszystkie rurociągi zestawu pompowego wykonane zostaną ze stali nierdzewnej w gatunku AISI 316/316L, spawane maszynowo w zakładzie produkcyjnym.

Pompy należy posadowić na stelażu ze stali nierdzewnej w gatunku AISI 304/304L z podkładami antywibracyjnymi. Ostateczne parametry stelaża należy określić na etapie realizacji inwestycji po wyborze producenta pomp i uwzględnieniu warunków montażowych zestawu. Pompy płuczące zamontowane zostaną na wspólnym stelażu wraz z zestawem pomp sieciowych.

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

- stan pracy pompy: postój, praca „na sztywno”, praca w automacie,
- czas pracy pompy (licznik motogodzin) oraz pobierany prąd podczas pracy pompy,
- przepływ wody.

Woda popłuczna kierowana będzie istniejącym systemem rurociągów do istniejącego odstoju wód popłucznych i dalej, tak jak obecnie do kanalizacji.

W trakcie płukania 1 filtra szacunkowa ilość odprowadzanych wód przy założeniu 10 min. płukania wodą (popłuczyny + wody spustowe) wyniesie:

- objętość popłuczyn w trakcie jednego płukania: $V = 130 \text{ m}^3/\text{h} \cdot (10/60) = 21 \text{ m}^3$,
- objętość wody spuszczonej z dna złoża filtracyjnego: przyjęto wysokość wody równą ok. 40 cm, co daje objętość $V = 0,4 \cdot 2,54 = 1,0 \text{ m}^3$,
- objętość wody spuszczonej podczas spustu pierwszego filtratu: ok. $V=3,0 \text{ m}^3$.

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

$$V_c = 21,0 + 1,0 + 3,0 = \text{ok. } 25 \text{ m}^3$$

Z płukania pary filtrów (odżelaziacz + odmanganiacz) powstanie zatem ok. 50 m³ popłuczyn. Zgodnie ze stanem istniejącym wydajność przepływu popłuczyn wynosi ok. 24 m³/h, a sumaryczna ilość powstających popłuczyn wynosi 10 m³ (z jednego filtra, czyli 20 m³ z pary filtrów).

UWAGA!

Zgodnie z materiałami przekazanymi przez Inwestora (Projektem wykonawczym modernizacji SUW Czersk z 2003r.) pojemność czynna odстойnika wynosi ok. 23,94 m³, co jest wartością zbyt małą dla zretencjonowania popłuczyn z płukania 2 filtrów!

Na etapie projektu należy zatem szczegółowo przeanalizować istniejące warunki zrzutu wód popłucznych pod kątem ich dopuszczalnej ilości i jakości (zgodnie z informacjami pozyskanymi na etapie opracowania wody popłuczne odprowadzane są przez odстойnik do kanalizacji sanitarnej rurociągiem DN 250).

W przypadku stwierdzenia, że obecne warunki buforowania i zrzutu są niewystarczające z uwagi na planowane zmiany w procesie płukania filtrów, należy przewidzieć rozbudowę / przebudowę systemu gospodarki osadowej (np. poprzez budowę dodatkowego zbiornika wód popłucznych).

4.5. Dezynfekcja wody

W zakresie układu dezynfekcji wody przewiduje się pozostawienie istniejącego układu dozowania (zbiorników, pomp dozujących).

Przyjęto główny punkt dozowania podchlorynu – rurociąg zbiorczy wody uzdatnionej przed zbiornikami retencyjnymi.

Wydajność pompy dozującej należy skorelować z aktualnym przepływem wody po filtrach (utrzymywanie zadanej, stałej dawki dezynfektanta na 1 m³ wody).

4.6. Retencja wody

Woda uzdatniona po procesie filtracji skierowana zostanie do zbiorników retencyjnych, których zadaniem będzie buforowanie nierównomierności rozbiórów wody w sieci wodociągowej, wyrównanie pracy ujęcia wody oraz magazynowanie wody dla potrzeb płukania filtrów.

Zgodnie z przedstawioną wcześniej analizą rozbiórów wody:

- średni dobowy rozbiór w ujęciu rocznym wzrósł z 1108 m³/d w roku 2017 do 1264 m³/d w roku 2018, a dotychczas odnotowane rozbiory wskazują, że tendencja wzrostowa utrzyma się także w roku 2019,
- jednocześnie zwiększeniu uległy maksymalne dobowe rozbiory sięgające 1630 m³/d w 2017 r do niemal 2140 m³/d w 2019 r (czerwiec),
- minimalne rozbiory w analizowanym okresie wyniosły ok. 880 m³/d (styczeń 2018),
- różnica w zapotrzebowaniu między okresem letnim (kwiecień – wrzesień: ok. 1400 – 1500 m³/d), a zimowym (październik – marzec: ok. 1100 m³/d) wynosi średnio ok. 350 m³/d.

Biorąc pod uwagę powyższe czynniki, maksymalną dobową produkcję przy określonej wydajności ujęcia i warunki prawidłowej eksploatacji Stacji Uzdatniania Wody (m. in. objętość wody niezbędną do płukania filtrów oraz zalecany wiek wody tj. ok. 24 h) przyjęto konieczność zapewnienia pojemności retencyjnej na SUW Czersk równej około: **V_R = ok. 1 000 m³**.

Wytyczne dla projektu układu retencji dla SUW Czersk:

- liczba zbiorników: min. 2 niezależne zbiorniki, z możliwością wyłączenia 1 z nich do przeglądu, prac konserwacyjnych i czyszczących,
- materiał zbiorników: stalowe lub żelbetowe,
- typ: zbiorniki naziemne, pionowe (zapewnienie zasyfonowania układu filtracji oraz odpowiedniej wysokości napływu wody na zestaw pomp sieciowych i płuczających, a także minimalizację strefy martwej w zbiorniku),
- wyposażone min. w:
 - kominki wentylacyjne zabezpieczone (np. filtrem, siatką) przed przedostaniem się zanieczyszczeń (owadów, pyłów itd.), wpływami atmosferycznymi, w wykonaniu antywłamaniowym,
 - właz rewizyjny umożliwiający wejście do wnętrza zbiornika,
 - drabinę wewnętrzną,
 - drabina i pomost obsługowy zewnętrzny
 - sonda hydrostatyczna do pomiaru poziomu wody,
 - pływakowy sygnalizator poziomu,
 - wodowskaz,
- średnice orurowania:
 - średnica dopływu do ZR: min. DN 200,
 - średnica odpływu z ZR: min. DN 250,
 - średnica przelewu z ZR: min. DN 250,
 - średnica spustu z ZR: min. DN 200.

Poniżej zaproponowano 2 przykładowe warianty rozwiązania układu retencji – z zastosowaniem zbiorników gotowych, stalowych oraz żelbetowych,

Wariant I – 3 x 400m³

W wariantcie I przyjęto budowę 3 gotowych, stalowych zbiorników retencyjnych o parametrach:

- | | |
|-------------------------------------|--|
| – producent: | Kotłorembud, |
| – typ dla producenta | ZRPDO 4 |
| – liczba zbiorników: | 3 szt., |
| – typ: | pionowy, jednokomorowy, w kształcie walca z płaskim dnem i stożkowym dachem, |
| – wykonanie: | stal węglowa lub stal nierdzewna, |
| – średnica nominalna: | 8,50 m, |
| – średnica zewnętrzna (z izolacją): | 8,74 m, |
| – pojemność całkowita: | ok. 400 m ³ , |
| – wysokość całkowita: | ok. 8,50 m, |
| – wysokość płaszcza: | 7,50 m, |
| – wysokość przelewu: | 7,00 m, |
| – wysokość dopływu: | 7,20 m, |
| – orientacyjna masa zbiornika: | 21 900 kg, |

Całkowita pojemność retencyjna układu wyniesie ok. 1200 m³, czynna (przyjmując wysokość strefy martwej ok. 1,5 – 2,0 m) ok. 850 – 950 m³.

Przybliżony koszt 1 zbiornika (wraz z dostawą, montażem oraz fundamentem) to ok.

- | | |
|--|-----------------------------------|
| – w wersji ze stali węglowej | <i>Kzr = ok. 430.000 zł netto</i> |
| – w wersji ze stali nierdzewnej (AISI 304) | <i>Kzr = ok. 655.000 zł netto</i> |

Sumarycznie zatem przybliżony koszt budowy układu retencji wg Wariantu I wyniesie:

$$Kzr = 1.290.000 - 1.965.000 \text{ zł netto}$$

Wariant II – 2 x 650m³

W wariantcie II przyjęto budowę 2 żelbetowych zbiorników retencyjnych o parametrach:

- | | |
|--------------------------------------|---|
| – liczba zbiorników: | 2 szt., |
| – typ: | pionowy, jednokomorowy, w kształcie walca, żelbetowy, |
| – średnica wewnętrzna: | 12,0 m, |
| – wysokość ścian zbiornika: | 6,5 m, |
| – pojemność całkowita (do przelewu): | ok. 650 m ³ , |
| – wysokość przelewu | 5,75 m |

Całkowita pojemność retencyjna układu wyniesie ok. 1200 m³, czynna (przyjmując wysokość strefy martwej ok. 1,5 – 2,0 m) ok. 850 – 960 m³.

Przybliżony koszt 1 zbiornika to ok:

$$Kz = 750.000 \div 850.000 \text{ zł netto}$$

Sumarycznie zatem przybliżony koszt budowy układu retencji wg Wariantu II wyniesie:

$$Kz = 1.500.000 \div 1.700.000 \text{ zł netto}$$

Przybliżone koszty obu rozwiązań są zbliżone, przy czym dla obu wariantów należy także uwzględnić rurociągi, armaturę, opomiarowanie. Na korzyść zbiorników stalowych przemawia większa elastyczność w etapowaniu prac, jak również to, że dostawca samodzielnie montuje zbiornik. Na korzyść zbiorników żelbetowych zaliczyć należy wyższą trwałość rozwiązania, niższe koszty armatury, orurowania, opomiarowania. Sugerowanym wariantem jest budowa zbiorników żelbetowych.

4.7. Tłoczenie do sieci wodociągowej

Woda ze zbiorników retencyjnych tłoczona będzie do sieci wodociągowej przez oddzielny zestaw pomp II stopnia (zestaw sieciowy).

Obecnie zapotrzebowanie na wodę w sieci wodociągowej pokrywane jest bezpośrednio przez pompy głębinowe i ich sumaryczną maksymalną wydajność równą ok. 170 – 180 m³/h.

Zgodnie z wytycznymi Inwestora przyjęto wymaganą wysokość podnoszenia min. **5,0** bar i maksymalną całkowitą wydajność zestawu pompowego równą ok. **300,0** m³/h.

Parametry dobrane zestawu pomp sieciowych:

- | | |
|------------------------------------|---|
| – producent: | Grundfos lub równoważny, |
| – typ dla producenta: | Hydro MPC-EC 6 CR 64-3-2, |
| – typ pomp: | pionowa, wielostopniowa, wirowa, in-line, |
| – ilość pomp w zestawie: | 6 szt. (dla Qmax wszystkie pracujące), |
| – nominalna moc pompy: | 11,0 kW, |
| – klasa: | min. IE 3, |
| – wydajność maksymalna zestawu | Qmax = 300,0 m ³ /h, |
| – wysokość podnoszenia (dla Qmax): | min. 55,0 mH ₂ O, |
| – wydajność 1 pompy: | min. 50,0 m ³ /h, |
| – maks. wysokość podnoszenia: | 67,5 mH ₂ O, |
| – przyłącza pompy: | DN 100, |
| – rurociąg ssawny zestawu: | DN 300, |
| – rurociąg tłoczny zestawu: | DN 250, |
| – częstotliwość: | 50 Hz, |

- każda pompa wyposażona w indywidualny falownik, falowniki w oddzielnej szafie,
- minimalny standard wykonania materiałowego:
 - wirnik ze stali nierdzewnej
 - korpus pompy z żeliwa szarego
 - wał ze stali nierdzewnej
 - pierścień o-ring z EPDM
- wyposażenie zestawu:
 - komplet czujników ciśnienia (czujnik ciśnienia 4-20mA na kolektorze tłocznym, czujnik obecności wody FTL na ssaniu)
 - armatura odcinająca i zwrotna na tłoczeniu każdej pompy łagodząca ewentualne uderzenia hydrauliczne
 - armatura odcinająca na ssaniu każdej pompy,
 - kompensatory drgań po stronie ssawnej i tłocznej,
 - przeponowe naczynie wodno-powietrzne na kolektorze tłocznym (nie podlegające UDT) - o pojemności 25 L PN10,
 - manometr na kolektorze ssawnym i tłocznym,
 - kolektory wykonane ze stali nierdzewnej (316) – tłoczny DN250 PN10, ssący DN300 PN10,
 - konstrukcja nośna ze stali nierdzewnej (min. AISI 304)

Wszystkie rurociągi zestawu pompowego wykonane zostaną ze stali nierdzewnej w gatunku AISI 316/316L, spawane maszynowo w zakładzie produkcyjnym.

Pompy należy posadowić na stelażu ze stali nierdzewnej w gatunku min. AISI 304/304L z podkładami antywibracyjnymi. Ostateczne parametry stelaża należy określić na etapie realizacji inwestycji po wyborze producenta pomp i uwzględnieniu warunków montażowych zestawu.

Zestaw sieciowy oraz zestaw pomp płuczących połączony będzie wspólnym rurociągiem ssawnym doprowadzającym wodę ze zbiorników. Przyjęto, że płukanie filtrów odbywać się będzie poza godzinami maksymalnych rozbiorów w sieci wodociągowej i jako podstawę do określenia średnicy rurociągu ssawnego przyjęto przepływ wody na poziomie 300,0 m³/h. Średnica rurociągu ssawnego (odpływu ze zbiorników retencyjnych) wyniesie zatem:

$$D = [(4 * 300)/(\pi * 3600 * 0,8)]^{0,5} = 364,2 \text{ mm} - \text{dobrano DN 300 (323,9x3,0mm)}$$

Średnicę rurociągu tłocznego przyjęto dla maksymalnego przepływu wody równego 300,0 m³/h:

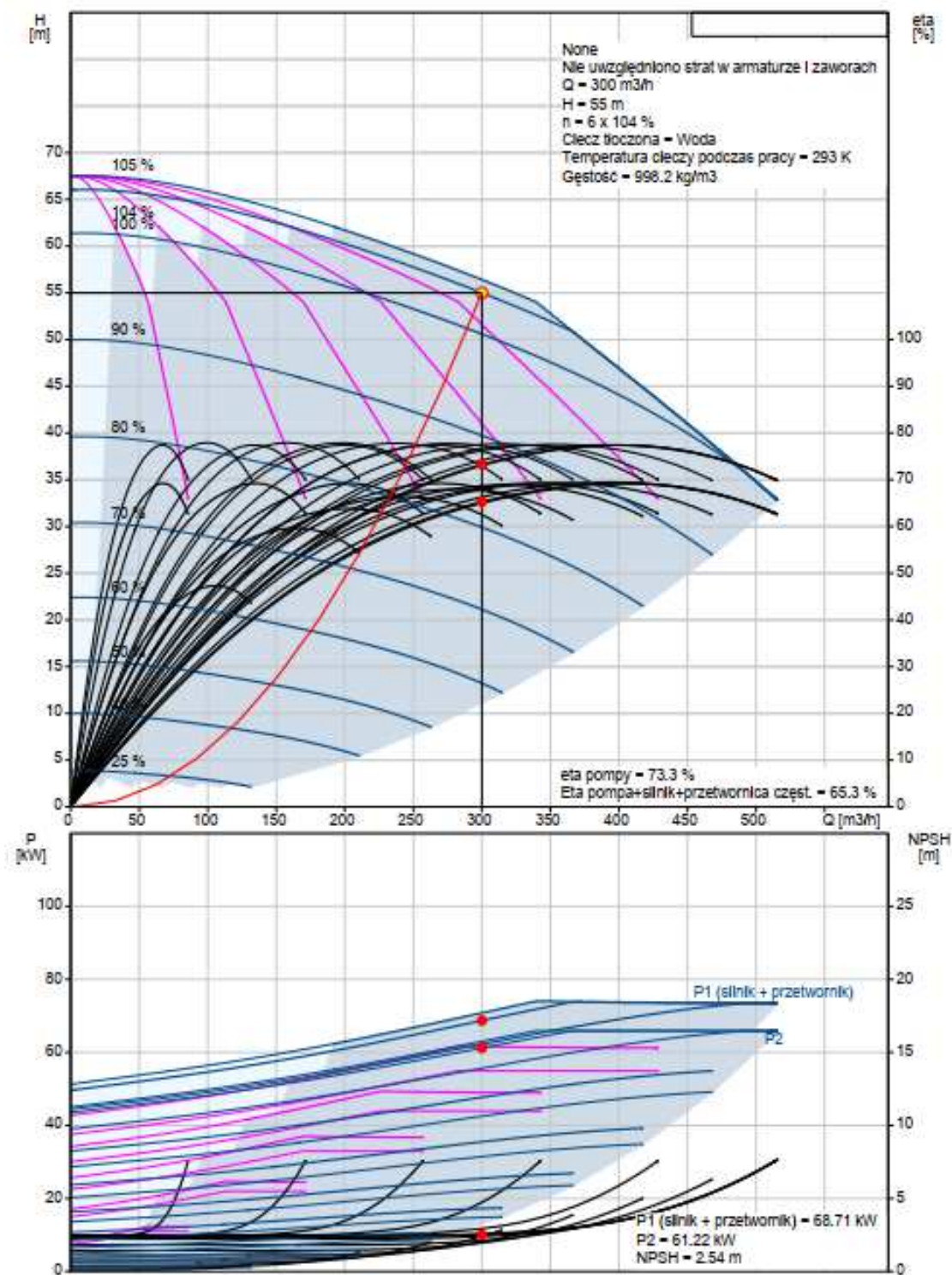
$$D = [(4 * 300)/(\pi * 3600 * 1,2)]^{0,5} = 297,4 \text{ mm} - \text{dobrano DN 250 (273,0x3,0mm)}.$$

Na rurociągu tłocznym, przy wyjściu z budynku SUW należy zamontować przepływomierz elektromagnetyczny z przesyłem danych do Dyspozytorni oraz kurek probierczy do poboru prób – punkt poboru wody uzdatnionej.

Wytyczne dla automatyki i sterowania (wszystkie parametry należy zwizualizować w Centralnej Dyspozytorni):

- pomiar przepływu wody na sieć wodociągową – przepływomierz elektromagnetyczny DN 200 z przesyłem danych drogą kablową i wizualizacją danych,
- ciśnienie tłoczenia wody do sieci wodociągowej (czujnik ciśnienia z manometrem) z przesyłem danych drogą kablową i wizualizacją danych,
- ciśnienie wody na rurociągu ssawnym zestawu,
- stan pracy poszczególnych pomp sieciowych,
- częstotliwość pracy / prędkość obrotową,
- czas pracy poszczególnych pomp,
- pobierany prąd.

Wykres 7. Charakterystyka przyjętej pompowni sieciowej dla SUW Czersk



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).

5. ODZYSK WÓD POPŁUCZNYCH

W klasycznych układach uzdatniania wód podziemnych, popłuczyny po płukaniu filtrów ciśnieniowych stanowią główne źródło strat wody w procesie jej oczyszczania. Udział popłuczyn w całkowitej ilości wydobytej wody zależy w głównej mierze od jakości ujmowanego surowca, co przekłada się na wymaganą częstotliwość płukania złóż filtracyjnych. Gospodarka wód zużytych na małych i średnich SUW opiera się najczęściej o okresowe (zazwyczaj 24-godzinne) przetrzymanie popłuczyn w odстойniku, a następnie ich kontrolowany zrzut do odbiornika – rowu melioracyjnego, kanalizacji deszczowej itp.

Rosnący postęp techniczny w dziedzinie technologii uzdatniania wody, systematyczny wzrost opłat za korzystanie ze środowiska (w tym pobór wody z ujęcia i zrzut wód do odbiornika), a także pojawiające się okresowe niedobory wody w ujęciach, wpływają coraz częściej na poszukiwanie dodatkowych rozwiązań. Jednym z nich jest odzysk wód popłucznych – ich oczyszczanie i zawracanie na początek układu uzdatniania wody (mieszanie z wodą surową).

Spośród metod oczyszczania wód popłucznych najczęściej stosowane są dwa rozwiązania oparte o:

- osadniki wielostrumieniowe (separator lamella),
- techniki membranowe (ultrafiltracja),

które scharakteryzowano poniżej wraz z podaniem ich potencjalnych wad i zalet.

5.1. Osadniki wielostrumieniowe

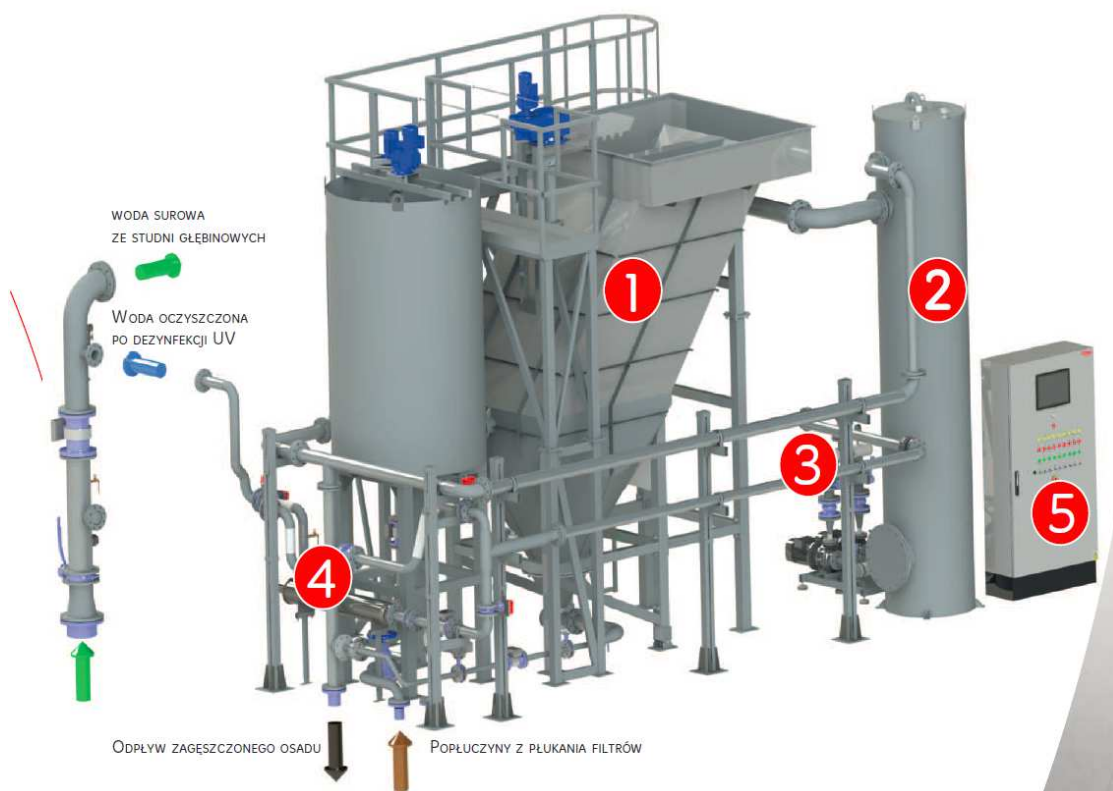
Technologia oczyszczania wód popłucznych w oparciu o osadniki wielostrumieniowe polega na wysokoefektywnej sedymentacji zawieszin z popłuczyn na separatorach lamella. W klasycznym rozwiązaniu popłuczyny gromadzone są w zbiorniku buforowym, skąd dalej (po uprzednim zadozowaniu koagulantu) kierowane są kolejno do komór szybkiego, wolnego mieszania oraz na osadnik wielostrumieniowy. Skoagulowane zawiesziny osadzają się na powierzchni pakietów lamelowych, a następnie pod wpływem własnego ciężaru zsuwają się na dno urządzenia, skąd zostają systematycznie usuwane. Sklarowana woda przepływa grawitacyjnie w górę urządzenia i okresowym przetrzymaniu i dezynfekcji, zawracana jest na początek układu uzdatniania i mieszana z wodą surową.

Instalacja składa się najczęściej z następujących elementów:

- zbiornik buforowy na wody popłuczne,
- zestaw pomp przetłaczających popłuczyny na separator lamella,
- układ dozowania koagulantu (zbiorniki, pompy dozujące) wprowadzające koagulant do popłuczyn,
- zbiornik szybkiego mieszania z mieszadłem szybkoobrotowym, w którym następuje wymieszanie strumienia popłuczyn z koagulantem,
- zbiornik wolnego mieszania z mieszadłem wolnoobrotowym, w którym skoagulowane zawiesziny tworzą większe aglomeraty (kłaczkę),
- separator lamella, w którym następuje sedymentacja zawieszin i klarowanie oczyszczanej wody,
- komory zbiorczej wody oczyszczonej,
- zestaw pomp przetłaczających wodę oczyszczoną do punktu mieszania,
- układu dezynfekcji (podchloryn sodu, system UV),
- układu kontrolno – pomiarowy i sterujący.

Przykładowe rozwiązania Zespołów Odzysku Wód Popłucznych (wg rozwiązań firm Instalcompact Sp. z o.o. oraz DYNAMIK FILTR Nocoń i Wspólnicy s. j.) przedstawiono poniżej.

Rysunek 1: Przykładowa instalacja ZOWP według rozwiązań firmy Instalcompact Sp. z o.o.



Źródło 1: Instalcompact Sp. z o.o.

Rysunek 2: Przykładowa instalacja ZOWP według rozwiązań Dynamikfiltr



Źródło 2: www.dynamikfiltr.pl

5.2. Techniki membranowe - ultrafiltracja

Wariant II przewiduje wykorzystanie procesu ultrafiltracji do fizycznej separacji zanieczyszczeń ze sklarowanych wód popłucznych.

Proces rozdziału opiera się na wykorzystaniu selektywnego działania membrany i różnicy ciśnień hydrostatycznych panujących po obu stronach membrany.

Schemat 2. Zastosowanie technik membranowych do usunięcia przykładowych substancji

Rozmiar	0,001 µm	0,01 µm	0,1 µm	1 µm	10 µm	100 µm	1000 µm
Przykładowe substancje	Sole	Albuminy			Drożdże		Piasek
		Pirogeny		Barwniki			
	Cukier	Wirusy		Bakterie			
	Pestycydy	Krzemionka			Krwinki	Włos	
	Herbicydy		Azbest		Pył węglowy		
Techniki membranowe	Odwrócona osmoza	Ultrafiltracja			Filtracja klasyczna		
		Nanofiltracja		Mikrofiltracja			

Źródło: www.polymemtech.pl

W technologii ultrafiltracji zatrzymywane są substancje niejonowe, cząstki koloidalne, bakterie, wirusy, makromolekuły i inne cząstki o rozmiarach większych niż średnica porów zastosowanej membrany ultrafiltracyjnej. Ultrafiltracja jest procesem fizycznej separacji zawiesin o cząstkach powyżej 0,01 µm. Ciśnienia pracy membran ultrafiltracji ciśnieniowej oscylują wokół 2 – 4 barów. Wskutek zatrzymania zawiesin następuje wzrost ciśnienia transmembranowego, co wymusza konieczność płukania membran (zazwyczaj, co ok. 20-60 min). Ponadto okresowo (co ok. 2 – 3 miesiące) realizowane jest chemiczne czyszczenie membran, którego celem jest usunięcie substancji wytrąconych na powierzchni membrany lub w jej porach oraz usunięcie ewentualnego biofilmu wyfiltrowanych przez membrany bakterii.

W zależności od jakości oczyszczanej wody, w systemach ultrafiltracyjnych wykorzystuje się głównie trzy rodzaje membran:

- spiralne
- cylindryczne
- ceramiczne.

Kapilary membran zamknięte są w jednym module, różniącym się kształtem oraz wyglądem w zależności od producenta.

Poniżej przedstawiono przykładowy moduł ultrafiltracyjny wg rozwiązań firmy DOW.

Zdjęcie 11. Membrany ultrafiltracyjne firmy DOW – pojedynczy moduł ultrafiltracyjny i blok modułów UF



Źródło: materiały reklamowe firmy DOW

W zależności od wymaganej wydajności układu, moduły UF blokowane są w większe pakiety UF wyposażone w niezbędne orurowanie i króćce przyłączeniowe, co pozwala na łatwą rozbudowę systemów, a także oszczędność miejsca.

Zdjęcie 12. Zdjęcie systemu UF o wysokiej wydajności – firma DOW



Źródło: materiały reklamowe firmy DOW

Membrany są okresowo płukane i czyszczone w następujący sposób:

- spłukiwanie membran (FF - Forward Flush) z wykorzystaniem strumienia wody dopływającej (nadawy),
- wstępne przedmuchiwanie powietrzem,
- płukanie wsteczne wodą (Backwash) z wykorzystaniem wody po UF,
- płukanie wsteczne aktywowane chemicznie (CEB - Chemically Enhanced Backwash) z wykorzystaniem wody po UF oraz:
 - z dozowaniem kwasu solnego (32% HCl),
 - z dozowaniem podchlorynu sodu (12% NaOCl),
- czyszczenie chemiczne (Clean in Place) z wykorzystaniem wody po UF oraz:
 - kwasu solnego (32% HCl),
 - kwasu cytrynowego (100% C₆H₈O₇),
 - wodorotlenku sodu (50% NaOH),
 - podchlorynu sodu (12% NaOCl).

W zakresie wariantu II, zakres niezbędnych urządzeń i elementów instalacji obejmować będzie:

- pozostawienie istniejącego odstoju popłuczyn, jako zbiornika buforowego (czas sedymentacji zawiesin – 24 h),
- montaż pompowni wody nadosadowej wraz z dekanterem (odbiór sklarowanych wód z powierzchni) i przetłaczanie sklarowanych popłuczyn na układ UF,
- montaż kompletnej instalacji ultrafiltracji wewnątrz istniejącego budynku SUW,
- montaż instalacji towarzyszących – układu płukania (dmuchawy, pompy płuczące), dozowania reagentów (zbiorniki, pompy), instalacji neutralizujących,
- budowę zbiorników na odcieki po chemicznym czyszczeniu,
- budowę dodatkowego zbiornika / komory na wodę po UF wraz z zestawem pomp.

5.3. Podsumowanie

Poniżej zestawiono potencjalne wady i zalety obu rozwiązań w kontekście ich zastosowania na SUW Czersk.

Tabela 11. Porównanie obu wariantów odzysku wód popłucznych na SUW Czersk

Lp	Parametr	Separatory lamella (SL)	Ultrafiltracja ciśnieniowa (UF)	Przewaga
1	Przestrzeń montażowa	Całość instalacji powinna zmieścić się w istniejącym budynku SUW	Większość instalacji w budynku SUW. Mniejsza przestrzeń pod UF. Prawdopodobna konieczność budowy zewnętrznych zbiorników na odcieki po chemicznym czyszczeniu	SL
2	Dobór procesu, warunki prowadzenia procesu	Proces wymagający doboru optymalnych dawek koagulantu oraz utrzymywania odpowiedniego obciążenia separatora lamelowego. Pełna automatyzacja pracy w zakresie dozowania koagulantu, sterowania obrotami mieszadeł, pracy pomp przetłaczających wodę, okresowego spustu osadów itp.	Proces wymagający doboru odpowiednich membran i długości poszczególnych faz (filtracji, płukania itd.). Całkowicie zautomatyzowany proces w zakresie poszczególnych etapów pracy – filtracji, płukania, czyszczenia chemicznego.	UF

3	Uwarunkowania hydrauliczne	Min. 2 stopnie pompowania wody (z odстойnika na ZOWP, z komory wody oczyszczonej do wody surowej). Niższe ciśnienia prowadzenia procesu niż w przypadku UF.	2 stopnie pompowania wody (pompownia nadawy do zbiornika filtratu, ze zbiornika filtratu do wody surowej). Ciśnienia pracy pompowni nadawy ok. 3-4 bar.	SL
4	Zastosowanie środków chemicznych	W sposób ciągle dozowany koagulant, ewentualnie dodatkowo polielektrolit oraz podchloryn sodu do dezynfekcji.	Kwas solny, podchloryn sodu, Wodorotlenek sodu, Kwas cytrynowy. Środki chemiczne stosowana jedynie przy płukaniu aktywowanym chemicznie (CEB) oraz chemicznym czyszczeniu (CIP) membran.	SL
5	Czyszczenie instalacji	Okresowy automatyczny spust osadu z separatora, okresowe czyszczenie instalacji	Kilkuetapowe płukanie instalacji w trybie automatycznym zgodnie z przyjętym harmonogramem.	UF
6	Efektywność procesu	Stopień oczyszczenia zależy od poprawności prowadzenia poszczególnych procesów jednostkowych tj. dobranej dawki i rodzaju koagulanta, szybkiego i wolnego mieszania, procesu sedymentacji, rozwiązań hydraulicznych itp. W wodzie uzdatnionej może występować przekroczony poziom glinu (z uwagi na dozowanie koagulantu), który jest obniżany poprzez mieszanie z wodą surową.	Wysokoefektywny, stabilny proces dający wodę całkowicie czystą pozbawioną zawieszin, bakterii, wirusów i innych drobnoustrojów. Teoretycznie woda ta mogłaby być mieszana bezpośrednio z wodą uzdatnioną przed zbiornikiem retencyjnym.	UF

Zgodnie z doświadczeniem autora opracowania, stosowane rozwiązania układu odzysku wód popłucznych w większości opierają się o osadniki wielostrumieniowe. Na korzyść przemawiają potencjalnie niższe koszty inwestycyjne i eksploatacyjne, brak konieczności stosowania środków chemicznych w tak dużym zakresie, niższe ciśnienia pracy. Niemniej jednak faktyczny dobór rozwiązania dla SUW Czersk powinien zostać szczegółowo opracowany na etapie koncepcyjnym i projektowym.