

Projekt postrojenja za obradu vode vanjskog olimpijskog bazena

Škrivanek, Matija

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:587981>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-09**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Matija Škrivanek

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

**PROJEKT POSTROJENJA ZA
OBRADU VODE VANJSKOG
OLIMPIJSKOG BAZENA**

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Hrvoje Juretić

Student:

Matija Škrivanek

Zagreb, 2023.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija, prakse i navedenu literaturu.

Zahvaljujem mentoru izv. prof. dr. sc. Hrvoju Juretiću na pruženoj pomoći i vremenu tijekom izrade diplomskog rada.

Matija Škrivanek



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:

Procesno-energetski, konstrukcijski, inženjersko modeliranje i računalne simulacije i brodstrojarski

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 - 04 / 23 - 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 23 -	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Matija Škrivanek** JMBAG: 0035205433

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Projekt postrojenja za obradu vode vanjskog olimpijskog bazena**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Design of outdoor Olympic swimming pool water treatment plant**

Opis zadatka:

Potrebno je predložiti idejno rješenje i dimenzionirati postrojenje za obradu vode vanjskog olimpijskog bazena. Bazen je površine 1250 m² (50 m × 25 m) i dubine 2,2 m te je izveden s preljevnim kanalom za prihvatanje vode iz bazena.

Na raspolaganju je voda iz sustava javne vodoopskrbe.

Rad treba sadržavati:

1. Izbor tehnološkog postupka pripreme vode;
2. Osnovni proračun postrojenja;
3. Tehnološku shemu postrojenja s posudama, armaturom i opremom za automatski rad;
4. Prikaz cijevnog razvoda, korisnih presjeka i detalja ugradnje;
5. Prikaz utroška energije i kemikalija;
6. Prikaz smještaja postrojenja.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

2. ožujka 2023.

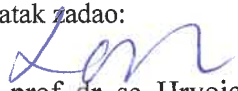
Datum predaje rada:

4. svibnja 2023.

Predviđeni datumi obrane:

8. – 12. svibnja 2023.

Zadatak zadao:


Izv. prof. dr. sc. Hrvoje Juretić

Predsjednik Povjerenstva:


Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

SAŽETAK

Za napajanje olimpijskog bazena vodom, najčešće se koristi vodovodna mreža te se nakon uvođenja u kompenzacijski bazen voda obrađuje i dovodi u bazen podnim mlaznicama. Međutim, otvorenost bazena prema okolini i kupacima značajno utječe na kvalitetu vode koja se s vremenom pogoršava. Kvaliteta vode u bazenu mora pri najvećem opterećenju udovoljavati postavljenim zahtjevima, stoga se mora kontinuirano pročišćavati i održavati higijenski prikladnom za piće, budući da se prilikom kupanja može nehotice unijeti u organizam. Olimpijski bazen je bazen za plivanje i natjecanje te kao takav mora zadovoljavati zahtjeve FINA-e (Fédération Internationale de Natation) [4], međunarodnog upravnog tijela za vodene sportove kao što su plivanje, ronjenje, vaterpolo, sinkronizirano plivanje i plivanje u otvorenim vodama. Zahtjev FINA-e je da temperatura vode mora biti između 25 i 28 °C, za vrijeme natjecanja stabilna i bez značajnijih strujanja. Kako bi se osigurala željena temperatura vode te omogućio rad bazena na otvorenome, potrebno je predvidjeti i proračunati grijanje vode, koje će se osigurati kroz uporabu pločastog izmjenjivača topline. Prema normama DIN 19643-1 [1] i DIN 19643-2 [2] te Pravilniku o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta [3], voda u bazenu mora biti obrađena na odgovarajući način kako bi se zadovoljili zahtjevi za kvalitetom. U ovom diplomskom radu opisano je i proračunato postrojenje za obradu vode vanjskog olimpijskog bazena koje se sastoji od filtracije sa staklenom ispunom, UV dezinfekcije, grijanja vode pločastim izmjenjivačem te primjene određenih kemijskih sredstava za obradu vode.

Ključne riječi: olimpijski bazen, kompenzacijski bazen, zahtjevi na kvalitetu vode, kontinuirano pročišćavanje, FINA, grijanje, DIN norma, postrojenje za pripremu vode, filtracija, UV dezinfekcija, primjena kemijskih sredstava.

SUMMARY

To supply an Olympic-sized swimming pool with water, the most common source is the municipal water supply, which is then treated and introduced into the compensating tank before being distributed through floor nozzles into the pool. However, the openness of the pool to the surrounding environment and swimmers significantly affects the quality of the water, which deteriorates over time. The water quality in the pool must meet the set requirements, particularly during periods of high usage, so it must be continuously purified and kept hygienically safe for drinking, as it can inadvertently enter the body during swimming. As an Olympic-sized pool is designed for swimming and competition, it must meet the requirements of FINA (Fédération Internationale de Natation) [4], the international governing body for aquatic sports such as swimming, diving, water polo, synchronized swimming, and open water swimming. FINA requires that the water temperature be between 25 and 28 °C, stable during competition, and without significant currents. To ensure the desired water temperature and enable operation of an outdoor pool, it is necessary to predict and calculate water heating, which will be provided using a plate heat exchanger. According to DIN standards 19643-1 [1] and 19643-2 [2] and the Regulation on Sanitary-Technical and Hygienic Conditions for Swimming Pools [3], the pool water must be treated in an appropriate way to meet quality requirements. This thesis describes and calculates a water treatment system for an outdoor Olympic-sized pool, consisting of filtration with glass media, UV disinfection, water heating with a plate heat exchanger, and the use of specific chemical agents for water treatment.

Keywords: Olympic-sized pool, compensating tank, water quality requirements, continuous purification, FINA, heating, DIN standard, water treatment plant, filtration, UV disinfection, chemical treatment.

Sadržaj

1	UVOD	1
2	TEHNIČKI OPIS I ZAHTJEVI ZA PROJEKTIRANJE	7
2.1	Zahtjevi na kvalitetu bazenske vode te vode za nadopunu ili prvo punjenje	7
2.2	Održavanje bazena.....	8
2.2.1	Redovno održavanje bazena i bazenske tehnike	9
2.2.2	Interventno održavanje	9
2.3	Vijek uporabe bazenske tehnike	10
2.4	Kvaliteta i osiguranje kvalitete	10
2.4.1	Cjevovodi	11
2.4.2	Kontrola kvalitete	11
2.4.3	Polipropilenske (PP) cijevi.....	12
2.4.4	PVC cjevovod	13
2.4.5	Tlačna proba, ispiranje i dezinfekcija	14
2.5	Zaštita na radu	16
2.5.1	Tehnička rješenja za primjenu pravila zaštite na radu	16
2.5.2	Mjere zaštite na radu pri izradi projekta.....	17
2.5.3	Mjere zaštite na radu pri dopremi i u korištenju kemijskih tvari za potrebe tretmana bazenske vode	17
2.5.4	Smjernice kojih se izvođač i korisnik postrojenja radova mora pridržavati	18
2.6	Zaštita od požara.....	18
2.7	Projektni i konstrukcijski zahtjevi za bazene, prostorije tehničke opreme i kompenzacijski bazen	18
2.7.1	Kontaktne površine	19
2.7.2	Prostorije za smještaj tehničke opreme	19
2.7.3	Prostorija za punjenje kemikalija	21
2.8	Zahtjevi za bazen	21

2.8.1	Dodatna cirkulacija vode ili sustavi za ubrizgavanje zraka za sve vrste bazena	21
2.9	Nazivno opterećenje, faktor nosivosti, minimalni preljev i protok	22
2.10	Zahtjevi hidrauličkog sustava	22
2.10.1	Protok bazena	22
2.10.2	Preljevni kanal i rešetka	22
2.10.3	Kompenzacijski bazen	23
2.11	Zahtjevi na postrojenje za obradu vode	23
3	IZBOR TEHNOLOŠKOG POSTUPKA PRIPREME VODE	24
3.1	Filtracija	25
3.2	UV zračenje	31
3.3	Pločasti izmjenjivač topline	36
3.4	Doziranje kemijskih sredstava	38
3.4.1	Dezinfekcija natrijevim hipokloritom	41
3.4.2	pH vrijednost bazenske vode	42
3.4.3	Sredstvo za neutralizaciju klora	43
3.4.4	Sredstvo za poboljšanje filtracije	43
4	PRORAČUN POSTROJENJA ZA OBRADU BAZENSKE VODE	44
4.1	Osnovni podaci	44
4.2	Dimenzioniranje filtra	44
4.3	Hidraulički proračun crpke filtracije	46
4.3.1	Pad tlaka kroz filter	47
4.3.2	Pad tlaka kroz predfilter	48
4.3.3	Pad tlaka kroz mlaznicu za povrat obrađene vode	48
4.3.4	Linijski pad tlaka u cjevovodu	48
4.3.5	Pad tlaka zbog promjene profila	53
4.3.6	Pad tlaka zbog skretanja cjevovoda	54
4.3.7	Pad tlaka zbog gubitka u ventilima	55

4.3.8	Pad tlaka zbog razlike geodetske visine	55
4.3.9	Pad tlaka kroz uređaj za UV dezinfekciju	55
4.3.10	Pad tlaka kroz pločasti izmjenjivač topline	55
4.4	Proračun kompenzacijskog bazena	57
4.4.1	Voda iz preljeva - utjecaj valova	58
4.4.2	Voda istisnuta od strane kupaća	58
4.4.3	Voda za pranje filtra	58
4.5	Proračun potrebe za grijanjem bazena	59
4.5.1	Snaga potrebna za početno zagrijavanje vode	59
4.5.2	Snaga potrebna za nadomještanje topline izgubljene ishlapljivanjem	59
4.5.3	Snaga potrebna za nadomještanje topline izgubljene pranjem filtra	60
4.5.4	Toplinski tok kroz zidove i dno bazena	61
4.5.5	Konvektivni gubitci topline zbog strujanja vjetra preko površine bazena	62
4.6	Proračun broja mlaznica	64
4.7	Proračun preljevnog kanala	65
4.8	Proračun reflektora	66
4.9	Proračun ventilatora	67
4.9.1	Proračun ventilatora strojarnice	68
4.9.2	Proračun ventilatora sobe kemijske pripreme	68
4.10	Dimenzioniranje priključka bazenske tehnike	69
5	UTROŠAK ENERGIJE I KEMIJSKIH SREDSTAVA	69
5.1	Utrošak kemijskih sredstava	70
5.1.1	Natrij-hipoklorit	70
5.1.2	Sulfatna kiselina	70
5.1.3	Aluminijev poliklorid	70
5.1.4	Natrijev bisulfit	71
5.2	Ukupan utrošak kemijskih sredstava	71

5.3	Ukupna snaga trošila u sustavu za obradu bazenske vode	72
6	Zaključak.....	72
7	LITERATURA.....	74
8	TEHNOLOŠKA SHEMA I PRIKAZ SMJEŠTAJA POSTROJENJA.....	75

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
H_{str}	m	visina strojarnice
f	-	faktor vrijednosti
D_{fil}	m	promjer kućišta filtra
v	m/s	brzina
k_{hr}	1/s	koeficijent hrapavosti
R	m	hidraulički polumjer
U	m	opseg
I_{vp}	-	gradijent vodene površine
A_{fil}	m ²	površina filtra
v_{fil}	m/h	brzina filtracije
Q_{fil}	m ³ /h	kapacitet filtra
B_{fil}	DN	konekcije na filter
H_{fil}	m	visina filtra
Δp	Pa	pad tlaka
E	J	energija jednog fotona
h	Js	Planckova konstanta
ν	Hz	frekvencija
c	m/s	ubrzanje energije zračenja u vakuumu
λ_{vd}	nm	valna duljina
I	kW/m ²	intenzitet zračenja
P_{lampe}	kW	emitirana snaga
L_{lampe}	m	duljina UV-C lampe
r	m	radijalna udaljenost od lampe

A_{baz}	m^2	površina bazena
H_{baz}	m	dubina bazena
V_{baz}	m^3	volumen bazena
T_{izm}	h, min	vrijeme izmjene
N_{op}	1/h	nazivno opterećenje
n	1/h	broj kupaca
a	m^2	specifična površina vode koju zauzima pojedini kupac
k_{op}	-	faktor specifičnog opterećenja
Ren	J/kg	gubitak energije
Δp	Pa	pad tlaka
λ	-	koeficijent otpora
L	m	duljina cijevi
d	m	promjer cijevi
ρ	kg/m^3	gustoća vode
w	m/s	brzina strujanja vode
Re	-	Reynoldsov broj
η	Pa s	dinamička viskoznost
k_{PVC}	mm	visina neravnina kod izabrane PVC cijevi
ξ	-	koeficijent lokalnog gubitka
P	kW	snaga motora
U	V	napon
n_{vr}	o/min	brzina vrtnje
l	m	dužina preljevnog kanala
N_k	-	broj kupaca

V_{kom}	m^3	volumen kompenzacijskog bazena
V_P	m^3	volumen vode u preljevu
V_K	m^3	volumen vode istisnute od strane kupača
V_{PF}	m^3	volumen vode koja se odbacuje prilikom pranja filtra
m	kg	masa vode u bazenskom sustavu
t_V	$^{\circ}C$	željena temperatura bazenske vode
t_S	$^{\circ}C$	temperatura vode iz vodovoda
c	kJ/(kgK)	specifični toplinski kapacitet
T_{vr}	h	željeno vrijeme zagrijavanja
$\Phi_{poč}$	kW	snaga potrebna za početno zagrijavanje
Φ_{ish}	kW	snaga potrebna za nadomještanje topline ishlapljivanja
m_v	kg/s	masa ishlapljene vode za bazen u radu
r	kJ/kg	specifična toplina isparavanja vode
β	m/h	koeficijent prijenosa vode za bazen u radu
R_D	J/(kgK)	specifična plinska konstanta vodene pare
T_{ok}	$^{\circ}C$	temperatura okoline
T_{sr}	$^{\circ}C$	aritmetička sredina temperatura
$p_{D,v}$	Pa	tlak zasićenja vodene pare 1
$p_{D,ok}$	Pa	tlak zasićenja vodene pare 2
φ	%	relativna vlažnost
Φ_{pr}	kW	snaga potrebna za nadomještanje topline pranja
m_{pr}	kg	masa vode odvedena zbog pranja filtra
A_d	m^2	površina dna bazena i kompenzacije

A_z	m^2	površina zidova bazena i kompenzacije
k	$W/(m^2 K)$	koeficijent prolaza topline
t_b	$^{\circ}C$	temperature vode u bazenu
t_v	$^{\circ}C$	temperatura sa vanjske strane betona
α_{zr}	$W/(m^2 K)$	koeficijent prijelaza topline zraka
δ_{iz}	m	debljina izolacije
λ_{iz}	$W/(m K)$	toplinska provodnost izolacije
δ_b	m	debljina betona
λ_b	$W/(m K)$	toplinska provodnost izolacije
Φ_z	kW	toplinski tok kroz zidove
Φ_D	kW	toplinski tok kroz dno
Φ_{transm}	kW	ukupni toplinski tok
Φ_k	kW	konvektivni gubitci
α_{zr}	$W/(m^2 K)$	koeficijent prijelaza topline zraka
t_{zr}	$^{\circ}C$	temperatura zraka (okoline)
μ	Pa s	dinamička viskoznost
ρ	kg/m^3	gustoća
ν	m^2/s	kinematička viskoznost
c_p	$J/(kg K)$	specifični toplinski kapacitet
λ_{tp}	$W/(m K)$	toplinska provodnost
$\Phi_{28^{\circ}c}$	kW	snaga potrebna za održavanja temperature od $28^{\circ}C$
Φ_{pl}	kW	maksimalni toplinski kapacitet pločastog izmjenjivača
N_{ml}	-	broj mlaznica
A_{ml}	m^2	površina utjecaja mlaznice

a_{ist}	-	koeficijent istjecanja
g	m/s^2	gravitacijsko ubrzanje
h_k	m	visina vode u kanalu
A_{izl}	m^2	presjek izlazne cijevi
N_{iz}	-	broj izmjena zraka u satu
V_s	m^3	volumen zraka u prostoru strojarnice
V_{kem}	m^3	volumen zraka u prostoru sobe kemijske pripreme
Q_{vl}	m^3/h	potreban protok zraka ventilatora strojarnice
P_{vl}	kW	snaga ventilatora strojarnice
Q_{v2}	m^3/h	potreban protok zraka ventilatora sobe kemijske pripreme
P_{v2}	kW	snaga ventilatora sobe kemijske pripreme
Q_{NaOCl}	litara/dan	dnevna potrošnja natrijevog hipoklorita
Q_{PAC}	litara/dan	dnevna potrošnja aluminijevog poliklorida
P_{el}	kW	vršna potrošnja snage svih trošila

Popis tablica

Tablica 1 Kemijski i fizičko-kemijski zahtjevi za bazensku vodu i vodu za nadopunjavanje...	8
Tablica 2 Potrebne UV doze za inaktivaciju mikroorganizma	34
Tablica 3 Potrošnja kemijskih sredstava i veličina spremnika.....	72
Tablica 4 Ukupna snaga trošila	72

Popis slika

Slika 1 Tlocrt olimpijskog bazena [4]	1
Slika 2 Konstrukcija tlačnog filtra s mlaznicama na njegovom dnu.....	6
Slika 3 Staklena ispuna, filtracijski sloj	26
Slika 4 Prikaz filtarskih slojeva [19]	27
Slika 5 Prefilter [15].....	28
Slika 6 Filtarska grana DIN filtra	29
Slika 7 Puhalo [14].....	30
Slika 8 Spektar elektromagnetskog zračenja [11]	32
Slika 9 Način ugradnje uređaja za UV dezinfekciju [11].....	33
Slika 10 Mjerenje mutnoće [19].....	35
Slika 11 Uređaj za UV dezinfekciju vode [11]	35
Slika 12 Pločasti izmjenjivač topline [17].....	37
Slika 13 Mimovod pločastog izmjenjivača	38
Slika 14 Dozirna crpka [13]	39
Slika 15 Automatski mjerni uređaj.....	40
Slika 16 Ručni mjerni uređaj [18].....	41
Slika 17 Crpka filtracije [12].....	56
Slika 18 Karakteristika pumpe [12]	57
Slika 19 INOX podna mlaznica [10].....	65
Slika 20 LED RGB reflektor [10]	67
Slika 21 Ventilator za izbacivanje zraka [16]	67
Slika 22 Spremnik i zaštitna posuda [13].....	69

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

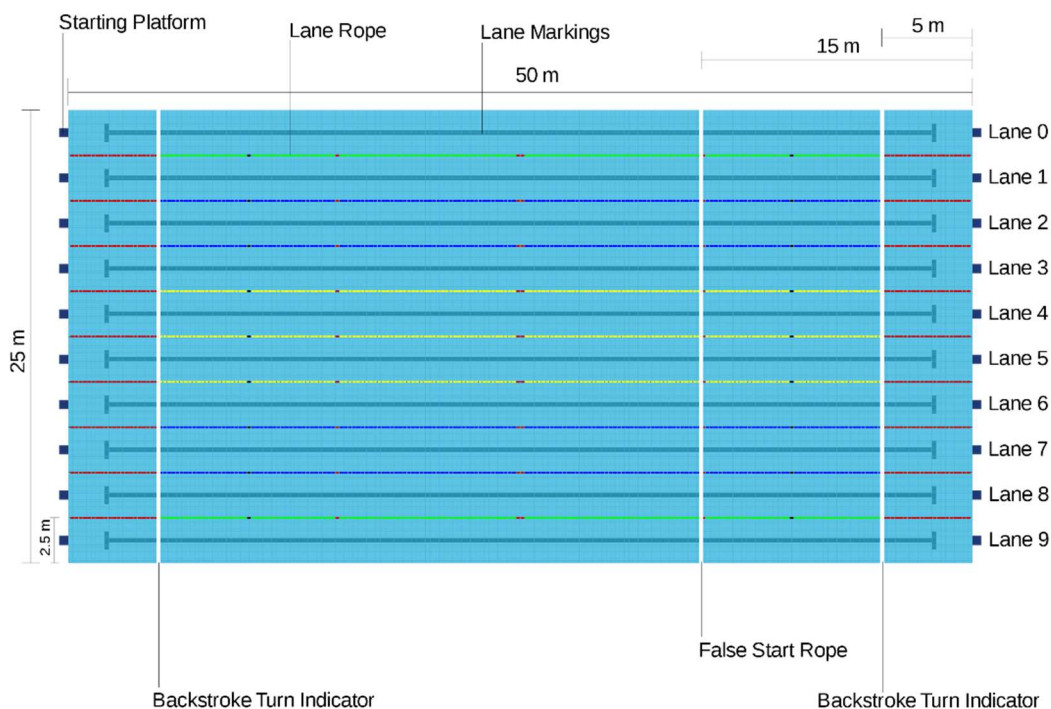
CRTEŽ BROJ 1	Tehnološka shema
CRTEŽ BROJ 2	Izometrijski prikaz opreme i cjevovoda
CRTEŽ BROJ 3	Dispozicija opreme
CRTEŽ BROJ 4	Cijevni razvod
CRTEŽ BROJ 5	Presjek strojarne

1 UVOD

Olimpijski bazen je plivački i natjecateljski bazen, čije su dimenzije (širina, dužina, visina) 25,0 m × 50,0 m × 2,2 m, određene pravilnicima, za razliku od ostalih bazena koji nisu točno definirani sa sve tri veličine, nego samo dubinom. Propisanih dimenzija treba se strogo pridržavati kako bi se bazen mogao kategorizirati kao olimpijski bazen.

Za potrebe ovog rada uzima se, kao u najvećem broju slučajeva, da je voda za kupanje u olimpijskom bazenu iz vodovoda te da mora ispunjavati propisane uvjete vode za ljudsku potrošnju. Na kvalitetu vode, osim stanja u kojemu je dopremljena iz vodovoda, utječu kupaći i okoliš, zbog čega se kvaliteta vode kontinuirano pogoršava. Voda u bazenu mora zadovoljavati postavljene zahtjeve kvalitete čak i za vrijeme najvećeg opterećenja, stoga se mora kontinuirano pročišćavati i održavati higijenski sigurnom za piće zato što se prilikom kupanja može nehotečno popiti.

Na površini bazena se nalazi najveći dio nečistoća, pa se cirkulacija vode koja odlazi iz školjke bazena na pročišćavanje mora projektirati tako da na pročišćavanje odlazi najveći dio vode s površine bazena. Projektirana je obrada vode u kontinuiranom i zatvorenom toku. Radi lakšeg rukovanja i izbjegavanja pogrešaka uzrokovanih ljudskim faktorom, ugrađuje se oprema za automatski rad u sustav filtracije i pranja filtera.



Slika 1 Tlocrt olimpijskog bazena [4]

Postrojenje bazenske tehnike sastoji se od sljedećih dijelova:

- Kompenzacijski bazen
- Cijevni razvod tlaka, usisa, preljeva i odvoda
- Grubi predfiltrar
- Filtarska crpka
- Doziranje flokulanta
- Filtar s automatski reguliranim ventilima
- UV dezinfekcija
- Grijanje vode
- Dezinfekcija vode
- Snižavanje pH vrijednosti vode
- Podne mlaznice za ubacivanje obrađene vode
- Podni ispust na dnu bazena
- Doziranje otopine za neutralizaciju klora u otpadnim vodama
- LED rasvjeta bazena.

Javni bazeni projektiraju se prema normama DIN 19643-1 [1] i DIN 19643-2 [2] i Pravilniku o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta [3] te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020). U Hrvatskoj postoje važeće norme koje reguliraju kvalitetu vode u javnim i privatnim bazenima, ali zbog stranih agencija koje dovode građane drugih država na kupališta i plivališta u Hrvatskoj, te zbog strožih zahtjeva u pogledu kvalitete vode, koriste se DIN norme koje zadovoljavaju sve zahtjeve HRN norme. Radna grupa IV 13 Odbora za izradu normi u vodoprivredi izradila je DIN norme kao preradu norme DIN 19643, s ciljem ispunjavanja novih zahtjeva njemačkog Saveznog zakona o epidemijama (njem. *Bundes-Seuchengesetz*), koji uključuje nove vrijednosti za *Legionellu pneumophiliu* i trihalometane, koje su trebale biti integrirane u DIN 19643.

Mikroorganizmi iz okoline ili doneseni od strane kupača, mogu se inaktivirati oksidacijskim sredstvom koje se koristi za dezinfekciju vode. Dezinfekcija vode temelji se na uništavanju 10^4 klica *Pseudomonas aeruginose* u roku od 30 sekundi, te se dezinfekcijsko sredstvo u vodi smije nalaziti samo u potrebnim koncentracijama.

Protočna struja vode, tj. pravilan raspored podnih mlaznica, te ujednačen protok kroz sve mlaznice, najbliže i najudaljenije, mora osigurati i održavati dostatnu koncentraciju dezinfekcijskog sredstva na svim mjestima u bazenu, naročito na površini. Mikroorganizmi

koji se ne uspiju uništiti dezinfekcijskim sredstvom u bazenu, druga onečišćenja i otpadne tvari, moraju se odvoditi na daljnju obradu gdje se u procesu obrade vode uništavaju. Tvari koje se ne mogu uništiti ili ukloniti moraju se držati u granicama koje zadovoljavaju zahtjeve iz norme, što se postiže izmjenom vode u bazenu.

Norma DIN 19643 ima ključnu ulogu u osiguravanju visoke kvalitete vode u bazenima i kupkama u smislu higijene, sigurnosti i estetike, s ciljem smanjenja rizika za zdravlje na minimum. Osim osiguranja kvalitete vode, norma također uzima u obzir dobrobit i udobnost kupaca, s naglaskom na smanjenje nusprodukata dezinfekcije. Norma definira zahtjeve na kvalitetu vode, pročišćavanje vode, projektiranje, rad i nadzor kupališta. Glavni cilj norme je održavanje ravnoteže između pročišćavanja i kontaminacije, uzimajući u obzir brzine u cjevovodima i padove tlaka u cjevovodima. Obrada vode neophodna je za uklanjanje mikroorganizama, otopljenih ili koloidnih organskih nečistoća unesenih od strane kupaca kao i drugih nečistoća (npr. prašine) unesenih iz okoliša.

U svrhu obrade vode definirane su razne kombinacije procesa [1]:

- Flokulacija – filtracija – kloriranje
- Flokulacija – filtracija u više slojeva s aktivnim ugljenom – kloriranje
- Adsorpcija na aktivnom ugljenu u prahu – flokulacija – filtracija – kloriranje
- Flokulacija – filtracija - adsorpcija na aktivnom ugljenu u granulama – kloriranje
- Flokulacija – filtracija – UV dezinfekcija – kloriranje
- Flokulacija - filtracija u više slojeva s aktivnim ugljenom - UV dezinfekcija – kloriranje

Proces koji se najčešće koristi za obradu vode u olimpijskom bazenu je:

- Flokulacija - filtracija u više slojeva s aktivnim ugljenom - UV dezinfekcija – kloriranje

jer se pokazao kao vrlo učinkovit u postizanju visoke razine čistoće vode.

Kao filtarska ispuna, osim aktivnog ugljena, koristi se staklo u dva sloja (nosivi sloj i filtracijski sloj) i izvrsna je alternativa pijesku. Nakon temeljitog testiranja i pregleda postrojenja koja su već u upotrebi, staklo se pokazalo kao odličan izbor za filtraciju bazenske vode, zbog svoje sposobnosti da učinkovito zadrži nečistoće, jednostavnog čišćenja tijekom ispiranja i niskog pada tlaka kroz svoje slojeve, što je važno za pravilno dimenzioniranje pumpe. Smanjenje pada tlaka omogućava uporabu manjih i jeftinijih pumpi, čime se ostvaruju značajne uštede u troškovima energije i održavanja.

Kako bi se zadovoljili zahtjevi zaštite okoliša, potrebno je pravilno rukovati i upotrebljavati kemikalije koje se koriste u postupku obrade vode, te je potrebno koristiti kemikalije koje zadovoljavaju zahtjeve norme. Od dobavljača se zahtijeva da sastavi upute za rad i da osigura proizvodne i sigurnosno-tehničke listove koji sadrže sve relevantne informacije o upotrijebljenim kemikalijama. Metoda obrade vode i protok vode u bazenu osiguravaju da objekt za plivanje ispunjava higijenske i sigurnosne zahtjeve kod svih opterećenja, a tako i najvećih.

Bazen se puni ručnim otvaranjem ventila za dovod vode iz vodovoda, te voda prvo puni kompenzacijski bazen, odakle se pomoću crpki filtracije preusmjerava u cjevovod i naposljetku u bazen. Tijekom korištenja bazena voda se gubi zbog ishlapljivanja, špricanja i izlaska iz bazena na tijelima kupaca i drugim načinima. Kako bi se osigurao stalni nivo vode u bazenu i kompenzacijskom bazenu, ugrađene su nivo sonde u kompenzacijskom bazenu koje signaliziraju razinu vode i upravljaju automatikom elektromagnetskog ventila za nadopunu vode iz vodovoda. Nakon prvog punjenja bazena, prije početka procesa obrade vode, filter je nužno protustrujno oprati, kako bi filtarska ispuna bila čista, te kako bi s punim kapacitetom, i minimalnim padom tlaka kroz filter, mogao početi proces filtracije.

Prema normi DIN 19643-1 [1], kod bazena u kojima se voda za ispiranje filtra posebno tretira za ponovnu upotrebu kao voda za punjenje, umjesto da se baca u odvod kao prljava voda, potrebno je razlikovati primarnu i sekundarnu vodu za punjenje. Primarna voda za punjenje je voda koja dolazi iz vodovoda te svi zahtjevi za vodom koji će se navesti u nastavku odnose se na primarnu vodu.

Voda koja se koristi za punjenje bazena mora biti usklađena s općim zdravstvenim zahtjevima za vodu za piće, posebno u pogledu mikrobioloških svojstava. Potrebno je osigurati da odabrani postupak obrade vode održava konverziju prirodnih bromida u bromate unutar određenih granica kako bi se osiguralo da koncentracija bromata u bazenskoj vodi ne prelazi 2 mg/l. Ako se koristi voda za punjenje s višim sadržajem arsena, potrebno je osigurati da sadržaj arsena u bazenskoj vodi nakon obrade ne prelazi gornju vrijednost od 0,2 mg/l. Ako se sadržaj arsena u bazenskoj vodi nakon obrade prekorači, a drugi izvori vode s prihvatljivim sadržajem arsena nisu dostupni, potrebno je koristiti posebne postupke za smanjenje razine arsena u zasebnom postrojenju. Tvari koje ometaju procese obrade vode moraju se, isto tako, ukloniti prethodnim tretmanom u zasebnim postrojenjima do razine na kojoj preostala koncentracija više neće ometati tretman vode.

Ako voda sadrži više od uobičajene koncentracije trihalometana (THM), otopljenog organskog ugljika (DOC) ili bilo koju od sljedeće nabrojanih vrijednosti [1]:

- Željezo : 0,1 mg/l (1,8 mmol/m³),
- Mangan: 0,05 mg/l (0,9 mmol/m³),
- Amonijak: 2 mg/l (110 mmol/m³),

preporučuje se obrada vode u zasebnom postrojenju.

Voda za primarno punjenje može sadržavati polifosfat ili fosfat koji je dodan u vodu kako bi se spriječila korozija i naslage na instalacijama kroz koje prolazi. Fosfati mogu potaknuti rast algi, dok polifosfati mogu ometati proces flokulacije te se tijekom vremena mogu hidrolizirati u fosfate. Kako bi se spriječilo širenje algi i osigurala učinkovita filtracija, potrebno je poznavati koncentracije polifosfata i fosfata u vodi za primarno punjenje te ih održavati što nižima. U tu svrhu treba razmotriti moguću prethodnu obradu vode kako bi se smanjile takve koncentracije.

Voda za sekundarno punjenje isto tako mora udovoljavati općim zdravstvenim zahtjevima propisanim za vodu za piće, a posebno onima koji se odnose na mikrobiološka svojstva. Samo voda dobivena iz sustava za obradu vode u bazenima, voda iz tzv. plunge bazena, voda iz kupki te voda korištena za pranje filtra, koristi se kao sekundarna voda za punjenje, te ona mora zadovoljavati zahtjeve za radnu vodu tipa 1, kako je navedeno u DIN 19645. Maksimalna količina sekundarne vode koja se može koristiti za nadopunu bazenske vode je 80%.

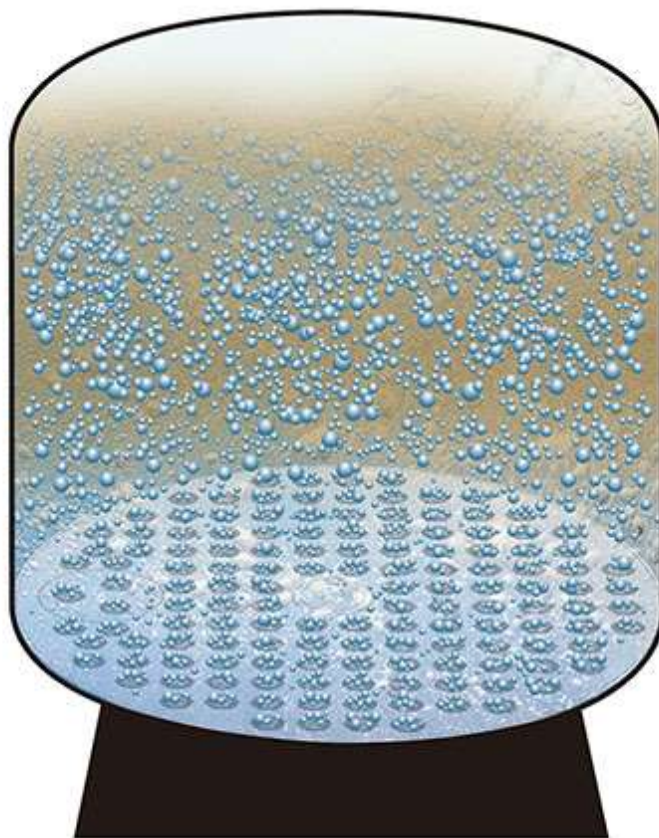
Bazenska voda se mora nadopunjavati iz nekoliko razloga. Prvo, voda stalno hlapi s površine bazena ovisno o razlici temperature vode u bazenu i vanjske temperature, te relativnoj vlažnosti, s gubitkom od 0,1 do 0,2 l/h po 1 m² vodene površine. Drugi razlog za nadopunu je pranje filtra koje se obavlja vodom iz kompenzacijskog bazena. Kako se većina nečistoća u bazenu zadržava na površini vode, važno je pravilno projektirati sustav dovoda i odvoda vode iz bazenske školjke. Za to se koriste podne mlaznice kojima se unosi obrađena voda u bazen, zadržavajući pritom nečistoće na površini. Odvod vode treba biti takav da se voda s površine prelijeva u preljevni kanal oko cijelog bazena, osiguravajući stalni nivo vode u bazenu.

Proces obrade vode započinje kada filtracijska crpka usisava vodu iz kompenzacijskog bazena. Prije usisavanja, bazenska voda prolazi kroz grubi predfilter i tada se tlači na filter. Filter je ispunjen s tri sloja ispune: nosivim slojem stakla veće granulacije, filtarskim slojem

stakla manje granulacije i slojem aktivnog ugljena. Nakon filtracije, voda se kemijski obrađuje i potom se uvodi u bazen kroz podne mlaznice koje su postavljene tako da pokrivaju kompletnu površinu bazena, pri čemu svaka mlaznica pokriva oko 8 m² površine bazena. Voda koja se prelijeva preko ruba bazena gravitacijski odlazi u kompenzacijski bazen, iz kojega se ponovno usisava pomoću filtracijske crpke te prolazi kroz isti proces obrade.

Grubi predfilter ima ulogu prikupljanja većih nečistoća u bazenskoj vodi. Izvedba mu je rastavljiva s košarom koja se mora ručno čistiti nekoliko puta godišnje, ovisno o količini nečistoća koje se nakupljaju u njemu. Da bi se utvrdilo vrijeme za čišćenje, koristi se prozirni poklopac koji omogućuje vizualnu kontrolu zasićenja predfiltra nečistoćama. U blizini bazena nalaze se crpna i filter stanica koje su povezane s kompenzacijskim bazenom i sobom za kemijsku pripremu.

Za potrebe filtriranja vode odabran je tlačni filter cilindričnog oblika s ispunom od stakla, koji je opremljen pneumatskim ventilima za automatsko upravljanje. Za pokretanje pneumatskih ventila potrebno je predvidjeti kompresor odgovarajuće zapremine i tlaka, koji se upravlja PLC-om. Na donjoj strani filtra nalazi se konstrukcija s mlaznicama koje služe za ravnomjernu razdiobu vode tijekom faze pranja filtra.



Slika 2 Konstrukcija tlačnog filtra s mlaznicama na njegovom dnu

Staklena ispuna filtra su stakleni minerali, za koje proizvođač tvrdi da su iste specifične težine i granulacije, dobiveni posebnom tehnikom usitnjavanja visokokvalitetnog stakla. Ova kvalitetna ispuna omogućuje filtriranje različitih nečistoća, uključujući i koloidna, sa zadržavanjem čestica veličine do 10 µm. Kada se filtarski slojevi zasite zadržanom nečistoćom, potrebno je pristupiti fazi pranja filtera. Filtar se obično opere protustrujno jednom do dva puta tjedno, prema iskustvenoj učestalosti, prije nego se ponovno pusti u fazu filtracije. Proces pranja filtra uključuje protustrujno ispiranje filtra vodom iz bazena, korištenjem crpke za filtraciju brzinom od 60 m/h, tj. brzinom dvostruko većom od brzine filtracije. Faza pranja traje između 5 i 8 minuta, ovisno o stupnju zasićenosti filtra nečistoćama, dok se kroz vizir na cjevovodu odvodnje ne pojavi čista voda. Nakon toga, voda se neutralizira od sredstva za dezinfekciju, odnosno uklanja se sav klor iz vode tako da se u otpadnoj vodi nalaze samo kosa, znoj, mokraća, masti, peruti, slina, čestice kože te mikroorganizmi, nakon čega se ispušta u sustav odvodnje. Ako se pak želi koristiti kao radna voda tipa 1, onda se mora obraditi u sustavu za obradu vode nakon pranja filtra.

Automatika za mjerenje, kontrolu i regulaciju pH vrijednosti i količine dezinfekcijskog sredstva ugrađena je u crpnu i filter stranicu, te u ovisnosti o potrebi, ona upravlja radom dozirnih crpki za dezinfekcijsku otopinu i kiselinu za snižavanje pH vrijednosti.

Da bi se osigurala preciznost i pouzdanost mjerenja, uzorak vode se uzima iz dva različita mjesta u bazenu koji su udaljeni najmanje 2 metra. Ovo osigurava da će se uzorak moći uzeti čak i ako je jedna od mlaznica za uzorkovanje začepljena iz nekog razloga. Uzorak se dovodi do mjernog instrumenta koji kontinuirano mjeri ključne karakteristike vode u bazenu. Ove vrijednosti upravljaju radom dozirnih crpki koje doziraju dezinfekcijsku otopinu i kiselinu za održavanje pH vrijednosti vode na optimalnoj razini. Nakon što se uzorak analizira, vraća se u bazen preko mlaznice za povrat uzorka.

2 TEHNIČKI OPIS I ZAHTJEVI ZA PROJEKTIRANJE

2.1 Zahtjevi na kvalitetu bazenske vode te vode za nadopunu ili prvo punjenje

Voda u bazenu i voda za nadopunu ili prvo punjenje bazena moraju ispunjavati zahtjeve navedene u sljedećoj tablici kako bi se zaštitili kupači i osigurala dugotrajnost opreme te učinkovito provođenje procesa obrade vode bez poteškoća i s punim kapacitetom.

Veličina	Mjerna jedinica	Voda za nadopunu		Voda u bazenu	
		Donja granica	Gornja granica	Donja granica	Gornja granica
Pseudomonas aeruginosa	CFU/100 ml	-	0	-	0
Escherichia coli	CFU/100 ml	-	0	-	0
Legionella spec.	CFU/100 ml	-	1	-	1 - 100 (mala kontaminacija)
Colony-forming units /CFU) at (36±1) °C	CFU/ml	-	20	-	100
Obojanost (at λ=436 nm)	1/m	-	0,4	-	0,5
Zamućenost	FNU	-	0,2	-	0,5
Aluminij	mg/l	-	-	-	0,05
Željezo	mg/l	-	-	-	0,02
pH	-	6,5	7,5	6,5	7,5
Kapacitet neutralizacije kiseline	mmol/l	-	-	0,7	-
Redoks potencijal	mV	-	-	750	-
Slobodni klor	mg/l	0,3	-	0,3	0,6
Kombinirani klor	mg/l	-	0,2	-	0,2
Trihalometani	mg/l	-	-	-	0,02
Bromat	mg/l	-	-	-	2
Kloriti + Klorati	mg/l	-	-	-	30
Arsen	mg/l	-	-	-	0,2

Tablica 1 Kemijski i fizičko-kemijski zahtjevi za bazensku vodu i vodu za nadopunjavanje [1]

Kvalitetu vode u bazenu nadzire ovlaštena osoba iz Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo (HZJZ), a kontrole se obavljaju bez prethodne najave. Ukoliko se ne zadovolje postavljeni zahtjevi, bazen može biti privremeno ili trajno zatvoren. Stoga je izuzetno važno održavati visoku razinu kvalitete vode tijekom cijelog radnog vremena bazena kako bi se osigurala sigurnost svih kupaca i dugotrajnost opreme.

2.2 Održavanje bazena

Kao što je već navedeno, tijekom rada bazena, voda se zagađuje okolinom i prisutnim kupcima, stoga je neophodno neprestano pročišćivati vodu. Visokokvalitetno održavanje bazena i opreme od iznimne je važnosti za optimalno funkcioniranje opreme za održavanje kvalitete vode u bazenu, što je ključno za održavanje željene razine kvalitete vode.

Postoje dvije vrste održavanja bazena:

- REDOVNO ODRŽAVANJE
- INTERVENTNO ODRŽAVANJE

2.2.1 Redovno održavanje bazena i bazenske tehnike

Svako bazensko kupalište potrebno je jednom godišnje potpuno isprazniti i isprati cijeli bazenski sustav, uključujući bazensku školjku, cjevovode, filtre, kompenzacijski bazen i ostalu opremu. Nakon toga, bazen se puni svježom vodom i hiperklorira u trajanju od 2 sata. Za vanjska sezonska bazenska kupališta, ovo nije problem jer se bazen isprazni tijekom zime kako bi se izbjeglo oštećenje opreme i cjevovoda uslijed zamrzavanja vode. Postoji alternativa ovom procesu, poznata kao "prezimljavanje bazena", koja podrazumijeva zadržavanje vode u bazenu i sustavu tijekom cijele zime uz kontinuiranu cirkulaciju i grijanje kako bi se izbjeglo zaleđivanje vode. Međutim, ova alternativna metoda se obično izbjegava zbog ekonomskih razloga i zahtjeva propisa koji zahtijevaju godišnje potpuno pražnjenje i čišćenje bazena i sustava.

Potrebno je redovito prati svaki filter na temelju praćenja njegove zasićenosti nečistoćama i pada tlaka kroz njega. Za održavanje čistoće bazena, nužna je uporaba mehaničkih i kemijskih sredstava za čišćenje, te po potrebi i sredstava za dezinfekciju. Za čišćenje dna i bočnih zidova bazena, preporučuje se korištenje podvodnih čistača, bilo ručnih ili automatskih robota za čišćenje. Potrebno je održavati čistoću dna bazena svakodnevno tijekom rada, dok se zidovi bazena preporučuju čistiti jednom tjedno. Čišćenje površina bazenskog kupališta obavlja se na kraju rada i po potrebi tijekom rada. Svako čišćenje bazena potrebno je zabilježiti u dnevni evidencijski list čišćenja, u kojemu je vidljiva učestalost čišćenja bazena.

Bazenska tehnika se održava redovitim provjeravanjem stanja opreme, protustrujnim pranjem filtra i povremenim čišćenjem predfiltra filtarskih crpki, kada se kroz njegov prozirni poklopac uoči da je to potrebno. Sonde za mjerenje pH vrijednosti i sadržaja klora u vodi, potrebno je redovito provjeravati pomoću ručnih testera i po potrebi ih kalibrirati. Također je važno povremeno otvarati/zatvarati ventile kako bi se spriječilo zaglavlivanje i provjerila njihova funkcionalnost, te u ručnom režimu rada ispitati svako pojedino trošilo elektroopreme. Potrebno je također provjeriti stanje električne opreme u elektroormaru i strojarnici.

2.2.2 Interventno održavanje

Interventno održavanje odnosi se na intervencije vezane uz kvarove na opremi (crpke, filtre, puhala, ventile, nepovratne ventile), ili zbog propuštanja na prirubničkim spojevima.

Servisiranje crpki, ventila i nepovratnih ventila bez prekida rada filtarske crpne stanice omogućeno je programiranim režimom rada filtarske crpke.

Ako u bazenima nema puno kupaca, zbog manje intenzivnosti bazena, te manjeg zahtjeva za filtriranjem, moguće je servisirati pojedini filter bez prekida rada sustava filtriranja, tj. bez prekida rada ostalih filtra. U slučaju kada je intenzivnost bazena, tj. posjećenost, velika, a potrebno je servisirati pojedini filter, ili kada je manja posjećenost bazena a potrebno je servisirati više od jednog filtra, bazen se mora zatvoriti za korištenje.

2.3 Vijek uporabe bazenske tehnike

Vijek trajanja ugrađene strojarke opreme bazenske tehnike ovisi o vrsti i namjeni opreme (crpke, filteri, puhalo, ventili, kompresor, mjerna oprema, uređaj za UV dezinfekciju, cijevi i ostala oprema), kvaliteti ugrađene opreme, materijala, kvaliteti ugradnje, ispravnog korištenja i održavanja cijelog sustava. Proizvođač ugrađene opreme dužan je definirati garantni rok i vremenski rok servisnih pregleda, za vrijeme kojega se oprema servisirati ili zamijeniti o trošku proizvođača. Osim garantnog roka, proizvođač navodi očekivani vijek trajanja strojarskih instalacija i opreme kako bi investitori mogli proračunati ekonomski dio, isplativost i potrebne investicije.

Očekivani vijek trajanja koje proizvođači navode su:

- 15 godina za:
 - Crpke
 - Filtre
 - Ventile
 - Puhala
 - Kompresore
 - Uređaje za UV dezinfekciju
- 10 godina za:
 - Mjernu opremu
 - Upravljačku opremu

2.4 Kvaliteta i osiguranje kvalitete

Izvođač radova dužan je ugrađivati materijal, uređaje i tehničku opremu koji isključivo odgovaraju važećim tehničkim propisima i standardima. Propisana istraživanja i mjerenja se

moraju izvršiti nakon izgradnje građevine, prije puštanja u pogon, te o njima izdati odgovarajuća izvješća.

2.4.1 Cjevovodi

Zahtjevi kojih se potrebno pridržavati kako bi se imao uvid u kvalitetu i kako bi se osigurala stalna kvaliteta sastavnih materijala za proizvodnju su:

- Primjenjivati metode, standarde i propise iz Tehničkih uvjeta za ispitivanje materijala
- Imati odgovarajuću dokumentaciju o kvaliteti materijala
- Kontrolirati kvalitetu materijala

2.4.2 Kontrola kvalitete

Kontrola kvalitete sastoji se od sljedećih postupaka:

- Kontrolno ispitivanje
- Ispitivanje pogodnosti
- Provjera kvalitete skladištenog materijala
- Tekuća kontrola

Kontrolno ispitivanje obavlja se kako bi se utvrdilo je li usklađena kvaliteta proizvoda sa svojstvima i karakteristikama koje su propisane Tehničkim uvjetima. Kontrolna ispitivanja može obavljati jedino organizacija za kontrolu kvalitete. Učestalost i vrste ispitivanja propisani su Tehničkim uvjetima, ovisno o vrsti i namjeni materijala.

Laboratorijskim ispitivanjima utvrđuje se pogodnost materijala s obzirom na njegovu namjenu, kod kojih svojstva materijala moraju zadovoljiti zahtjeve Tehničkih uvjeta. Ispitivanje pogodnosti može obavljati jedino organizacija za kontrolu kvalitete.

Provjeru kvalitete uskladištenog materijala može obavljati jedino organizacija za kontrolu kvalitete. Tekuća ispitivanja se obavljaju u laboratoriju proizvođača ili ih o njegovom trošku obavlja organizacija za kontrolu kvalitete, te se izvode radi kontrole tehnološkog procesa. Učestalost i vrste tekućih ispitivanja propisani su Tehničkim uvjetima, ovisno o vrsti i namjeni materijala.

2.4.3 Polipropilenske (PP) cijevi

Prema DIN 16962 (spojevi cijevi i dijelova cjevovoda pod tlakom), DIN 8077 (dimenzije), DIN 1988T2 (pogonski uvjeti), DIN 8078 (zahtjevi za kakvoćom), te DIN 1988 (tehnička pravila za instalacije pitke vode) cjevovodi su izrađeni od polipropilena PP-R80, te je iste norme potrebno primjenjivati za ispitivanje materijala.

Proizvodnja cijevi mora biti pod stalnim nadzorom od strane proizvođača, bilo to u proizvođačevom ili nekom drugom laboratoriju. Kvaliteta cijevi provjerava se za prosječno izrađeni uzorak, u epruvetama, oblika i dimenzija propisanih daljnjim odredbama standarda. Podatci koje sadržava izvješće o ispitivanju, odnosno izjava o kvaliteti cijevi i spojnih elemenata su:

- Naziv i mjere proizvoda
- Naziv proizvođača cijevi
- Datum i mjesto proizvodnje i izvršenih ispitivanja
- Vrstu ispitivanja i oznake norme po kojima su ispitivanja izvršena
- Oznake DIN standarda kojima proizvod odgovara

Način na koji se osigurava kvaliteta proizvoda:

- Propisivanje norme
- Propisivanje kriterija prihvatljivosti
- Definiranje zahtjeva kvalitete
- Propisivanje postupka zavarivanja i atestiranje zavarivača
- Propisivanje opreme za zavarivanje
- Kalibracija mjerne i ispitne opreme
- Održavanje mjerne i ispitne opreme

Priprema opreme za zavarivanje i mjesta zavarivanja, gdje se predviđa i zaštita mjesta zavarivanja prilikom lošeg vremena, obavezna je prije zavarivanja. Potrebno je umetnuti cijevi koje se zavaruju u čeljust stroja, te podesiti njihove površine kako bi bile paralelne. Prije zavarivanja potrebno je očistiti unutarnju i vanjsku površinu cijevi kako bi zavar bio što kvalitetniji. Provjeriti posmak cijevi koji ne smije biti veći od 10 % debljine cijevi. Potrebno je podesiti parametre zavarivanja i kontrolirati temperaturu grijače ploče. Nakon obavljenih priprema, grijača ploča se ulaže u šasiju stroja za zavarivanje, te se primjenjuje potreban pritisak za zavarivanje. Ploča se vadi razmicanjem čeljusti i cijevi se međusobno pritišću do željenog

pritiska koji ostaje sve do kada se spoj prirodno ne ohladi. Kada se cijev prirodno ohladi, čeljusti se otvaraju, cijev se oslobađa, te se spoj vizualno pregledava.

Cjevovod se fiksira u betonsku konstrukciju pomoću obujmica, tako da se za dimenzije cijevi do $d = 63$ mm, cjevovod fiksira na udaljenost od 1 m, za dimenzije cijevi do $d = 160$ mm na udaljenost $15 \times d$, te za sve veće promjere cijevi od 160 mm na udaljenost $10 \times d$. Prije montaže prodora, potrebno je pripremiti vanjsku plohu prodora, tako da se premaže ljepilom i preko ljepila nasipa kvarcni pijesak granulacije do 1 mm, te se prodor ostavi da se ljepilo osuši. Tek nakon toga prodor se smije položiti kroz oplatu prije betoniranja.

Kod polaganja cijevi u rov, dno rova mora biti ravno, bez kamenja, s temeljnim slojem pijeska do 10 cm. Zatrpavanje cijevi se vrši ručno, u slojevima do 10 cm, uz pažljivo ručno nabijanje do visine cijevi, nakon čega se nasipava zaštitni sloj pijeska, u slojevima do 10 cm, do visine 30 cm od vrha cijevi. Završno zatrpavanje rova izvodi se s materijalom dobivenim iskopom, bez krupnijeg kamenja. Na visini od 50 cm od vrha cijevi može se materijal nabijati mehaničkim strojevima.

Cijevi od polipropilena (PP-R 80), osim u transportu, obično neće biti izložene djelovanju UV zraka nakon montaže. Cijevi i spojni elementi cijevi opremljeni su UV stabilizatorima nužnim za transport i skladištenje, ali ne dovoljnim za radne uvjete nakon montaže. Za slučaj korištenja polipropilenskih cijevi na otvorenom, potrebno je predvidjeti cijev s PE zaštitnim slojem protiv UV zraka.

2.4.4 PVC cjevovod

Cjevovodi su izrađeni od PVC cijevi prema normi DIN 863, tolerancija dimenzije prema normi ISO 3606 i fitinzi (priključci) prema normi ISO 727, te je iste norme potrebno primjenjivati za ispitivanje materijala. Proizvodnja cijevi mora biti pod stalnim nadzorom od strane proizvođača, bilo to u proizvođačevom ili nekom drugom laboratoriju. Kvaliteta cijevi provjerava se za prosječno izrađeni uzorak, u epruветama, oblika i dimenzija propisanih daljnjim odredbama standarda. Podatci koje sadržava izvješće o ispitivanju, odnosno izjava o kvaliteti cijevi i spojnih elemenata su:

- Naziv i mjere proizvoda
- Naziv proizvođača cijevi
- Datum i mjesto proizvodnje i izvršenih ispitivanja
- Vrstu ispitivanja i oznake norme po kojima su ispitivanja izvršena

- Oznake DIN standarda kojima proizvod odgovara

PVC cijevi na gradilište dolaze u standardnoj dužini u kojoj se proizvode, te ih je potrebno skraćivati ili spajati na određene dužine koje su predviđene projektom. Na gradilištu se PVC cijevi lako skraćuju s pilom za željezo. Kod spajanja cijevi ili kod fitinga, radi se skošenje, koje se može izvesti alatom za struganje, kao što je turpija. Spajanje cijevi se odvija tako da skošeni kraj cijevi utiskujemo u spojni element ili fitting. Prije utiskivanja skošenog dijela u fitting, obavezno je vanjski dio cijevi i unutarnji dio fitinga dobro očistiti otapalom za odmašćivanje površine, zatim plohe spajanja kistom premazati ljepilom za PVC, te blago utisnuti cijev u spojni komad pri čemu je cijev zabranjeno rotirati ili pomicati. Spoj koji se tako izvede potrebno je ostaviti 8 sati da se osuši. PVC cijev tvornički je izrađena da na jednom kraju ima skošenje od 15°, a na drugom kraju naglavak. Takvi krajevi cijevi omogućuju olakšano spajanje, tako da se skošenje lagano umetne u naglavak. Nakon toga je zabranjeno cijev rotirati ili dodatno vaditi i utiskivati. Tako izveden spoj treba ostaviti da se suši 8 sati, nakon čega se može pristupiti tlačnoj probi. Tlačnoj probi se može pristupiti nakon što se, za određeni dio cjevovoda za koji se radi tlačna proba, svi spojevi osuše, tj. prođe minimalno 8 sati od zadnjeg spajanja. Cjevovod se fiksira u betonsku konstrukciju na identičan način kao i polipropilenske cijevi.

2.4.5 Tlačna proba, ispiranje i dezinfekcija

Tlačna proba je postupak kojim se provjerava cjevovod na vodonepropusnost, tj. je li cjevovod dobro izveden od proizvodnje do montaže, pri čemu se naglasak stavlja na izvedbe spojeva. Izvodi se s tlakom 1,5 puta većim od radnog tlaka u cjevovodu, u trajanju od minimalno 12 sati. Tlačna proba se izvodi prema propisima iz norme DIN 4279 i prema uputama i propisima proizvođača cijevi i fitinga.

Prilikom provođenja tlačne probe potrebno je izvesti propisno usidrenje. Tlačna proba se provodi prije postavljanja armature i betoniranja, kako bi se u slučaju puštanja cjevovoda mogao što lakše sanirati dio koji propušta vodu. Ako dođe do puštanja cjevovoda, cjevovod se mora sanirati u trošku izvođača, te nakon sanacije ponoviti tlačnu probu. Nakon tlačne probe više manjih sektora, potrebno je obaviti tlačnu probu cijele dionice kako bi se provjerili spojevi sektora. Tlačna proba se nakon provedbe upisuje u zapisnik koji mora biti potpisan od strane izvođača i investitora. Nakon uspješno provedene tlačne probe, kojom se potvrdila vodonepropusnost cjevovoda i izradio zapisnik o tlačnoj probi, potrebno je obaviti ispiranje cjevovoda. Za to je dopušteno koristiti samo vodu koja udovoljava standardima kvalitete pitke

vode, s minimalnom brzinom protoka od 1,5 m/s. Nakon ispiranja, cjevovod je potrebno dezinficirati, a zatim se može zatrpati ako se nalazi u rovu ili zabetonirati ako se nalazi unutar betona. Minimalni volumen vode s kojim se ispiru cjevovod nakon tlačne probe mora biti dva puta veći od volumena segmenta cjevovoda koji se ispiru. Za svu ugrađenu opremu i materijale, obavljene radove i ispitivanja, izvođač radova je dužan imati ateste i izvješća o ispitivanjima.

Izvođenje radova treba biti visoke kvalitete i u skladu s projektom i nacrtima koji su dio projekta, uzimajući u obzir zahtjeve važećih normi i korištenje kvalitetne opreme, kako bi konačni proizvod zadovoljio zahtjeve investitora. Također, izvođač radova mora se pridržavati uputa projektanta koje se odnose na način izvođenja pojedinih detalja. U slučaju nejasnoća u uputama projekta, izvođač je dužan tražiti objašnjenje i upute od projektanta, pri čemu su upute projektanta jedine relevantne.

Montažu smiju obavljati samo stručne osobe zaposlene u poduzeću koje imaju potrebne kvalifikacije, stručnost i ovlaštenje za ove radove. Prije montaže potrebno je pregledati svu opremu, te se sva oštećenja moraju pažljivo popraviti. Vijke i brtvenu plohu prirubnice potrebno je očistiti, zaštititi i podmazati uljem prije izvođenja prirubničkog spoja. Vijci na prirubnici moraju biti ravnomjerno zategnuti nakon postavljanja brtve.

Nakon završetka radova na bazenskoj tehnici, svi cjevovodi trebaju biti ponovno testirani na unutarnji tlak radi provjere vodonepropusnosti i čvrstoće. To je neophodno kako bi se utvrdilo jesu li svi dijelovi ispravno montirani i je li tijekom montaže došlo do oštećenja spojeva ili opreme. Završna tlačna proba provodi se s tlakom koji je 1,5 puta veći od radnog tlaka, u kraćem vremenskom periodu nego tlačne probe nakon montaže pojedinih segmenata cjevovoda. Instalacija se pažljivo puni vodom dok se ne napuni u potpunosti.

Preporučljivo je započeti ispitivanje 24 sata nakon punjenja cjevovoda kako bi se osiguralo da je zrak potpuno istisnut iz sustava. Ako nema vidljivog pomicanja, curenja ili kapanja na spojevima, ventilima, slavinama ili ograncima prije ispitivanja, tada se može nastaviti s ispitivanjem. Ispitivanje se treba provesti tijekom 12 sati pri najmanjim mogućim temperaturnim fluktuacijama tijekom dana, a pri ispitnom tlaku. Ako se pronađu propusna mjesta na cjevovodu, ispitivanje treba prekinuti, a cjevovod polagano isprazniti sve dok sva propusna mjesta ne ostanu izvan vode. Tek nakon potpune eliminacije nedostataka, ispitivanje se može ponoviti.

Kompletan cjevovod se prije puštanja u pogon mora isprati i dezinficirati, što se obavlja pod kontrolom kvalificiranog sanitarnog osoblja. Nakon ispiranja i dezinfekcije cjevovoda

potrebno je od ovlaštenog tijela dobiti potvrdu da je voda u cjevovodu pitka i da se može pustiti u rad. Sanitarno osoblje vodi zapisnik o ispiranju i dezinfekciji. Cjevovod se mora u potpunosti isprati prije dezinfekcije kako bi se dobili pouzdani rezultati. Samo ako je osigurana minimalna brzina vode od 1,5 m/s moguće je učinkovito ispiranje. Dopušteno je isključivo ispiranje čistom vodom za piće. Ispiranje treba obavljati sve dok se ne dobije voda koja je 100 posto čista. Nakon ispiranja cjevovoda potrebno je obaviti dezinfekciju.

Preporučuje se korištenje otopine klora s minimalnom koncentracijom klora od 40 mg/l tijekom procesa dezinfekcije. Potrebna doza klora propisuje se od strane ovlaštenog predstavnika sanitarne službe koji je odgovoran za proces dezinfekcije i moguće posljedice. Djelovanje klora bi trebalo trajati minimalno tri sata, idealno dvanaest sati. Potrebno je pravilno odvojiti ne dezinficirane dijelove cjevovoda od onih koje je potrebno dezinficirati. Budući da je klor opasan po zdravlje, potrebno je osigurati sigurnost radnika koji rade na dezinfekciji. Nakon završetka dezinfekcije, cjevovod se mora isprati odgovarajućom količinom vode za piće kako bi se postigla dopuštena razina klora. Nakon postizanja prikladne razine, uzimaju se uzorci vode za laboratorijska ispitivanja kvalitete vode.

2.5 Zaštita na radu

2.5.1 Tehnička rješenja za primjenu pravila zaštite na radu

Projektom je nužno predvidjeti tehničke mjere za primjenu pravila zaštite na radu, kojima kada budu u upotrebi mora udovoljavati projektirano postrojenje. Cilj zaštite na radu je osigurati svim zaposlenicima sigurne uvjete rada za život i zdravlje. Zaštita na radu je sastavni dio organizacije rada i izvođenja radnog procesa u cilju obavljanja poslova zaštite na radu i provedbe propisanih i priznatih pravila zaštite na radu (osnovna i posebna pravila). Temeljne smjernice za sigurnost na radnom mjestu uključuju zahtjeve kojima moraju udovoljiti sredstva rada, koja su u upotrebi, posebno u pogledu sigurnosne opreme, zaštite od groma, strujnog udara, osiguravanja odgovarajuće količine osvjtljenja, smanjenja buke i vibracija na radnom mjestu.

Dodatni zahtjevi zaštite na radu, osim stručne sposobnosti, su tjelesno i psihičko zdravlje radnika, kao i način na koji se moraju obavljati pojedini poslovi, posebice u pogledu uporabe osobne zaštitne opreme i postavljanjem znakova upozorenja na moguće opasnosti. Tehnička rješenja projekta moraju biti u skladu s tehničkim standardima i propisima navedenim u "Popisu primjenjivih pravilnika i tehničkih propisa".

2.5.2 Mjere zaštite na radu pri izradi projekta

- Mjerni uređaji montirani su na pristupačnim mjestima
- Svaki cjevovod označen je smjerom strujanja medija bazenske vode kroz njega
- Na spremnicima kemikalija, i iznad njih postavljene su oznake kemikalije koja se u njima nalazi
- Kemijske otopine čuvaju se u zatvorenim polietilenskim spremnicima, koji su smješteni u polietilensku tankvanu
- U sobi kemijske pripreme nije predviđeno pretakanje kemikalija, već se prazni spremnici deklorana (sredstva za uklanjanje suvišnog klora iz bazenske vode) i flokulanta zamjenjuju tvornički napunjenim novim spremnicima, dok se natrijev hipoklorit i kemijska otopina za snižavanje pH nadopunjuju preko cjevovoda za nadopunu kemijskih otopina
- Cjevovodi nadopune kemijskih sredstava moraju biti jasno označeni imenom kemijske otopine koja se kroz njih dodaje
- Funkcionalna shema kompletnog sustava bazenske tehnike mora biti ovješena u strojarnici
- Crpke su predviđene za rad sa slatkom vodom
- Sav cjevovod, smješten je na prikladnim visinama radi lakšeg rukovanja
- Osigurana je prisilna i prirodna ventilacija strojarnice i sobe kemijske pripreme, koja mora biti neprekidno u pogonu, pogotovo za vrijeme boravka osoblja u njima
- Sva oprema pričvršćena je za temelj prema uputama proizvođača
- Na svim crpkama postavljena je zaštita oko pokretnih dijelova

2.5.3 Mjere zaštite na radu pri dopremi i u korištenju kemijskih tvari za potrebe tretmana bazenske vode

Projektom su predviđene sljedeće kemijske otopine/granule:

ALUMINIJEV POLIKLORID (kemijski pripravak)

NATRIJEV BISULFIT (kemijski pripravak za uklanjanje suvišnog klora iz bazenske vode)

NATRIJEV HIPOKLORIT (NaOCl)

SULFATNA KISELINA (kemijski pripravak za smanjenje pH vrijednosti bazenske vode)

U strojarnici je potrebno osigurati svu nužnu zaštitnu opremu u skladu sa sigurnosno tehničkim propisima, kako bi se osobe koje rade s kemijskim sredstvima zaštitile od mogućih

opasnosti i udovoljile zahtjevima zaštite na radu. Također, treba osigurati odgovarajuću slavinu za ispiranje kemijskih sredstava u slučaju da osoba dođe u kontakt s njima.

2.5.4 Smjernice kojih se izvođač i korisnik postrojenja radova mora pridržavati

- Držati se uputa za rad od strane izvođača radova prema ugrađenoj opremi
- Redovito kontrolirati funkcionalnost i ispravnost zaštitne odjeće, obuće, zaštitnih sredstava te provedene zaštite
- Provoditi redovne kontrole ispravnosti sve opreme i instalacija postrojenja
- Primjenjivati samo kvalitetnu opremu i materijale
- Upotrebljavati samo ispravnu zaštitnu opremu i alat
- Primjenjivati propisane zaštitne mjere
- Provoditi održavanja sve opreme i instalacija, te po potrebi zamijeniti sve oštećene dijelove postrojenja
- Zaposliti samo ozbiljne, stručne i disciplinirane radnike na poslovima izgradnje i održavanja postrojenja
- Preporučuje se da se samo osobe koje ispunjavaju sve zakonske uvjete angažiraju za dopremu kemikalija u prahu i tekućih kemikalija

2.6 Zaštita od požara

Svatko tko je u mogućnosti pomoći u gašenju požara, bez da dovodi svoj život u opasnost, dužan je pristupiti gašenju požara određenim radnjama. Zaštita od požara obuhvaća skup svih mjera i radnji tehničke, upravne, normativne i organizacijske naravi. Početno gašenje požara obavlja se ručnim aparatima S-6 (6 kg sredstva za gašenje) za suho gašenje požara. Taktika gašenja u slučaju izbijanja požara je:

- Obavijestiti vatrogasnu službu
- Krenuti s početnim gašenjem požara pomoću ručnih aparata

2.7 Projektni i konstrukcijski zahtjevi za bazene, prostorije tehničke opreme i kompenzacijski bazen

Bazen mora biti projektiran tako da budu zadovoljeni svi hidraulički zahtjevi. Kompenzacijski bazen treba biti zatvoren s posebnim ulazom ili ulazom iz strojarne, odzračen i imati sigurnosni preljev kako se spriječilo izlivanje vode. Kompenzacijski bazen treba moći potpuno isprazniti pomoću donjeg odvoda u sabirno okno, a njegove površine trebaju biti svijetle i lako perive. Treba osigurati unutarnju rasvjetu i predvidjeti otvor za promatranje kako

bi se moglo pregledati unutarnje stanje. Ulaz u kompenzacijski bazen mora biti dostupan i mora se projektirati tako da osoba može lako ući i izaći iz spremnika. Razina vode u kompenzacijskom bazenu treba biti ispod razine vode u bazenskoj školjci, u odnosu na apsolutnu kotu, kako bi se osigurala gravitacijska odvodnja bazenske vode iz preljevnog kanala prema kompenzacijskom bazenu.

2.7.1 Kontaktne površine

Materijali koji dolaze u dodir s vodom ne smiju utjecati na kvalitetu vode i ne smiju biti podvrgnuti nikakvoj fizikalno-kemijskoj reakciji s vodom ili omogućiti rast mikroorganizama i fitoplanktona, niti ometati pročišćavanje vode. Upotreba obloga od drva ili tekstila svih vrsta nije dopuštena.

2.7.2 Prostorije za smještaj tehničke opreme

Budući da je točna specifikacija veličine i opremljenosti ovih prostorija ključna za ekonomičan rad bazena, važno je da izvođač radova i instalater strojarske opreme surađuju već u fazi planiranja. Za potrebe izvođenja, popravka i održavanja bit će potrebni dovoljno veliki pristupni otvori, pristupni putovi i prolazi unutar zgrade. Mora se koristiti odgovarajuća transportna oprema. Tehničke instalacije moraju biti zaštićene od oštećenja smrzavanjem, posebno za bazene na otvorenom. Prostorije s opremom moraju biti odgovarajući prozračene. Podne odvođe iz strojarnice treba urediti u skladu sa zahtjevima postupka obrade i dezinfekcije. Osvjetljenje prostorije mora biti projektirano tako da uzme u obzir potrebe operativnog osoblja.

Dno strojarnice i svjetla visina prostorije potrebne za postavljanje i sastavljanje filtarskog sustava moraju biti projektirane tako da odgovaraju odabranoj vrsti filtra, a mora se uzeti u obzir i radni prostor potreban za održavanje i inspekciju. Također, mora se voditi računa i oko unosa filtra u samu strojarnicu. Filtar kao najveći dio opreme, mora biti moguće unijeti u strojarnicu. Stoga, potrebno je osigurati dovoljno veliki otvor u strojarnici, te ga postaviti na odgovarajuće mjesto. Zbog njegove težine, potrebno ga je prenijeti na drugi način, a ne ručno. Između kućišta filtra i drugih instalacija mora postojati razmak od najmanje 60 cm kako bi se osigurao pristup sustavu odzrake filtra nakon propuhivanja. Čelična kućišta filtra trebaju biti dostupna sa svih strana radi nanosa zaštitnih premaza.

Potreban je odgovarajući radni prostor za osoblje i njihovu opremu u blizini filtra tako da se filtarski materijal može puniti i uklanjati. Prilikom projektiranja i postavljanja UV opreme mora

se osigurati odgovarajući prostor za postavljanje/uklanjanje izvora zračenja i odgovarajućih cijevi postojanih na UV zračenje.

Osigurana mjesta za stajanje (stacionarne platforme, mobilne skele, stepenice/ljestve) treba koristiti za radove na održavanju, pregledu i popravku. U slučaju zatvorenih filtara kako je opisano u DIN 19624, minimalna potrebna visina prostorije dana je jednadžbom u nastavku.

$$H_{str} = f \times D_{fil} + 3,1 [m]$$

Gdje je:

- H_{str} – visina strojarnice, [m];
- D_{fil} – promjer kućišta filtra, [m];

dok faktor f poprima vrijednosti [1]:

$$f = 0,7 \text{ za } 0,75 \text{ m} \leq D_{fil} \leq 1,6 \text{ m};$$

$$f = 0,4 \text{ za } 1,6 \text{ m} < D_{fil} \leq 2,4 \text{ m}.$$

Za zadani projektni zadatak, minimalna potrebna visina H za vrijednosti odabrane u poglavlju 4.2, iznose:

$$D_{fil} = 2,4 \text{ m}$$

$$f = 0,4$$

iznosi:

$$H_{str} = f \times D_{fil} + 3,1 = 0,4 \times 2,4 + 3,1 \approx 4,1 \text{ m}$$

Svjetla visina strojarnice se projektira da bude ukupne visine 4,1 m.

Kako se kroz predviđene stepenice za ulaz u strojarnicu ne mogu unijeti filtri, ostavlja se otvor u gornjoj, stropnoj betonskoj ploči kroz koji se filtri unesu u strojarnicu te se taj otvor naknadno zatvara.

Prostor za pumpe, cjevovode i ventile za spajanje kućišta filtra s dovodnim sustavom mora biti projektiran tako da se osiguraju optimalni hidraulički uvjeti, s potrebnim brzinama strujanja u cjevovodima.

2.7.3 Prostorija za punjenje kemikalija

Pored prostora u kojem su instalirani filtri, potrebno je osigurati dodatni prostor za smještaj spremnika kemikalija, dozirnih pumpi kemikalija i ostale pomoćne opreme. Mjesta za dezinfekciju i doziranje kemikalija trebaju biti odabrana tako da omogućuju lako dostavljanje potrebnih kemikalija, a da ne postoje prepreke za prolazak i rukovanje opremom. Za sve aktivnosti koje će se izvoditi u prostoriji za kemijsku pripremu, potrebno je osigurati dovoljno prostora za rad i stajanje.

Prostorija za punjenje kemikalija mora imati površinu od najmanje 6 m², te biti opremljena priključkom za vodu, laboratorijskim umivaonikom i električnom mrežom. Potrebno je također osigurati prostoriju za izvođenje radova održavanja, popravaka i skladištenje rezervnih dijelova. Prostorije za skladištenje dezinficijensa moraju biti u skladu s zahtjevima TRGS 510.

2.8 Zahtjevi za bazen

Temperatura vode u bazenu treba biti prilagođena upotrebi bazena, uzimajući u obzir potrošnju energije i ekonomske aspekte. Kako se olimpijski bazen koristi za plivanje, temperatura vode prema preporuci FINA-e [4] treba biti između 25 i 28 °C, što je nešto niža vrijednost u usporedbi s drugim bazenima. To je zato što je olimpijski bazen plivački bazen, te zbog fizičke aktivnosti i većeg zagrijavanja tijela kupaca, nije potrebna temperatura vode kao u drugim bazenima, pogotovo kao u dječjim bazenima.

Bazeni za plivanje moraju imati dubinu vode veću od 1,35 m, te prema standardima FINA-e [4], zahtjev je da dubina bude veća od 2 m, stoga se za potrebe ovog rada uzima dubina bazena od 2,2 m.

Ulazi u bazen moraju biti raspoređeni tako da se na svakoj dužoj strani bazena (u ovom radu to su stranice duljine 50 m) nalazi ulaz u bazen, bilo stepenice ili ljestve, i to na način da razmak između dva ulaza ne smije biti veći od jedne trećine dužine bazena.

2.8.1 Dodatna cirkulacija vode ili sustavi za ubrizgavanje zraka za sve vrste bazena

Olimpijski bazen ima specifičnu namjenu za plivanje ili vaterpolo, te u njemu nije predviđena niti jedna dodatna atrakcija kao što su ležeće i sjedeće masaže, tobogani, slapovi, itd. Zbog toga se u proračunu ne uzima propisani dodatak po atrakciji od 6 m³/h.

2.9 Nazivno opterećenje, faktor nosivosti, minimalni preljev i protok

Izračunati protok koji se koristi za dimenzioniranje postrojenja za obradu mora biti minimalan protok obrade vode koji je potreban za ispunjavanje higijenskih potreba. Ako je protok nakon odabira filtra veći od minimalnog izračunatog protoka vode koji je potreban za ispunjavanje hidrauličkih zahtjeva, koristi se zbroj svih protočnih kapaciteta filtra.

2.10 Zahtjevi hidrauličkog sustava

Navedeni protok vode kroz bazen mora osigurati distribuciju dezinficijensa i održavanje odgovarajuće razine dezinficijensa u svim dijelovima bazena, posebno na površini vode. Moraju se ukloniti mikroorganizmi koji nisu u potpunosti uništeni, kao i nečistoće i zagađivala. Koncentracije tvari koje se ne mogu ukloniti tretmanom održavaju se unutar razumnih granica pomoću izmjene vode. Budući da je taloženje krutih tvari u bazenima neizbježno, sedimente treba ukloniti pomoću aparata za čišćenje.

2.10.1 Protok bazena

Mlaznice za dovod svježe vode trebaju biti postavljene na način koji osigurava ravnomjernu raspodjelu vode po cijelom bazenu, dok se odvod vode ostvaruje preko preljevnog kanala smještenog uz rub bazena. Čišćenje površine bazena odvija se tako da nečistoće s površine cijelog bazena prirodno struje prema preljevnom kanalu. Broj i raspored mlaznica za dovod obrađene vode mora biti raspoređen tako da na svakih 8 m² tlocrtno površine dna bazena, odnosno za svaku kružnu površinu promjera 3,2 m, mora biti jedna mlaznica, te je upravo to i način određivanja mjesta podnih mlaznica.

Preljevni kanal mora imati kontinuiran i ravnomjieran protok duž cijele svoje duljine. Količina i promjer ubodnih cijevi u preljevni kanal, koje se koriste za gravitacijsko odvođenje vode prema kompenzacijskom bazenu, bit će detaljnije objašnjeni u nastavku. Preljevni rub bazena mora biti isti po cijelom obodu, a duž njega se dopušta maksimalna razlika u visini od ± 2 mm.

2.10.2 Preljevni kanal i rešetka

Preljevni kanal služi za prikupljanje vode istisnute kupačima i valovima. Dizajn njegovog poprečnog presjeka i odvoda ovisi o njegovoj funkciji. Preljevni kanal se projektira proračunskom metodom za protoke u otvorenim cjevovodima, "Proračun otvorenog cjevovoda" prema Manningu, Gauckleru i Strickleru, te se može se koristiti za određivanje presjeka

potrebnog za određeni protok. U praksi se pokazalo korisnim dodati 50 % izračunatom presjeku kako bi se kompenzirale smetnje, te treba uzeti u obzir i sposobnost zadržavanja vode u preljevnom kanalu.

Proračun preljevnog cjevovoda računa se prema normi DIN 19643-1[1], sljedećim formulama:

$$v = k_{hr} \times R^{2/3} \times I_{vp}^{1/2}$$

$$R = \frac{A}{U}$$

Gdje je:

- v – brzina, [m/s];
- k_{hr} – koeficijent hrapavosti, [1/s];
- R – hidraulički polumjer, [m];
- U – opseg, [m];
- I_{vp} – gradijent vodene površine

Potrebno je osigurati da rub bazena s vanjske strane preljevnog kanala ne propušta vodu iz okolnih izvora kao što su kiša ili čišćenje okolnih površina. To je važno jer okolne površine mogu biti zaprljane i mogu sadržavati kemikalije koje se koriste za čišćenje, a koje ne želimo da završe u sustavu bazenske tehnike. Umjesto toga, treba osigurati izravnu odvodnju za čišćenje i dezinfekciju okolnog područja bazena u javni kanalizacijski sustav.

2.10.3 Kompenzacijski bazen

Kompenzacijski bazen je neophodan kod bazena preljevnog tipa i mora biti adekvatne veličine kako bi mogao primiti količine vode koje se prelijevaju iz bazena, zajedno s količinama vode koje se troše za pranje, koju kupaci iznesu iz bazena ili koja se šprica u okolici bazena te vodu koja ishlapi.

2.11 Zahtjevi na postrojenje za obradu vode

Projektiranje postrojenja za pročišćavanje vode zahtijeva cjeloviti pristup. Funkcionalni elementi poput filtara, grijaćih elemenata, crpki za doziranje i drugo, trebaju biti implementirani kao odvojene jedinice kako bi funkcionirali neovisno od drugih elemenata te se u slučaju kvara mogli servisirati bez prekida rada ostalih elemenata. Osim filtra, svi elementi moraju biti opremljeni svojim mimovodom (engl. *bypass*) kako bi se u slučaju kvara mogao preusmjeriti tok vode, te se element može demontirati i servisirati.

Izbor materijala i mjere poduzete za pružanje aktivne ili pasivne zaštite od korozije moraju uzeti u obzir agresivnost vode i korozivne učinke uslijed obrade. Dijelovi postrojenja koji su u dodiru s vodom moraju ispunjavati zahtjeve koji se odnose na zdravlje, bakteriološku i toksikološku sigurnost. Filtri, crpke, oprema za doziranje, mjerni elementi, izmjenjivač topline i uređaj za UV dezinfekciju, moraju nositi pločice s nazivima na kojima se navodi njihova izvedba, i gdje je primjenjivo, daju upute za rad. Cjevovodi moraju biti označeni tako da pokazuju smjer protoka i medij koji teče kroz njih. Instalater postrojenja ima obavezu uputiti operativno osoblje o rukovanju, servisiranju i održavanju uređaja za obradu vode na temelju priručnika za rad, specifikacija i crteža.

3 IZBOR TEHNOLOŠKOG POSTUPKA PRIPREME VODE

U prethodnim dijelovima ovog rada opisano je na čemu se temelji postrojenje za pripremu bazenske vode, kao i nabrojani zahtjevi i razlozi zašto je važno provesti sve te postupke pripreme vode. U nastavku ovog rada detaljnije će se objasniti svaki od tih postupaka i opisati njihovo funkcioniranje.

Norma DIN 19643-2 [2] opisuje različite metode obrade vode za bazene, a njezin fokus je na kombinacijama osnovnih procesa koji uključuju filter s više slojeva ispune. Osim korištenja stakla kao ispune, u filter se dodaje i aktivni ugljen. Nakon filtracije, primjenjuje se ultraljubičasto zračenje kao dodatak sredstvu za dezinfekciju, kako bi se postigla što bolja kvaliteta vode. Kombinacije procesa navedene u normi prikazuju različite načine primjene metoda za sprječavanje i uklanjanje nusprodukta dezinfekcije.

Kao što je već spomenuto u uvodu, norma ima za cilj održavanje ravnoteže između pročišćavanja i kontaminacije, uzimajući u obzir brzine u cjevovodima i padove tlaka. Na temelju tih podataka, odabire se odgovarajuća metoda obrade vode.

Kombinacije procesa koje su navedene u normi [2]:

- Flokulacija – filtracija – kloriranje
- Flokulacija – filtracija u više slojeva s aktivnim ugljenom – kloriranje
- Adsorpcija na aktivnom ugljenu u prahu – flokulacija – filtracija – kloriranje
- Flokulacija – filtracija – adsorpcija na aktivnom ugljenu u granulama – kloriranje
- Flokulacija – filtracija – UV dezinfekcija – kloriranje
- Flokulacija - filtracija u više slojeva s aktivnim ugljenom - UV dezinfekcija – kloriranje

Izbor metode obrade vode je:

- Flokulacija - filtracija u više slojeva s aktivnim ugljenom - UV dezinfekcija – kloriranje

Odabrana metoda jedna je od najkvalitetnijih metoda, koja daje najbolje rezultate čistoće vode.

Sva oprema koja će biti navedena u nastavku proračunata je i dimenzionirana u poglavlju s proračunom bazena.

3.1 Filtracija

Bazenska voda se stalno onečišćuje tvarima koje donose kupači i okolni prostor pa je nužno odvojiti suspendirane tvari od vode. Za to se koristi filtracija koja se obavlja kroz tri sloja filtarske ispune, sa smjerom odozgo prema dolje. Voda se crpkom tlači u filter gdje prvo prolazi kroz sloj aktivnog ugljena visine 0,6 m. Zatim prolazi kroz filtracijski sloj stakla visine 1,1 m, a na kraju kroz zadnji sloj stakla, nosivi sloj visine 0,1 m. Filtarska ispuna zadržava suspendirane tvari, a voda sa smanjenom koncentracijom suspendiranih tvari izlazi iz filtra.

Filtarske ispune i njihove gustoće navedene su u nastavku:

- Nosivi sloj stakla gustoće $\rho = 1290 \text{ kg/m}^3$ [H=0,1 m]
- Filtracijski sloj stakla gustoće $\rho = 1335 \text{ kg/m}^3$ [H=1,1 m]
- Sloj aktivnog ugljena gustoće $\rho = 700 \text{ kg/m}^3$ [H=0,6 m]

Stvaranje biofilma u filtarskoj ispuni sprječava se korištenjem staklene ispune, koja radi na tehnologiji protiv sabijanja ispune. Biofilm je odgovoran za zasićenje filtra u bržem vremenu nego što bi se inače zasitio, a samim time i češćim zahtjevom za pranje filtra, što dovodi do povećane potrošnje vode i energije za zagrijavanje vode koja se odvodi sa svakim pranjem filtra. Druga prednost staklene ispune nad pješčanom je u tome da se u pješčanoj ispuni nailazi na kristalni silicij, koji prilikom učestalog udisanja povećava rizik od raka pluća. Staklena ispuna izbjegava ovu opasnost jer u svom sastavu nema slobodnog silicija.



Slika 3 Staklena ispuna, filtracijski sloj

Temeljni procesi u filtraciji kroz filtarsku ispunu su adsorpcija i efekt prosijavanja. Adsorpcija se događa u sloju aktivnog ugljena, te je ona pojava stvaranja fizikalnih veza između čestice nečistoće i filtracijskog materijala. Unutar filtracijskog sloja, a čak i unutar nosivog sloja događa se efekt prosijavanja.

Najbitniji parametri filtracijskog uređaja:

D_{fil} – promjer filtra [m]

A_{fil} – površina filtra [m²]

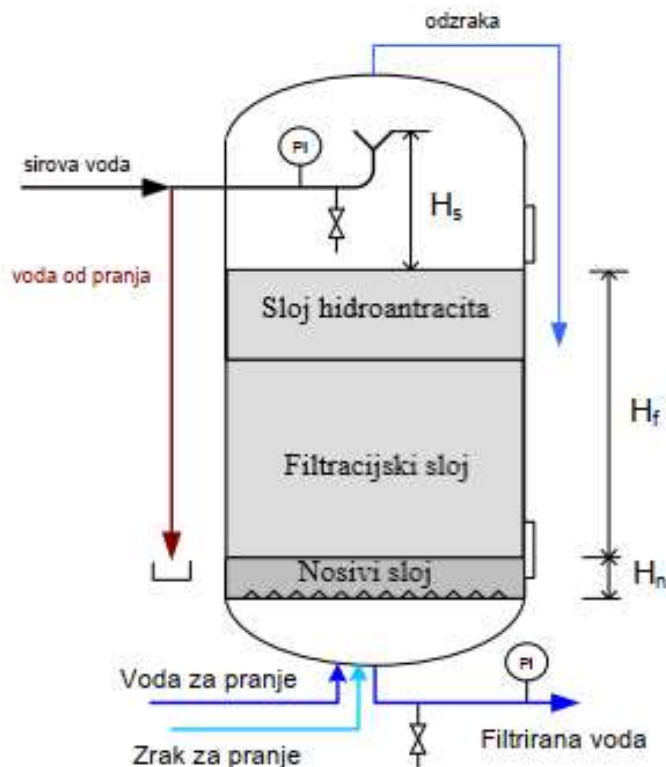
v_{fil} – brzina filtracije [m/h]

Q_{fil} – kapacitet filtra [m³/h]

B_{fil} – konekcije na filter [DN]

H_{fil} – visina filtra [m]

Δp – pad tlaka [Pa]



Slika 4 Prikaz filtarskih slojeva [19]

Kao što je već navedeno, u svrhu filtriranja koristi se filtar koji zadovoljava DIN normu sa staklenom ispunom, te se uz njega za grubu filtraciju koristi i predfiltrar. Voda se iz bazena preljeva u preljevni kanal te se gravitacijski odvodi do kompenzacijskog bazena. Takva voda za sobom, osim sitnih onečišćenja, može u kompenzacijski bazen donesti veće čestice, smeće pa čak i opremu od kupača. Kada ne bi bilo predfiltra, crpka filtracije bi usisavala vodu iz kompenzacijskog bazena direktno na svoj impeler te bi to veće onečišćenje, oprema, ili nešto treće vrlo lako oštetilo impeler, što bi dovelo do skupog popravka.

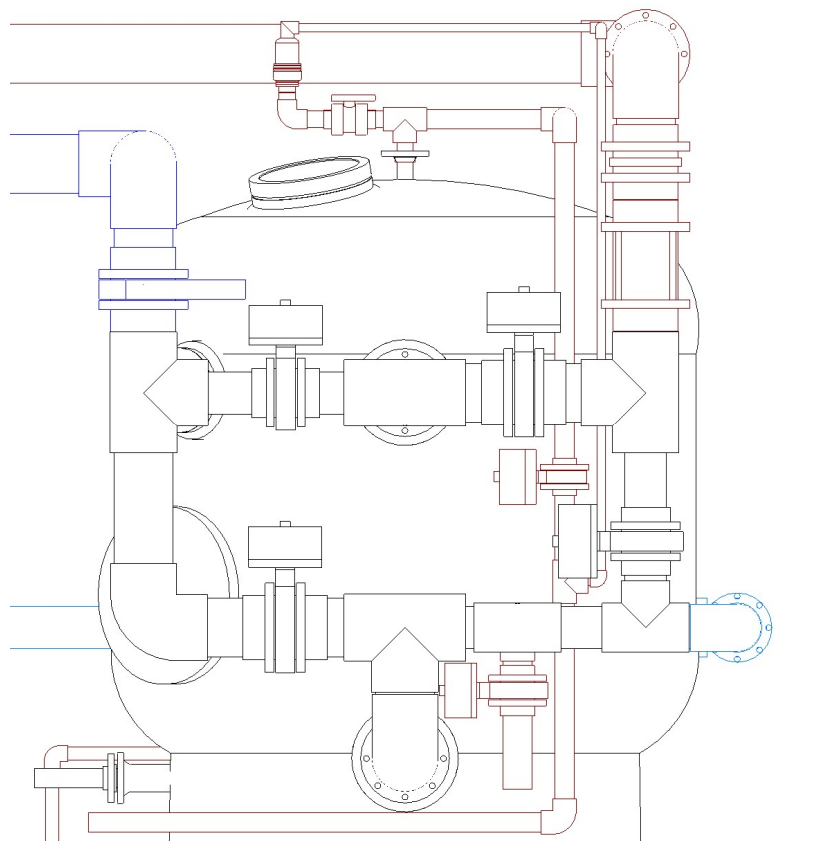
Iz tog razloga se predfiltrar stavlja prije crpke filtracije, te grubo filtrira vodu koja kroz njega prolazi, tj. u sebi zadržava veće nečistoće i vodu koju pušta da prođe kroz njega ostavlja sigurnom za crpku. Predfiltrar je zapravo posuda s grubom rešetkom na dovodu i odvodu vode iz njega. Poklopac je od prozirnog materijala kako bi se vidjelo kada je zasićen, te kako bi ga se na vrijeme moglo skinuti i izvaditi van veće nečistoće. Važno za napomenuti je da prije otvaranja poklopca predfiltra, treba isključiti crpku filtracije na njegovoj grani, te zatvoriti ventil između njega i kompenzacije, kako se, zbog visinske razlike vrha vode u kompenzaciji i visine predfiltra, kompenzacija kroz predfiltrar ne bi počela prazniti i poplavila strojarnicu, što bi vrlo vjerojatno uzrokovalo kvar velikog broja opreme.



Slika 5 Predfiltrar [15]

Aluminijev poliklorid, dodaje se u cjevovod bazenske vode prije filtra, nakon što voda prođe kroz predfiltrar i crpku filtracije. Doziranje aluminijevog poliklorida pospješuje se izbijanje naboja na površini koloidnih čestica, te naknadno formiranje većih flokula koji se lako zadržavaju na filtarskoj ispuni, što doprinosi povećanju učinkovitosti filtracije. Aluminijev poliklorid se dozira u 10%-tnoj koncentraciji pomoću dozirne crpke koja signal dobiva s osjetnika protoka bazenske vode, koji omogućuje točno doziranje otopine proporcionalno protoku vode.

Proces filtracije kroz DIN filter sa staklenom ispunom započinje usmjeravanjem vode prema filtarskoj grani, kompleksnijoj izvedbi višeputnog ventila (koristi se kod privatnih bazena) zbog zahtjeva norme. Slika 6. prikazuje filter i filtarsku granu. Voda koju crpka tlači prema filtru dolazi u filtarsku granu cjevovodom označenim tamnoplavom bojom. Iz tog cjevovoda skreće prema spoju filtra s filtarskom granom, ulazi u filter, te se potiskuje preko ispune do donje kalote na kojoj je konstrukcija s mlaznicama (prikazana na slici 2.) kroz koje se voda skuplja i odvodi prema izlazu iz filtra. Tok vode kroz filter u fazi filtracije je odozgo prema dolje. Kada voda izađe iz filtra odlazi na cjevovod obrađene vode, koji je na slici 6. prikazan svijetloplavom bojom.



Slika 6 Filtarska grana DIN filtra

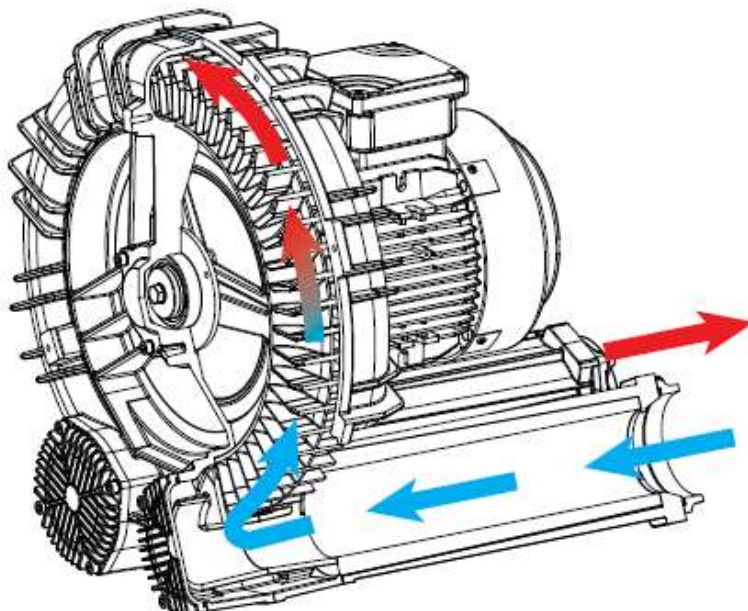
Takav tok vode reguliran je pomoću pneumatskih ventila. Nakon određenog vremena, ovisnog o koncentraciji nečistoća, dolazi do zasićenja filtra te se postupak filtracije u tome filtru mora prekinuti i pokrenuti postupak pranja filtra. Broj crpki filtracije, kojih je za jedan više nego filtra, je takav da se prilikom pranja jednog filtra ne isključuje kompletan sustav filtracije (u ovom slučaju ostala tri filtra), nego se filtracija nastavlja s tri filtra u pogonu, dok se dvije crpke koriste za čišćenje jednog filtra. Dvije crpke se koriste za pranje jednog filtra zato što je po DIN norm brzina pranja filtra dvostruko veća od brzine filtracije, a samim time je i protok filtracije ($30 \text{ m}^3/\text{h}$) dvostruko manji od protoka pranja filtra ($60 \text{ m}^3/\text{h}$).

Tok pranja filtra je obrnut od toka filtracije. Voda dolazi u filtarsku granu s cjevovodom označenim tamnoplavom bojom, ali ne ulazi u filtar s gornje strane, nego s donje. Pranje se provodi toliko dugo dok se kroz vizir na cjevovodu odvoda vode od pranja filtra, koji je prikazan na slici 6. smeđom bojom, ne vidi da je voda bistra, što obično traje od 5 do 8 minuta. Pranje

se izvodi kombinacijom vode i zraka, u sekvencama, koja filter i filternu ispunu pročišćava, te rahli ispunu. Završni dio pranja filtera sastoji se od propuhivanja filterne ispune pomoću puhalo i odzračnog ventila sa pripadajućim cjevovodom, te od zbijanja filterne ispune, koje se postiže različitim gustoćama filternih slojeva.

Voda od pranja filtera koja se odvodi u sustav javne odvodnje, sadrži natrijev hipoklorit. Takva voda ne smije se ispuštati u odvodnju, već se prije toga treba provesti postupak neutralizacije. Za neutralizaciju se koristi otopina natrijevog bisulfita u 20%-tnoj koncentraciji. Oprema za doziranje je identična kao ona za doziranje flokulanta – dozirna crpka prima signal od osjetnika protoka te se doziranje podešava na određenu vrijednost koja je potrebna za određeni protok (proporcionalno doziranje).

Za propuhivanje filtera koristi se puhalo [14] koje se dimenzionira u skladu s normom DIN za potrebe ovog rada, tako da se za protok puhalo uzima protok jednog filtera jer se propuhuje svaki filter zasebno, te za maksimalni tlak od 250 mbar. Dimenzije cjevovoda od puhalo do spoja s filtrom proračunavaju se tako da se za odabrani protok postigne brzina strujanja u cjevovodu do 10 m/s. U sustav se ugrađuje jedno puhalo jer se koristi samo nakon pranja filtera.



Slika 7 Puhalo [14]

Dizajn i konstrukcija filtra mora ispunjavati zahtjeve navedene u normi DIN 19605 (filtri od čelika, betona i plastike). Prema normi potrebno je osigurati automatski sustav upravljanja s podesivim programom povratnog ispiranja za ventile i strojeve, te mora biti osigurano da zgrada neće biti poplavljena ako napajanje nestane tijekom povratnog ispiranja, te je upravo iz tog razloga filtarska grana s pneumatskim ventilima tako izvedena.

Prema zahtjevima norme, filteri moraju imati najmanje jedno nadzorno staklo prema filtarskoj ispuni kako bi se omogućilo promatranje površine ili sloja filtarskog materijala tijekom procesa filtracije i ispiranja. Ovo kontrolno staklo mora biti postavljeno u ravnini s unutarnjom površinom filtra. Svi pričvrtni elementi unutar filtera moraju biti izrađeni od materijala otpornog na koroziju. Dotok sirove vode u filter kao i konstrukcija filtra moraju osigurati ravnomjeran protok kroz filter. Otpadna voda od pranja filtra mora moći otjecati bez ostataka i bez povratnog toka. Proces pranja filtra ne smije se prekidati. Potrebna količina vode za pranje mora biti dostupna u kompenzacijskom bazenu na početku pranja. Ako se ne uspije spriječiti kontaminacija s *Legionella pneumophiliu* i *Pseudomonas aeruginose*, filter treba dezinficirati prema uputama norme.

Ako postrojenje za obradu vode ne uspije postići ograničenja za kombinirani klor i THM (trihalometane) tijekom duljeg radnog razdoblja, unatoč odgovarajućoj zamjeni vode za punjenje, to znači da je adsorpcijski filtarski medij, aktivni ugljen, iscrpljen te se mora djelomično ili potpuno obnoviti.

3.2 UV zračenje

Rastuća tehnološka napredovanja i povećana dostupnost doveli su do smanjenja cijene UV-C svjetiljki, što je zauzvrat potaknulo povećanu primjenu ovog tipa dezinfekcije u bazenskoj tehnologiji.

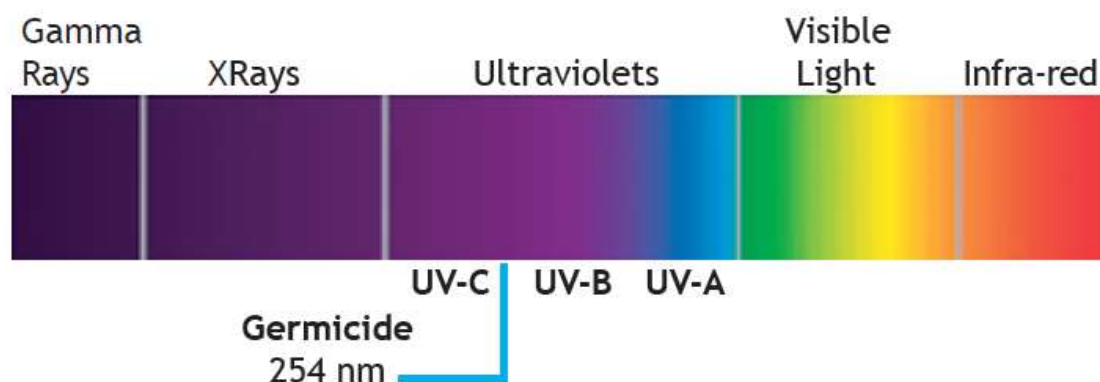
Obrada bazenske vode UV zračenjem učinkovito smanjuje razinu kloramina u bazenu, što značajno poboljšava okoliš za plivače i osoblje, kao i one koji se nalaze u blizini bazena. Unatoč tome što DIN norma spominje UV zračenje kao alternativu za kloriranje u određenim procesima, ne treba ga smatrati zamjenom za kloriranje ili druge vrste kemijskog tretmana. Međutim, pravilno dimenzioniran UV sustav ima dodatnu korist u postizanju dezinfekcije u bazenima i uspješno kontrolira kloramine, čime se smanjuje potreba za zamjenom vode i superkloriranjem, a također smanjuje koroziju. Najvažnije, UV sustav štiti od protozojskih

parazita poput *Cryptosporidium parvum* i *Giardia lamblia*, što dodatno povećava zdravstvenu sigurnost plivača i osoblja.

Primjenom UV-C zračenja, potrebna količina natrijevog hipoklorita može biti smanjena za čak 60%. Međutim, UV-C zračenje nema rezidualno djelovanje, već dezinficira samo vodu koja prolazi kroz uređaj, a ne i onu u bazenu. Stoga, primjena UV zračenja u sustavu obrade bazenske vode ne može zamijeniti dezinfekciju klorom, već je samo dodatak koji se koristi u kombinaciji s natrijevim hipokloritom kako bi se osiguralo da voda udovoljava postavljenim standardima.

Uređaj za UV dezinfekciju mora biti dimenzioniran prema brzini protoka sustava obrade vode kako bi bio učinkovit. Kombinacija vremena kontakta u reaktoru uređaja i snage svjetiljke mora osigurati dovoljnu dozu (mJ/cm^2) za inaktivaciju 99,9% mikroorganizama (bakterija, virusa i algi u suspenziji). Da bi se u vodi smanjila razina kloramina i trikloramina, koji su odgovorni za iritaciju dišnih putova i bolesti kod osoblja i kupača, preporučuje se potrebna doza od $60 \text{ mJ}/\text{cm}^2$.

UV-C dio spektra pokriva valne duljine od 200 do 280 nm i ima najjači germicidni učinak te se široko koristi u obliku UV-C živinih svjetiljki za inaktivaciju mikroorganizama emitiranjem ultraljubičastog zračenja, pretežno na valnim duljinama od 253,7 nm.



Slika 8 Spektar elektromagnetskog zračenja [11]

U nastavku su navedene dvije formule, iz kataloga tvrtke Bio-UV [11], bitne kod zračenja UV lampi. Prva formula opisuje proračunu zračenja jednog fotona, ovisnog o frekvenciji i valnoj duljini, dok druga formula daje poveznicu između emitirane snage jedne lampe i intenziteta zračenja koje ta lampa daje.

$$E = hv = h \frac{c}{\lambda_{vd}}$$

$$I = \frac{\frac{P_{lampe}}{L_{lampe}}}{4\pi r^2}$$

Gdje je:

E – energija jednog fotona [J]

h – Planckova konstanta [$6,626 \times 10^{-34}$ J s]

ν – frekvencija [ciklusa/s ili Hz]

c – brzina svjetlosti u vakuumu [$2,99792 \times 10^8$ m/s]

λ_{vd} – valna duljina [nm]

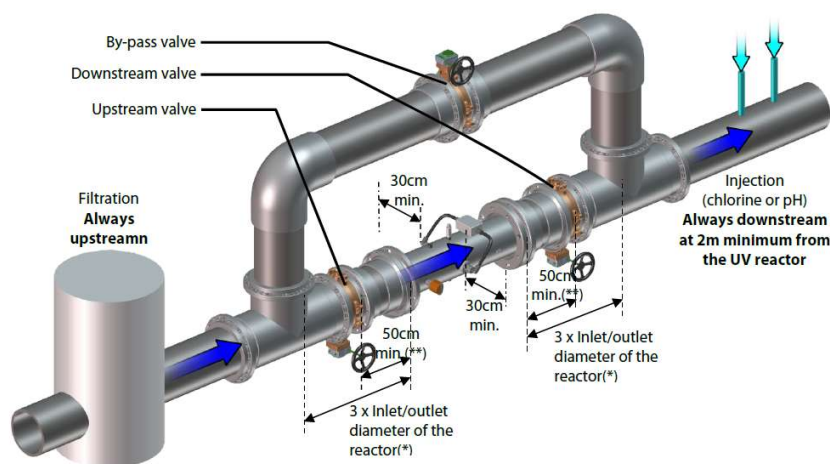
I – intenzitet zračenja [kW/m^2]

P_{lampe} – emitirana snaga [kW]

L_{lampe} – duljina UV-C svjetiljke [m]

r – radijalna udaljenost od svjetiljke [m]

Ugradnja uređaja za UV dezinfekciju, prema uputama proizvođača, je nakon filtra, ali prije pločastog izmjenjivača i doziranja kemijskih sredstava, kako kemijska sredstva i zagrijana voda ne bi oštetila uređaj. Uređaj se ugrađuje u mimovodu cjevovoda za obradu vode.



Slika 9 Način ugradnje uređaja za UV dezinfekciju [11]

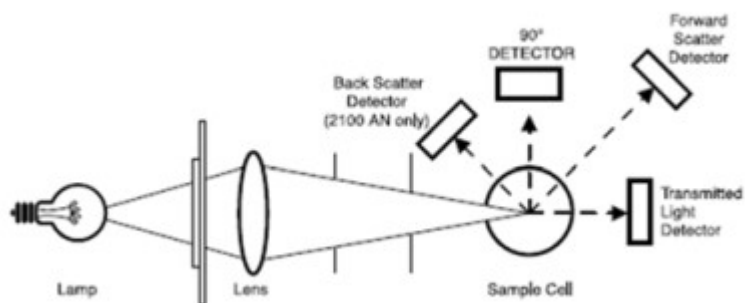
Navedeno je da je neophodna doza kako bi se mogla značajno smanjiti razina kloramina i trikloramina 60 mJ/cm^2 [11], dok je za inaktivaciju raznih mikroorganizma u bazenskoj tehnici, koje se najčešće susreće, $UV_{DOSE} = 31 \text{ mJ/cm}^2$, i to se lako može zaključiti iz sljedeće tablice.

Organism	UV Dose (mJ/cm ²)
Poliovirus Type I	4–6
Coxsackievirus	6.9
Hepatitis A	4–5
Rotavirus strain SA 11	7–9
Adenovirus Strain 40	30
Adenovirus Strain 41	25
Adenovirus Strain 41	30
<i>E. coli</i> ATCC 11229	2.5–5
<i>E. coli</i> O157:H7 ATCC 43894	1.5
<i>Legionella pneumophila</i> ATCC 43660	3
<i>Salmonella typhi</i> ATCC 19430	2
<i>Shigella dysenteriae</i> ATCC 290287	0.5
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	4
<i>Vibrio cholerae</i> ATCC 25872	1
Cyanobacteria	720–1200
Microsporidia	
<i>Enterocytozoon</i>	No data
<i>Encephalitozoon</i>	No data
<i>Giardia lamblia</i>	1.3
<i>Cryptosporidium parvum</i>	7

Tablica 2 Potrebne UV doze za inaktivaciju mikroorganizma [1]

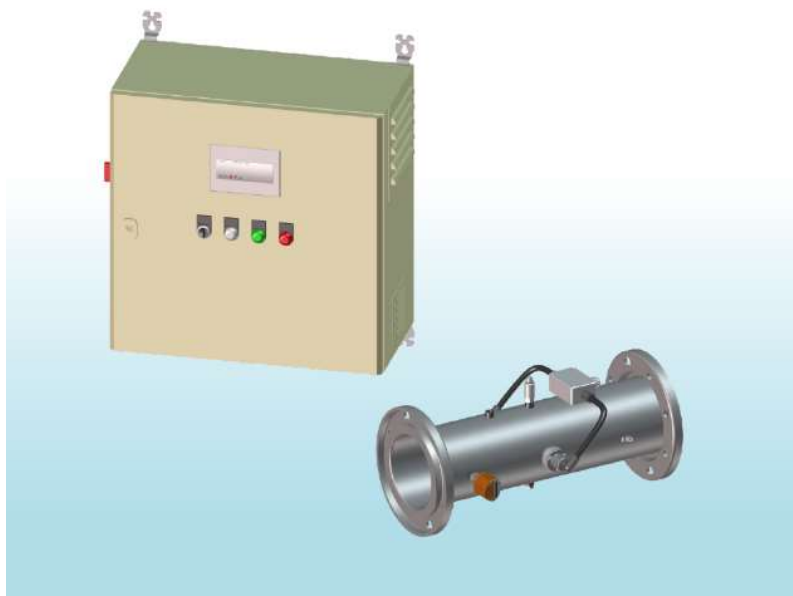
Uređaj za UV dezinfekciju smješten je nakon filtra zbog mutnoće vode. Kada je voda mutna, suspendirane tvari raspršuju dio UV-C svjetla i time smanjuju učinkovitost dezinfekcije. Mutnoća vode zbog prisutnosti suspendiranih i drugih tvari u vodi iskazuje se u jedinicama NTU (engl. *nephelometric turbidity unit*).

Kada govorimo o suspendiranim tvarima u vodi, to obično uključuje čestice koje su zadržane na membrani od staklenih vlakana, pri čemu se mjeri stvarna masa materijala koji se zadržao na membrani. S druge strane, mutnoća se obično mjeri pomoću turbidimetra, koji analizira količinu svjetlosti koja se raspršuje kroz uzorak vode. Sljedeća slika prikazuje princip mjerenja mutnoće vode.



Slika 10 Mjerenje mutnoće [19]

Uređaj za UV dezinfekciju sastoji se od UV-C svjetiljki i upravljačke kutije koja kontrolira rad uređaja. Odabrani uređaj ima tri svjetiljke koje zajedno troše 3 kW. Uređaj je opremljen mjeracem protoka, koji omogućuje upravljačkoj kutiji da aktivira UV svjetiljke samo kada kroz uređaj prolazi bazenska voda. Kako bi se spriječilo izlaganje UV zračenju, kućište uređaja izrađeno je od aluminija.



Slika 11 Uređaj za UV dezinfekciju vode [11]

Cjevovod u sustavu za obradu vode (PVC-U) odabran je zbog svoje otpornosti na UV-C zračenje koje se stvara u uređaju za UV dezinfekciju. Pri odabiru uređaja za UV dezinfekciju, ključan faktor je protok kroz sustav kako bi se osigurala učinkovita i potpuna dezinfekcija. U proračunu bazena (Poglavlje 4.), utvrđeno je da sustav treba raditi s protokom od $552 \text{ m}^3/\text{h}$, što

je uzeto u obzir prilikom odabira uređaja za UV dezinfekciju koji ima sljedeće specifikacije [11]:

- Radni protok: 556 m³/h
- Učinak: 60 mJ/cm²
- Broj UV-C lampi: 3 komada
- Snaga jedne UV-C lampe: 3 kW
- Priključci: DN 300
- Dužina UV-C lampe: 725 mm

3.3 Pločasti izmjenjivač topline

Temperature vode u bazenima su propisane normom DIN 19643-1 [1] te od strane FINA-e [4], ovisno o namjeni i vrsti bazena. Zahtjev DIN-a i FINA-e je da temperatura vode mora biti između 25 i 28 °C, te za vrijeme natjecanja stabilna, bez značajnijih strujanja. U diplomskom radu će se proračunavati olimpijski bazen na temelju odabrane temperature vode od 28 °C.

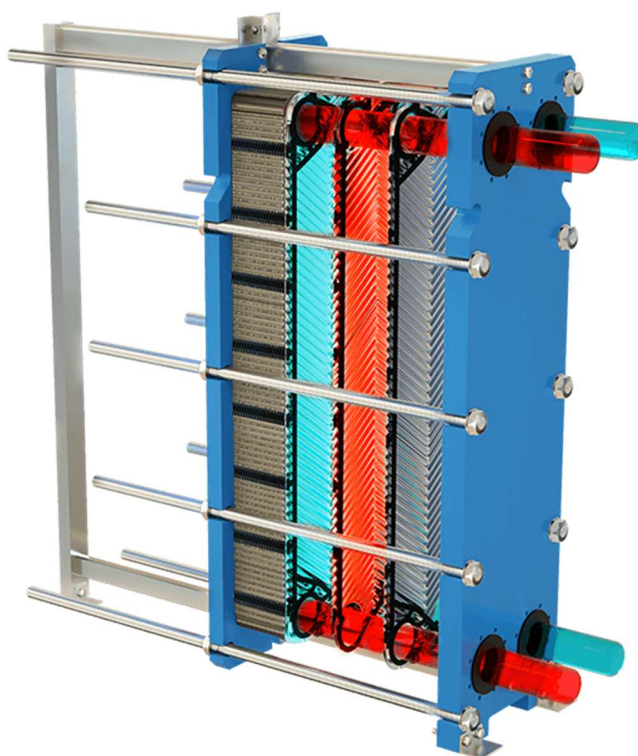
Postoji različite metode grijanja bazenske vode – korištenjem dizalice topline, ili električnog grijača, pa sve do primjene izmjenjivača topline tipa cijevi u plaštu (engl. *shell and tube heat exchanger*) i pločastog izmjenjivača topline. U ovom diplomskom radu je potrebno zagrijati izuzetno veliku količinu vode, zbog čega opcije grijanja pomoću dizalice topline, električnog grijača ili izmjenjivača topline tipa "shell and tube" nisu prikladne za održavanje temperature vode u takvom velikom bazenskom sustavu.

Za zagrijavanje vode u olimpijskom bazenu, pločasti izmjenjivač topline predstavlja najbolji izbor zbog svoje velike površine za izmjenu topline. Pored toga, još jedna prednost ovog izmjenjivača topline je njegova sposobnost rada s nižim temperaturama zagrijavanja i manjim temperaturnim razlikama.

Pločasti izmjenjivač topline sastoji se od mnogo tankih ploča od nehrđajućeg čelika ili titana, ako se u sustavu koristi morska voda. Ove ploče su blago razdvojene i imaju prolaze za protok vode, što omogućuje učinkovitu izmjenu topline.

Budući da se olimpijski bazen nalazi na otvorenom, grijanje je neophodno kako bi se bazen mogao koristiti tijekom cijele godine, a ne samo ljeti. Međutim, važno je napomenuti da grijanje ne omogućuje da bazen radi cijele godine, jer se voda na niskim temperaturama ne može zagrijati na potrebnu temperaturu i može se smrznuti tijekom duljih hladnijih razdoblja.

Pri dimenzioniranju i proračunu pločastog izmjenjivača topline treba uzeti u obzir nekoliko faktora. Prije svega, potrebno je definirati radni protok za koji se odabire izmjenjivač, temperature primara i željenu temperaturu vode te pad tlaka u izmjenjivaču. Nakon toga, treba uzeti u obzir vrijeme potrebno za početno zagrijavanje bazena, razliku u temperaturi vode u bazenu i okolnom prostoru te razliku u temperaturi vode u bazenu i zidovima bazena i kompenzacijskom bazenu. Također, treba zagrijati vodu koja se nadopunjuje u sustav obrade vode zbog hlapljenja, iznošenja vode od strane kupaca iz bazena te vode koja se koristi za pranje filtra.

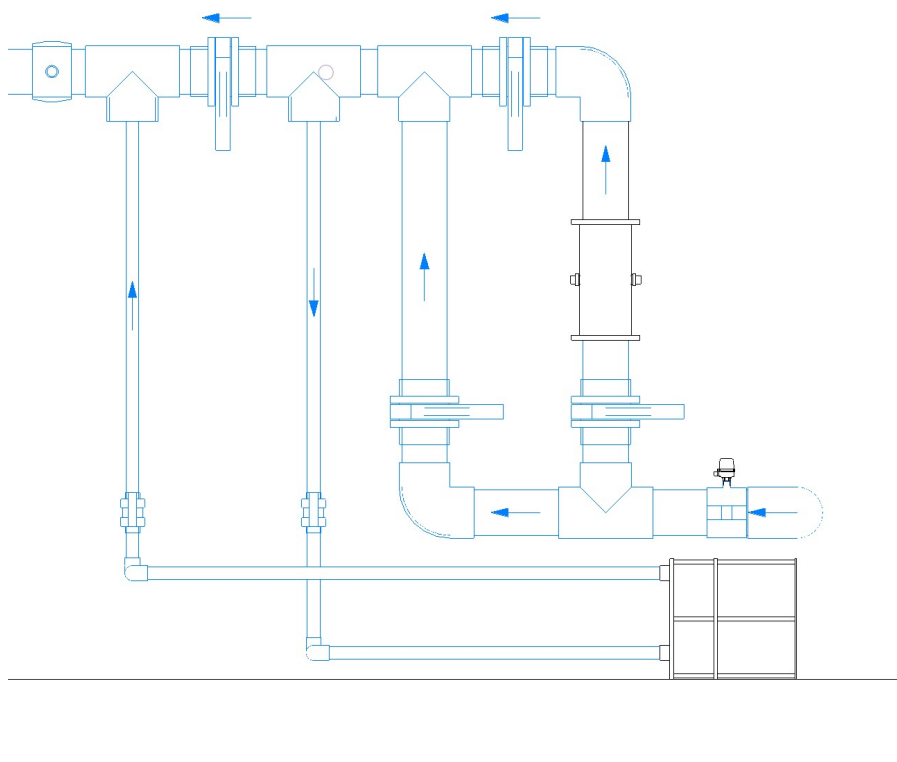


Slika 12 Pločasti izmjenjivač topline [17]

Pločasti izmjenjivač se montira na sličan način kao i uređaj za UV dezinfekciju, u mimovodu cjevovoda za obradu vode, nakon prolaska vode kroz filter i UV dezinfekciju, ali prije dodavanja kemijskih sredstava. Ovo je važno kako bi se izbjegla oštećenja pločastog izmjenjivača zbog prevelike koncentracije kemikalija u vodi.

Slika 12. prikazuje postavljanje pločastog izmjenjivača topline iza uređaja za UV dezinfekciju. Voda ulazi u mimovod uređaja za UV dezinfekciju, prolazi kroz njega, a zatim ulazi u mimovod pločastog izmjenjivača. Kroz pločasti izmjenjivač, voda se zagrijava, a zatim

se povratnim dijelom mimovoda vraća u cjevovod obrade vode. Smjer protoka vode označen je strelicama.



Slika 13 Mimovod pločastog izmjenjivača

3.4 Doziranje kemijskih sredstava

Zahtjevi za obradu i kvalitetu vode, koji su propisani normama i Pravilnikom o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta, ne mogu biti zadovoljeni samo primjenom gore navedenih procesa. Za potpuno funkcioniranje sustava, potrebno je dodatno dozirati određena kemijska sredstva.

Kako bi se osigurala mikrobiološka ispravnost vode, nužno je uz UV dezinfekciju primijeniti i različita kemijska sredstva u sustavu obrade vode za bazene. Radi postizanja kemijske dezinfekcije, u bazensku vodu dodaje se otopina natrijevog hipoklorita, dok se sredstvo za snižavanje pH vrijednosti dodaje kako bi se održao propisani raspon pH vrijednosti, s obzirom na tendenciju porasta pH vrijednosti u bazenskoj vodi. Kako bi se poboljšao rad filtra

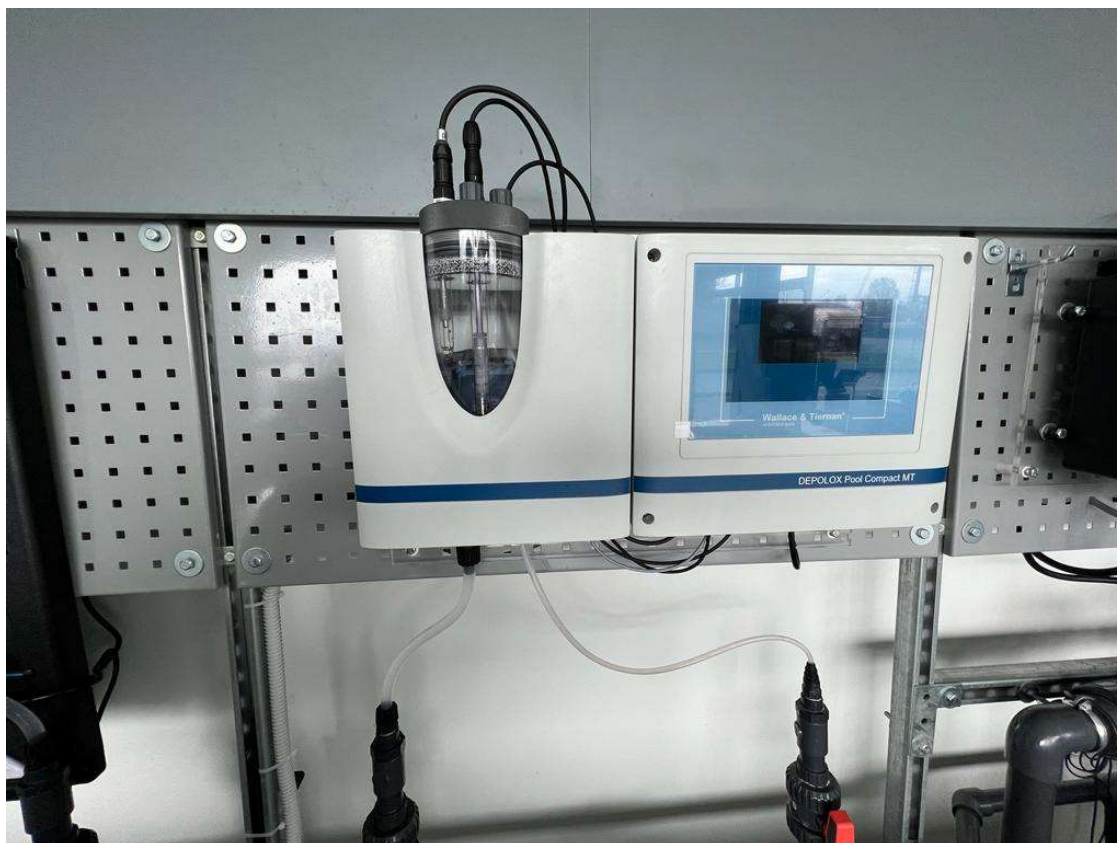
i zadržavanje nečistoća u filtarskoj ispuni, koristi se flokulant, dok se sredstvo za neutralizaciju klora dodaje u vodu koja izlazi iz sustava obrade kako bi se osiguralo da klor ne prelazi propisane granice koncentracije.



Slika 14 Dozirna crpka [13]

Sustav za doziranje kemijskih sredstava koristi dozirnu crpku koja prima signal od senzora protoka i dozira kemijska sredstva prema postavljenoj vrijednosti kada primi signal. Međutim, za doziranje natrijevog hipoklorita i sredstva za smanjenje pH vrijednosti, sustav je malo drugačiji. U sustavu obrade vode ugrađena je automatika koja mjeri i regulira količinu dezinfekcijskog sredstva (slobodni klor), pH vrijednost, redoks potencijal i temperaturu vode, kako bi se osigurala pravilna doza tih kemijskih sredstava.

Preporučuje se da uzorci vode za analizu uvijek budu uzeti iz bazena, a ne iz cjevovoda. Najbolje bi bilo uzimati uzorke s dva mjesta u bazenu, koja su međusobno udaljena najmanje dva metra. Nakon analize, uzorak se treba vratiti u bazen kroz podni ispust kako bi se izbjegao nepotrebn gubitak vode. U mjernom uređaju nalaze se sonde koje neprekidno mjere kvalitetu vode na dovedenom uzorku. Na mjernom uređaju treba biti ekran na kojem se mogu kontinuirano očitavati izmjerene vrijednosti. Izmjerene vrijednosti upravljaju dozirnim crpkama za doziranje natrijevog hipoklorita i sredstva za smanjenje pH vrijednosti.



Slika 15 Automatski mjerni uređaj

Uzimanje uzorka u bazenu trebalo bi se obaviti uz pomoć usisne mlaznice postavljene na sredinu najduže stranice bazena, na dubini od oko 20 cm ispod razine vode. Zatim se uzorak vodi izravno do sonde na mjernom uređaju, koji kontinuirano mjeri željene parametre vode. Potrebno je redovito provjeravati mjerni uređaj kako bi se otkrila eventualna odstupanja od postavljenih vrijednosti. To se može obaviti pomoću ručnog uređaja za kontrolu slobodnog klora i pH vrijednosti. Za to je potrebno uzeti uzorak vode iz bazena u epruvetu, dodati reaktivnu tabletu za željeno mjerenje (pH ili slobodni klor), dobro promiješati uzorak i tabletu te staviti epruvetu u ručni mjerni uređaj. Ako se ustanovi značajno odstupanje u vrijednostima između ručnog uređaja i automatskog mjernog uređaja u sustavu obrade vode, preporučuje se kontaktirati ovlaštenu osobu za kalibriranje ili servis mjernog uređaja.



Slika 16 Ručni mjerni uređaj [18]

3.4.1 Dezinfekcija natrijevim hipokloritom

Dezinfekcija vode u bazenu može se izvoditi s više vrsta kemijskih sredstava, od kojih je klor najraširenije sredstvo za dezinfekciju vode. Klor inaktivira patogene bakterije u vodi, oksidira organske tvari i osigurava bakteriološku ispravnost vode. Za dezinfekciju projektiranog bazena koristit će se otopina natrijevog hipoklorita (NaOCl). Automatskim radom mjernog uređaja i dozirne crpke osigurava se tražena koncentracija slobodnog klora u vodi.

Otopina natrijevog hipoklorita dobavlja se u koncentraciji od oko 15% aktivnog klora. Vrijednost slobodnog klora, prema normi i Pravilniku o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta, u javnim kupalištima treba biti između 0,2 i 1,0 mg/l slobodnog klora, što se postiže automatiziranim sustavom za mjerenje i doziranje. Ako je potrebno, najčešće prilikom punjenja bazena, interventno ručno kloriranje se vrši ubacivanjem natrijevog hipoklorita direktno u bazen, kada u njemu nema kupača. Važno za naglasiti je da je natrijev hipoklorit opasan za ljude i okolinu, da reagira s kiselinama i da je korozivan, zbog čega je nužan oprez prilikom rukovanja. Također je važno paziti da natrijev hipoklorit ne dođe u kontakt s drugim tvarima koje mogu izazvati neželjenu kemijsku reakciju. Ručno mjerenje

koncentracije slobodnog klora te provjera automatskog mjernog uređaja vrši se pomoću prijenosnog komparatora i tableta DPD-1.

Zahtjevi koji se postavljaju na sredstvo za dezinfekciju:

- Lako i brzo određivanje njegove koncentracije u vodi
- Izvršavanje dezinfekcije u okviru raspoloživog vremena
- Izvršavanje dezinfekcije u svim uvjetima
- Sposobnost osiguravanja bakteriološke ispravnosti vode kroz duži period, te sposobnost uništavanja patogenih bakterija
- Ne smije izazvati toksičnost vode ili joj dati čudan okus i miris
- Mora biti lako nabavljiv, siguran za rukovanje, i u granicama budžeta za održavanje bazenske tehnike

Mjesto uboda cjevovoda za kloriranje u cjevovod obrade vode mora biti smješten što bliže izlazu filtra, tj. nakon izmjenjivača topline, kako bi dio cijevi koji bi mogao biti sklon mikrobnjoj kontaminaciji bio što kraći. Kako bi se omogućilo odvojeno čišćenje i dezinfekcija dijelova cijevi između ulaza za doziranje klora i filtra, oni moraju biti opremljeni odgovarajućim ventilima za zatvaranje koji ih izoliraju od bazena. Kako bi se izbjegao prekid kloriranja, dovoljna količina klora mora se držati u zalihama

3.4.2 pH vrijednost bazenske vode

Za potrebe punjenja i nadopune bazena, koristi se voda iz gradskog vodovoda, čija je pH vrijednost oko 7,0. Voda u bazenu kontinuirano odlazi u lužnato područje, tj. ima tendenciju kontinuiranog rasta pH vrijednosti. Pri podešavanju pH vrijednosti treba imati na umu da dodavanje natrijevog hipoklorita isto tako povećava pH vrijednost, što može negativno utjecati na flokulaciju i dezinfekciju.

Visoka razina pH vrijednosti, iznad 9,0, može biti štetna za kožu i oči, stoga je važno redovito mjeriti i održavati pH vrijednost u zahtijevanom rasponu. Kemijska otopina koja se koristi za snižavanje pH vrijednosti je otopina sulfatne kiseline H_2SO_4 . Automatskim radom mjernog uređaja i dozirne crpke osigurava se držanje pH vrijednosti u traženom rasponu od 6,5 do 7,5. Ručno mjerenje pH vrijednosti, te provjera automatskog mjernog uređaja vrši se pomoću prijenosnog komparatora i tableta *Phenol red*.

Sulfatna kiselina obično se koristi s masenim udjelom između 30 i 45 %. Sekundarni učinak doziranja sulfatne kiseline je povećanje koncentracije sulfata u bazenskoj vodi.

3.4.3 Sredstvo za neutralizaciju klora

Voda koja se odbacuje nakon pranja filtra ne smije sadržavati klor, stoga je prije ispuštanja potrebno izvršiti neutralizaciju. Za neutralizaciju klora koristit će se otopina natrijevog tiosulfata pentahidrata s koncentracijom do najviše 40%.

Automatski mjerni uređaj ne upravlja dozirnim crpkama za neutralizaciju klora, već dozirne crpke primaju signal od osjetnika protoka u sustavu odvodnje vode s pranja filtra, te prema njegovom signalu doziraju određenu količinu sredstva za neutralizaciju klora.

3.4.4 Sredstvo za poboljšanje filtracije

Kako bi se poboljšalo zadržavanje nečistoća u slojevima filtra i time poboljšala filtracija, koristi se flokulant koji se dozira u tlačni cjevovod prije filtra. Flokulant je kemijski pripravak koji je zaslužan za agregaciju koloidnih tvari u flokule koje zbog svoje veličine lakše zadržavaju u filtarskom sloju. Otopina aluminijevog poliklorida koristi se kao flokulant, te se dozira u koncentracijama manjim od 30%.

U koncentriranom stanju otopina aluminijevog poliklorida blago je nagrizajuća te reagira s lužinama i organskim tvarima. Aluminijev poliklorid destabilizira otopljene koloidne tvari. Kako bi proces flokulacije bio učinkovit, pH vrijednost u bazenskoj vodi se mora održavati u prikladnom rasponu, najbolje oko neutralne vrijednosti. Filtracijom se osim nečistoća, uklanja i aluminijev poliklorid, tj. ne dopušta se njegova prisutnost u obrađenoj vodi.

Isto kao u slučaju doziranja sredstva za neutralizaciju klora, automatski mjerni uređaj ne vrši upravljanje s dozirnim crpkama flokulanta, već dozirne crpke primaju signal od osjetnika protoka koji se nalazi nakon crpke filtracije, prije filtra, te prema njegovom signalu doziraju određenu količinu flokulanta. Flokulant se brzo i temeljito pomiješa s vodom izravno na mjestu njegovog doziranja.

Preporučena minimalna dozirna količina:

- kada se koriste aluminijeve soli: $0,05 \text{ g/m}^3$ (ekvivalentno $1,85 \text{ mmol/m}^3$) [1]

Proizvođač mora navesti koncentraciju aluminijskog flokulanta; potrebno je također osigurati ispravan rad dozatora, a pumpe za doziranje moraju se redovito provjeravati, najkasnije tijekom radova na održavanju ili servisiranju. Kako bi se osigurala učinkovitost procesa flokulacije, potrebno je provjeriti usklađenost sa zahtjevima za filtrat. Kada se sustav pusti u rad ili se

promijeni flokulant, potrebno je provjeriti učinkovitost provedene flokulacije mjerenjem koncentracija aluminijske soli prije i nakon tlačne filtracije.

4 PRORAČUN POSTROJENJA ZA OBRADU BAZENSKE VODE

4.1 Osnovni podaci

Vrsta bazen:	Olimpijski bazen pravilnog oblika
Površina bazena:	$A_{baz} = 1250,0 \text{ m}^2$
Dubina bazena:	$H_{baz} = 2,20 \text{ m}$
Volumen bazena:	$V_{baz} = 2750,0 \text{ m}^3$
Dovod vode:	Voda iz gradskog vodovoda
Tip filtra:	4x filter s aktivnim ugljenom i staklenom ispunom promjera 2400 mm; kapaciteta 139,0 m ³ /h
Ulaz vode:	Unos obrađene vode kroz mlaznice na dnu bazena
Usis vode:	Zahvaćanje vode iz preljevnog kanala
Vrsta cjevovoda:	Tlačni PVC
Vrijeme izmjene:	$T_{izm} \approx 4 \text{ h i } 59 \text{ min}$
Dodatna oprema:	<ul style="list-style-type: none">- dezinfekcija vode- korekcija pH vrijednosti- doziranje flokulanta- doziranje sredstva za neutralizaciju klora- grijanje bazena- podvodna LED RGB rasvjeta

4.2 Dimenzioniranje filtra

Dimenzioniranje filtra provodi se prema normi DIN 19643-1 [1], koja navodi formulu za potreban protok te iznose specifične površine vode za jednog kupaca i faktora specifičnog

opterećenja. Formula za izračun potrebnog protoka sustava obrade vode računa se prema sljedećoj formuli:

$$Q = \frac{N_{op}}{k_{op}} = \frac{A_{baz} \times n}{a \times k_{op}} \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

Gdje je:

A_{baz} - Površina bazena [m^2]

N_{op} - Nazivno opterećenje [1/h]

n - Broj kupača u satu [1/h]

a - Specifična površina vode koju zauzima pojedini kupač [m^2]

$$a = 4,5 \text{ m}^2 [1]$$

k_{op} - Faktor specifičnog opterećenja [m^{-3}]

$$k_{op} = 0,5 \text{ m}^{-3} [1]$$

Uvrštavanjem veličina u gornju formulu dobiva se:

$$Q = \frac{1}{4,5} \times \frac{A}{k_{op}} = \frac{1 \times 1250,0}{4,5 \times 0,5} = 555,556 \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

Kombinacija i vrsta filtra koji zadovoljavaju izračunati protok [15]:

- Broj filtra: 4
- Promjer filtra: $D = 2400 \text{ mm}$
- Površina filtriranja: $A_F = 4,52 \text{ m}^2$
- Visina filtra: $H = 2750 \text{ mm}$
- Priključci: DN 400
- Protok: $Q_F = 138,0 \text{ m}^3/\text{h}$
- Brzina filtracije: $v = 30 \text{ m/h}$
- Nazivni tlak: $p = 2,5 \text{ bar}$
- Regulacija filtra: Filtarska baterija s pneumatskim ventilima
- Materijal filtra: Poliester, otporan na agresivnost bazenske vode

Vrijeme izmjene cjelokupne vode u bazenskom sustavu računa se po formuli:

$$T = \frac{V}{Q} [h]$$

V – Volumen vode u bazenu (2750,0 m³)

Q – Protok vode (552,0 m³/h)

$$T = \frac{V}{Q} = \frac{2750,0}{552,0} = 4 \text{ h i } 59 \text{ min}[h]$$

Dozvoljeni broj kupača na sat:

$$N = \frac{A}{a} = \frac{1250,0}{4,5} = 277 \text{ kupača/h}$$

4.3 Hidraulički proračun crpke filtracije

Svaki filter ima svoju crpku koja tlači vodu kroz njega. Crpka filtracije bira se prema radnom protoku filtra te padovima tlaka koje crpka mora savladati.

Padovi tlaka koje crpka mora savladati su:

- Pad tlaka kroz filter
- Pad tlaka predfiltera
- Pad tlaka kroz mlaznicu za povrat obrađene vode
- Linijski pad tlaka u cjevovodu
- Pad tlaka zbog promjene profila (zbog izlaska iz spremnika, ulaska u spremnik ili promjene veličine cjevovoda)
- Pad tlaka zbog skretanja (koljena, T komada)
- Pad tlaka zbog gubitka u ventilima
- Pad tlaka zbog razlike geodetske visine u smislu visinske razlike vrha vode u kompenzaciji i vrha vode u bazenu
- Pad tlaka kroz ostalu opremu (uređaj za UV dezinfekciju, izmjenjivač topline)

Pad tlaka koji gledamo za dimenzioniranje crpke filtracije je pad tlaka od usisa bazenske vode u kompenzacijskom bazenu pa sve do najdalje mlaznice na kojoj se voda ubacuje u bazen. Proračun pada tlaka računa se prema Darcy-Weisbachovoj formuli:

$$R_{en} = \frac{\Delta p}{\rho} = \lambda \times \frac{L}{d} \times \frac{w^2}{2}$$

$$\Delta p = \lambda \times \frac{L}{d} \times \frac{\rho \times w^2}{2}$$

Gornje formule daju izraz za linijske gubitke, tj. gubitke u cjevovodu, dok za sve ostale gubitke (padove tlaka), osim u opremi, koju propisuju proizvođači nakon testiranja i mjerenja, koristimo formulu s koeficijentom lokalnog otpora (lokalni gubici).

$$\Delta p = \xi \times \frac{\rho \times w^2}{2}$$

Gdje je:

R_{en} – gubitak energije [J/kg]

Δp – pad tlaka [Pa]

λ – koeficijent otpora

L – duljina cijevi [m]

d – promjer cijevi [m]

ρ – gustoća vode [kg/m³]

w – brzina strujanja vode [m/s]

Re – Reynoldsov broj

η - dinamička viskoznost [Pa×s]

k_{PVC} – visina neravnina kod izabrane PVC cijevi [mm]

ξ – koeficijent lokalnog gubitka

Veličine koje se koriste:

$$w_{us} = 1 \text{ m/s [1]}$$

$$w_{tl} = 2 \text{ m/s [1]}$$

$$\rho_{28^\circ\text{C}} = 996 \text{ kg/m}^3 \text{ [7]}$$

$$\eta_{28^\circ\text{C}} = 850 \times 10^{-6} \text{ Pa s [7]}$$

$$v_{28^\circ\text{C}} = \frac{\eta_{28^\circ\text{C}}}{\rho_{28^\circ\text{C}}} = \frac{850 \times 10^{-6}}{996} = 8,53 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k_{PVC} = 0,03 \text{ mm [5]}$$

$$\lambda = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{k_{PVC}}{3,7 \times d} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} \text{ [8]}$$

$$Re = \frac{w \times d}{\nu} \text{ [8]}$$

4.3.1 Pad tlaka kroz filter

Pad tlaka kroz filter propisan je za svaki tip filtra od strane proizvođača, nakon puštanja filtra u pogon, te mjerenja pada tlaka točno prije i poslije filtra. Pad tlaka u filtru se mijenja u ovisnosti o količini nečistoća zadržanih u filtarskoj ispuni. U sustavu obrade vode, kada se bazenski sustav izvede, mjerenje tlaka točno prije i poslije filtra je isto tako ugrađeno u sam

sustav, te se promatra razina pada tlaka, te kada ona poraste malo više od granice propisane od proizvođača, znak je da se filter zasitio s nečistoćama te da treba pristupiti fazi pranja filtra.

Pad tlaka u odabranom filteru promjera $d = 2500$ mm iznosi:

$$\Delta p_{fil} = 0,5 \text{ bar}$$

4.3.2 Pad tlaka kroz predfilter

Pad tlaka kroz predfilter je isto tako propisan od strane proizvođača, koji se zapravo sastoji od ulaza u velikim spremnik iz cjevovoda, prolaz kroz grubu rešetku na ulazu i izlazu iz predfiltera, te izlaz iz velikog spremnika.

Pad tlaka u odabranom predfilteru iznosi:

$$\Delta p_{predf} = 0,05 \text{ bar}$$

4.3.3 Pad tlaka kroz mlaznicu za povrat obrađene vode

Bazenska voda, nakon obrade, vraća se u bazen pomoću podnih mlaznica. U podnoj mlaznici zbog ravnomjerne raspodjele obrađene vode, imamo skretanje strujanja vode, te u mlaznici, zbog skretanja dolazi do pada tlaka. Pad tlaka kroz mlaznicu računa se prema:

$$\Delta p_{ml} = \xi \times \frac{\rho \times w_{tl}^2}{2}$$

Koeficijent lokalnog gubitka za skretanje vode kroz odabranu mlaznicu u bazenskom sustavu iznosi:

$$\xi_1 = 0,53$$

$$\Delta p_{ml} = \xi_1 \times \frac{\rho \times w_{tl}^2}{2} = 0,53 \times \frac{996 \times 2^2}{2} \times 10^{-5} = 0,011 \text{ bar}$$

4.3.4 Linijski pad tlaka u cjevovodu

Linijski pad tlaka u cjevovodu se računa prema gore navedenoj jednadžbi:

$$\Delta p = \lambda \times \frac{L}{d} \times \frac{\rho \times w^2}{2}$$

te se računa od kompenzacijskog bazena do najudaljenije mlaznice. U ovom proračunu linijskog pada tlaka zbrajat će se više linijskih padova tlaka, svaki za jedan promjer cijevi koji

je sadržan u sustavu obrade vode na putanji od kompenzacije do mlaznice. Linijske padove tlaka dijelimo na one na tlačnom dijelu cjevovoda, i na one na usisnom dijelu cjevovoda.

4.3.4.1 Linijski padovi tlaka na tlačnom dijelu cjevovoda

Linijski pad tlaka za cjevovod promjera $d = 50$ mm:

$$L_{d50} = 11,5 \text{ m}$$

$$Re_{d50} = \frac{w_{tl} \times d}{\nu} = \frac{2 \times 0,05}{8,53 \times 10^{-7}} = 117233,29$$

$$\lambda_{d5} = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{k_{PVC}}{3,7 \times d} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{0,03}{3,7 \times 50} + \frac{5,74}{117233,29^{0,9}} \right) \right]^2} = 0,02$$

$$\Delta p_{d5} = \lambda \times \frac{L}{d} \times \frac{\rho \times w_{tl}^2}{2} = 0,02 \times \frac{11,5}{0,05} \times \frac{996 \times 2^2}{2} \times 10^{-5} = 0,092 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{d50} = 0,092 \text{ bar}$$

Linijski pad tlaka za cjevovod promjera $d = 63$ mm:

$$L_{d63} = 9,6 \text{ m}$$

$$Re_{d63} = \frac{w_{tl} \times d}{\nu} = \frac{2 \times 0,063}{8,53 \times 10^{-7}} = 147713,95$$

$$\lambda_{d63} = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{k_{PVC}}{3,7 \times d} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{0,03}{3,7 \times 63} + \frac{5,74}{147713,95^{0,9}} \right) \right]^2} = 0,019$$

$$\Delta p_{d63} = \lambda \times \frac{L}{d} \times \frac{\rho \times w_{tl}^2}{2} = 0,019 \times \frac{9,6}{0,063} \times \frac{996 \times 2^2}{2} \times 10^{-5} = 0,058 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{d63} = 0,058 \text{ bar}$$

Linijski pad tlaka za cjevovod promjera $d = 75$ mm:

$$L_{d75} = 5,6 \text{ m}$$

$$Re_{d75} = \frac{w_{tl} \times d}{\nu} = \frac{2 \times 0,075}{8,53 \times 10^{-7}} = 175849,94$$

$$\lambda_{d75} = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{k_{PVC}}{3,7 \times d} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{0,03}{3,7 \times 75} + \frac{5,74}{175849,94^{0,9}} \right) \right]^2} = 0,019$$

$$\Delta p_{d75} = \lambda \times \frac{L}{d} \times \frac{\rho \times w_{tl}^2}{2} = 0,0186 \times \frac{5,6}{0,075} \times \frac{996 \times 2^2}{2} \times 10^{-5} = 0,028 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{d7} = 0,028 \text{ bar}$$

Linijski pad tlaka za cjevovod promjera $d = 90 \text{ mm}$:

$$L_{d9} = 6,5 \text{ m}$$

$$Re_{d75} = \frac{w_{tl} \times d}{\nu} = \frac{2 \times 0,09}{8,53 \times 10^{-7}} = 211019,93$$

$$\lambda_{d90} = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{k_{PVC}}{3,7 \times d} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{0,03}{3,7 \times 90} + \frac{5,74}{211019,93^{0,9}} \right) \right]^2} = 0,018$$

$$\Delta p_{d90} = \lambda \times \frac{L}{d} \times \frac{\rho \times w_{tl}^2}{2} = 0,018 \times \frac{6,5}{0,090} \times \frac{996 \times 2^2}{2} \times 10^{-5} = 0,026 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{d90} = 0,026 \text{ bar}$$

Linijski pad tlaka za cjevovod promjera $d = 140 \text{ mm}$:

$$L_{d140} = 5,9 \text{ m}$$

$$Re_{d140} = \frac{w_{tl} \times d}{\nu} = \frac{2 \times 0,14}{8,53 \times 10^{-7}} = 328253,22$$

$$\lambda_{d140} = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{k_{PVC}}{3,7 \times d} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{0,03}{3,7 \times 140} + \frac{5,74}{328253,22^{0,9}} \right) \right]^2} = 0,016$$

$$\Delta p_{d1} = \lambda \times \frac{L}{d} \times \frac{\rho \times w_{tl}^2}{2} = 0,016 \times \frac{5,9}{0,14} \times \frac{996 \times 2^2}{2} \times 10^{-5} = 0,013 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{d140} = 0,013 \text{ bar}$$

Linijski pad tlaka za cjevovod promjera $d = 160 \text{ mm}$:

$$L_{d160} = 10,6 \text{ m}$$

$$Re_{d160} = \frac{w_{tl} \times d}{\nu} = \frac{2 \times 0,16}{8,53 \times 10^{-7}} = 375146,54$$

$$\lambda_{d16} = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{k_{PVC}}{3,7 \times d} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{0,03}{3,7 \times 160} + \frac{5,74}{375146,54^{0,9}} \right) \right]^2} = 0,016$$

$$\Delta p_{d160} = \lambda \times \frac{L}{d} \times \frac{\rho \times w_{tl}^2}{2} = 0,016 \times \frac{10,6}{0,16} \times \frac{996 \times 2^2}{2} \times 10^{-5} = 0,02 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{d160} = 0,02 \text{ bar}$$

Linijski pad tlaka za cjevovod promjera $d = 200$ mm:

$$L_{d200} = 5,9 \text{ m}$$

$$Re_{d200} = \frac{w_{tl} \times d}{\nu} = \frac{2 \times 0,2}{8,53 \times 10^{-7}} = 468933,18$$

$$\lambda_{d200} = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{k_{PVC}}{3,7 \times d} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{0,03}{3,7 \times 200} + \frac{5,74}{468933,18^{0,9}} \right) \right]^2} = 0,015$$

$$\Delta p_{d200} = \lambda \times \frac{L}{d} \times \frac{\rho \times w_{tl}^2}{2} = 0,015 \times \frac{5,9}{0,2} \times \frac{996 \times 2^2}{2} \times 10^{-5} = 0,009 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{d200} = 0,009 \text{ bar}$$

Linijski pad tlaka za cjevovod promjera $d = 225$ mm:

$$L_{d225} = 13,5 \text{ m}$$

$$Re_{d225} = \frac{w_{tl} \times d}{\nu} = \frac{2 \times 0,225}{8,53 \times 10^{-7}} = 527549,82$$

$$\lambda_{d225} = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{k_{PVC}}{3,7 \times d} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{0,03}{3,7 \times 225} + \frac{5,74}{527549,82^{0,9}} \right) \right]^2} = 0,015$$

$$\Delta p_{d225} = \lambda \times \frac{L}{d} \times \frac{\rho \times w_{tl}^2}{2} = 0,015 \times \frac{13,5}{0,225} \times \frac{996 \times 2^2}{2} \times 10^{-5} = 0,018 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{d225} = 0,018 \text{ bar}$$

Linijski pad tlaka za cjevovod promjera $d = 250$ mm:

$$L_{d250} = 1,3 \text{ m}$$

$$Re_{d250} = \frac{w_{tl} \times d}{\nu} = \frac{2 \times 0,25}{8,53 \times 10^{-7}} = 586166,47$$

$$\lambda_{d250} = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{k_{PVC}}{3,7 \times d} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{0,03}{3,7 \times 250} + \frac{5,74}{586166,47^{0,9}} \right) \right]^2} = 0,014$$

$$\Delta p_{t,d250} = \lambda \times \frac{L}{d} \times \frac{\rho \times w_{tl}^2}{2} = 0,014 \times \frac{1,3}{0,25} \times \frac{996 \times 2^2}{2} \times 10^{-5} = 0,002 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{t,d250} = 0,002 \text{ bar}$$

Linijski pad tlaka za cjevovod promjera $d = 314$ mm:

$$L_{d315} = 48,5 \text{ m}$$

$$Re_{d315} = \frac{w_{tl} \times d}{\nu} = \frac{2 \times 0,314}{8,53 \times 10^{-7}} = 738569,75$$

$$\lambda_{d315} = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{k_{PVC}}{3,7 \times d} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{0,03}{3,7 \times 315} + \frac{5,74}{738569,75^{0,9}} \right) \right]^2} = 0,014$$

$$\Delta p_{d315} = \lambda \times \frac{L}{d} \times \frac{\rho \times w_{tl}^2}{2} = 0,014 \times \frac{48,5}{0,315} \times \frac{996 \times 2^2}{2} \times 10^{-5} = 0,043 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{315} = 0,043 \text{ bar}$$

4.3.4.2 Linijski padovi tlaka na usisnom dijelu cjevovoda

Linijski pad tlaka za cjevovod promjera $d = 250$ mm:

$$L_{d250} = 3,6 \text{ m}$$

$$Re_{d250} = \frac{w_{us} \times d}{\nu} = \frac{1 \times 0,25}{8,53 \times 10^{-7}} = 293083,236$$

$$\lambda_{d250} = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{k_{PVC}}{3,7 \times d} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{0,03}{3,7 \times 250} + \frac{5,74}{293083,236^{0,9}} \right) \right]^2} = 0,016$$

$$\Delta p_{d250} = \lambda \times \frac{L}{d} \times \frac{\rho \times w_{us}^2}{2} = 0,016 \times \frac{3,6}{0,25} \times \frac{996 \times 1^2}{2} \times 10^{-5} = 0,001 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{u,d250} = 0,001 \text{ bar}$$

Ukupan linijski pad tlaka u cjevovodu:

$$\begin{aligned} \Delta p_L &= \Delta p_{d50} + \Delta p_{d63} + \Delta p_{d75} + \Delta p_{d90} + \Delta p_{d140} + \Delta p_{d160} + \Delta p_{d200} + \Delta p_{d225} + \Delta p_{t,d250} \\ &\quad + \Delta p_{t,d315} + \Delta p_{u,d250} \\ &= 0,092 + 0,058 + 0,028 + 0,026 + 0,013 + 0,02 + 0,009 + 0,018 + 0,002 \\ &\quad + 0,043 + 0,001 = 0,31 \text{ bar} \end{aligned}$$

$$\Delta p_L = 0,31 \text{ bar}$$

4.3.5 Pad tlaka zbog promjene profila

Do pada tlaka zbog promjene profila dolazi pri naglom povećanju ili suženju, te se u projektiranom zadatku ti padovi tlaka manifestiraju kod:

- Izlaska iz kompenzacijskog bazena
- Promjene promjera cijevi
- Ulaza u bazen

4.3.5.1 Pad tlaka zbog izlaska vode iz kompenzacijskog bazena

Crpka filtracije usisava vodu iz kompenzacijskog bazena brzinom $w=1$ m/s, te prilikom smanjenja presjeka, tj. izlaskom iz kompenzacijskog bazena u cijev, dolazi do lokalnog pada tlaka. Pad tlaka zbog izlaska iz kompenzacijskog bazena (velikog spremnika) računa se prema:

$$\Delta p_{iz} = \xi \times \frac{\rho \times w^2}{2}$$

Koeficijent lokalnog gubitka zbog ulaska vode kroz koljeno, koje ima blago zaobljene rubove, a ne skroz oštre, iznosi:

$$\xi_2 = 0,35$$

$$\Delta p_{iz} = \xi_2 \times \frac{\rho \times w^2}{2} = 0,35 \times \frac{996 \times 1^2}{2} \times 10^{-5} = 0,002 \text{ bar}$$

4.3.5.2 Pad tlaka zbog promjene promjera cijevi

U sustavu obrade vode na mnogim mjestima dolazi do promjene promjera cijevi, nakon spajanja tlačnih cjevovoda filtracijskih crpki, na filtarskoj grani, u mimovodima, te kod grananja na mlaznice za povrat vode u bazensku školjku. Kada se promjer cijevi mijenja, bilo da se radi o suženju ili povećanju, ove promjene se moraju uzeti u obzir prilikom proračuna. Pad tlaka zbog promjene promjera cijevi računa se prema:

$$\Delta p_{pc} = \xi \times \frac{\rho \times w_{tl}^2}{2}$$

Koeficijent lokalnog gubitka zbog promjene promjera cjevovoda u smislu povećanja promjera, koja se ponavlja tri puta u sustavu obrade vode, iznosi:

$$\xi_3 = 0,12$$

$$\Delta p_{pr} = \xi_3 \times \frac{\rho \times w_{tl}^2}{2} = 3 \times 0,12 \times \frac{996 \times 2^2}{2} \times 10^{-5} = 0,007 \text{ bar}$$

Koeficijent lokalnog gubitka zbog promjene promjera cjevovoda u smislu suženja promjera, koja se ponavlja deset puta u sustavu obrade vode, iznosi:

$$\xi_4 = 0,15$$

$$\Delta p_{su} = \xi_4 \times \frac{\rho \times w_{tl}^2}{2} = 10 \times 0,15 \times \frac{996 \times 2^2}{2} \times 10^{-5} = 0,03 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{pc} = \Delta p_{pr} + \Delta p_{su} = 0,007 + 0,03 = 0,037 \text{ bar}$$

4.3.5.3 Pad tlaka zbog ulaska vode u bazensku školjku

Nakon što se voda obradi, vraća se u bazensku školjku brzinom od $w = 2 \text{ m/s}$, te zbog naglog proširenja dolazi do lokalnog pada tlaka. Ovaj pad tlaka računa se prema:

$$\Delta p_{ul} = \xi \times \frac{\rho \times w_{tl}^2}{2}$$

Koeficijent lokalnog gubitka zbog ulaska vode u bazensku školjku, kroz mlaznicu koja ima oštre rubove, iznosi:

$$\xi_5 = 1,0$$

$$\Delta p_{ul} = \xi_5 \times \frac{\rho \times w_{tl}^2}{2} = 1,0 \times \frac{996 \times 2^2}{2} \times 10^{-5} = 0,02 \text{ bar}$$

Ukupan pad tlaka zbog promjene profila, nakon što se zbroje sve tri vrste promjene profila, iznosi:

$$\Delta p_{pp} = \Delta p_{iz} + \Delta p_{pc} + \Delta p_{ul} = 0,002 + 0,037 + 0,02 = 0,059 \text{ bar}$$

4.3.6 Pad tlaka zbog skretanja cjevovoda

Pad tlaka zbog skretanja cjevovoda odnosi se na skretanje cjevovoda s koljenima i T komadima, te se taj pad tlaka računa prema:

$$\Delta p_{sc} = \xi \times \frac{\rho \times w_{tl}^2}{2}$$

Koeficijent lokalnog gubitka strujanja zbog skretanja cjevovoda (koljena i T komada), koje se ponavlja u sustavu obrade vode 36 puta, iznosi:

$$\xi_6 = 0,37$$

$$\Delta p_{sc} = \xi_6 \times \frac{\rho \times w_{tl}^2}{2} = 36 \times 0,37 \times \frac{996 \times 2^2}{2} \times 10^{-5} = 0,26 \text{ bar}$$

4.3.7 Pad tlaka zbog gubitka u ventilima

U sustavu obrade vode nalazi se mnogo ventila, koji se koriste u svrhu regulacije protoka vode ili u slučaju potrebe za preusmjeravanjem vode prilikom mogućeg kvara opreme. Kada se računaju gubici tlaka u sustavu, potrebno je uključiti i utjecaj tih ventila. Ovaj pad tlaka računa se prema:

$$\Delta p_v = \xi \times \frac{\rho \times w_{tl}^2}{2}$$

Koeficijent lokalnog gubitka strujanja zbog ventila (PVC kugla i leptir), kojih u sustavu obrade vode ima 11, iznosi:

$$\xi_7 = 0,1$$

$$\Delta p_v = \xi_7 \times \frac{\rho \times w_{tl}^2}{2} = 11 \times 0,1 \times \frac{996 \times 2^2}{2} \times 10^{-5} = 0,022 \text{ bar}$$

4.3.8 Pad tlaka zbog razlike geodetske visine

Pad tlaka zbog razlike geodetske visine ovisi o razlici između vrha vode u kompenzacijskom bazenu, te vrha vode u samom olimpijskom bazenu. Položaj strojarnice, te veličina kompenzacijskog bazena puno utječu na ovu visinsku razliku.

Visinska razlika između vrha vode u kompenzacijskom bazenu i u olimpijskom bazenu je 3,3 m, što u pogledu pada tlaka označava:

$$\Delta p_{geod} = 0,33 \text{ bar}$$

4.3.9 Pad tlaka kroz uređaj za UV dezinfekciju

Proizvođač svakog tipa uređaja za UV dezinfekciju propisuje maksimalni pad tlaka kroz uređaj. Nakon puštanja uređaja u pogon, provodi se mjerenje pada tlaka točno prije i poslije uređaja.

Pad tlaka u odabranom uređaju za UV dezinfekciju, za radni protok od 552 m³/h iznosi:

$$\Delta p_{UV} = 0,1 \text{ bar}$$

4.3.10 Pad tlaka kroz pločasti izmjenjivač topline

Proizvođač za svaki tip pločastog izmjenjivača propisuje pad tlaka koji se mjeri nakon puštanja izmjenjivača u pogon.

Pad tlaka u pločastom izmjenjivaču topline kojim se zadovoljavaju potrebe za grijanjem bazenske vode, iznosi:

$$\Delta p_{izm} = 0,15 \text{ bar}$$

Ukupan pad tlaka prema kojemu se dimenzionira crpka filtracije je:

$$\begin{aligned}\Delta p &= \Delta p_{fil} + \Delta p_{predf} + \Delta p_{ml} + \Delta p_L + \Delta p_{pp} + \Delta p_{sc} + \Delta p_v + \Delta p_{geod} + \Delta p_{UV} + \Delta p_{izm} \\ &= 0,5 + 0,05 + 0,011 + 0,31 + 0,059 + 0,26 + 0,022 + 0,33 + 0,1 + 0,15 \\ &= 1,792 \text{ bar}\end{aligned}$$

$$\Delta p = 1,8 \text{ bar}$$

Odabire se crpka filtracije s radnom točkom [12]:

$$Q = 138 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 18 \text{ m}$$

Odabrana je crpka filtracije pouzdanog proizvođača sa zadovoljavajućom radnom točkom.



Slika 17 Crpka filtracije [12]

Podatci o crpki filtracije [12]:

- Protok $Q = 138 \text{ m}^3/\text{h}$
- Visina dobave $H = 18 \text{ m}$
- Snaga motora $P = 11 \text{ kW}$
- Napon $U = 400 \text{ V}$
- Broj faza $3 \sim$

- Priključak usisa DN 125
- Priključak tlaka DN 100
- Brzina vrtnje $n_{vr} = 1450$ o/min



Slika 18 Karakteristika pumpe [12]

4.4 Proračun kompenzacijskog bazena

Kompenzacijski bazen u sustavu obrade bazenske vode ima višestruku ulogu. Osim što služi za održavanje željene razine vode u bazenu, on kompenzira valove i automatski nadopunjuje izgublenu vodu. Također, prikuplja vodu koju istiskuju kupači i služi kao spremnik vode za pranje filtra. Prema normi DIN 19643-1 [1], zapremina kompenzacijskog bazena računa se kao zbroj volumena vode koja se prelijeva preko ruba bazena, volumena vode istisnute od strane kupača i volumena vode potrebne za pranje filtra.

$$V_{kom} = V_P + V_K + V_{PF}$$

4.4.1 Voda iz preljeva - utjecaj valova

Izraz za proračun volumena vode u preljevnom kanalu, prema normi DIN 19643-1 [1], glasi:

$$V_P = 0,052 \times A \times 10^{\frac{-0,144 \times Q}{l}} = 0,052 \times 1250 \times 10^{\frac{-0,144 \times 552}{152}} = 19,5 \text{ m}^3$$

Gdje je:

A_{baz} – površina bazena (1250,0 m²)

Q_{fil} – radni kapacitet filtriranja i cirkulacije vode (552 m³/h)

l – dužina preljevnog kanala (152,0 m)

$$V_P = 19,5 \text{ m}^3$$

4.4.2 Voda istisnuta od strane kupaća

Izraz za proračun volumena vode u istisnute kupaćima, prema normi DIN 19643-1 [1], glasi:

$$V_K = 0,075 \times N = 0,075 \times 277 = 17,025 \text{ m}^3$$

Gdje je:

N_k - broj kupaća

$$V_K = 17,1 \text{ m}^3$$

4.4.3 Voda za pranje filtra

Izraz za proračun volumena vode koji se odbacuje prilikom pranja jednog filtra, prema normi DIN 19643-1 [1], glasi:

$$V_K = 4 \times A_f = 4 \times 4,52 = 18,08 \text{ m}^3$$

Gdje je:

A_f – površina filtriranja (4,52 m²)

$$V_{PF} = 18,1 \text{ m}^3$$

Potrebna ukupna zapremnina vode u kompenzacijskom bazenu iznosi:

$$V_{kom} = V_P + V_K + V_{PF} = 19,5 + 17,1 + 18,1 = 54,7 \text{ m}^3$$

Ukupna zapremnina vode u kompenzacijskom bazenu:

$$V_{kom} = 55 \text{ m}^3$$

4.5 Proračun potrebe za grijanjem bazena

Kod odabira pločastog izmjenjivača topline treba uzeti u obzir nekoliko faktora. Prije svega, treba uzeti u obzir potrebnu brzinu početnog zagrijavanja vode na željenu temperaturu prilikom prvog punjenja bazena vodom iz vodovoda. Također, potrebno je uzeti u obzir nadomještanje izgubljene topline koja nastaje zbog ishlapljivanja vode, zagrijavanje vode kojom se nadomješta količina potrošene vode za pranje filtra, gubitke topline kroz zidove bazena, te konvektivne gubitke topline s površine bazena.

Karakteristike vode:

m - Masa vode u bazenskom sustavu	$m = 2.809.000,0 \text{ kg}$
t_v – Željena temperatura bazenske vode	$t_b = 28 \text{ }^\circ\text{C}$
t_s - Temperatura vode iz vodovoda	$t_v = 11 \text{ }^\circ\text{C}$
c – Specifični toplinski kapacitet	$c = 4,187 \text{ kJ}/(\text{kg K})$ [7]
T_{vr} – Željeno vrijeme zagrijavanja	$T_{vr} = 62 \text{ sata}$

4.5.1 Snaga potrebna za početno zagrijavanje vode

Za željeno vrijeme početnog zagrijavanja vode (62 sata) nakon punjenja bazena, toplinski kapacitet izmjenjivača, prema knjizi Termodinamika 1 [6], treba biti:

$$\Phi_{poč} = \frac{m \times (t_b - t_v)}{T_{vr}} \times c = \frac{2\,809\,000 \times (28 - 11)}{62} \times 4,187 = 3\,224\,868 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} = 895,8 \text{ kW}$$

4.5.2 Snaga potrebna za nadomještanje topline izgubljene ishlapljivanjem

Formula za izračun toplinskih gubitaka zbog ishlapljivanja je:

$$\Phi_{ish} = m_v \times r$$

Gdje je:

m_v – Masa ishlapljene vode za bazen u radu [kg/s]

r – Specifična toplina isparavanja vode [kJ/kg]

$$r = 2\,257,51 \text{ kJ/kg}$$

Masa ishlapljene vode za bazen u radu računa se prema VDI 2089-1:2010 [9]:

$$m_v = \frac{\beta}{R_D \times T_{sr}} \times (p_{D,v} - p_{D,ok}) \times A$$

Gdje je:

β – Koeficijent prijenosa vode za bazen u radu [m/h]

$$\beta = 40 \text{ m/h [9]}$$

R_D – Specifična plinska konstanta vodene pare [J/(kgK)]

$$R_D = 461,52 \text{ J/(kgK) [7]}$$

T_{ok} – Temperatura okoline [°C]

$$T_{ok} = 15 \text{ °C}$$

T_{sr} – Aritmetička sredina željene temperature vode u bazenu i temperature okoline [K]

$$T_{sr} = 294,65 \text{ K}$$

$p_{D,v}$ – Tlak zasićenja vodene pare na željenoj temperaturi vode [Pa]

$$p_{D,v} = 3\,778 \text{ Pa [7]}$$

$p_{D,ok}$ – Tlak zasićenja vodene pare na temperaturi zraka okoline [Pa]

$$p_{D,ok} = 850 \text{ Pa [7]}$$

A_{baz} – Površina bazena [m²]

$$A_{baz} = 1250 \text{ m}^2$$

φ – Relativna vlažnost [%]

$$\varphi = 50\% \text{ [9]}$$

$$\begin{aligned} m_v &= \frac{\beta}{R_D \times T_{sr}} \times (p_{D,v} - p_{D,ok}) \times A = \frac{40}{461,52 \times 294,65} \times (3\,778 - 850) \times 1250 \\ &= 1076,575 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

$$\Phi_{ish} = m_v \times r = 1076,575 \times 2257,51 = 2\,430\,378,828 \text{ kJ/h} = 675,105 \text{ kW}$$

4.5.3 Snaga potrebna za nadomještanje topline izgubljene pranjem filtra

Kao što je navedeno u dijelu proračuna o zapremnini kompenzacijskog bazena, količina vode koja se odvede kod svakog pranja filtra iznosi:

$$V_{PF} = 18,1 \text{ m}^3$$

Pretpostavlja se vrijeme zagrijavanje vode kojom se nadomješta potrošena voda pri pranju filtra od 6 sati.

Toplina izgubljena pranjem filtra računa se prema knjizi Termodinamika 1 [6], po formuli:

$$\Phi_{pr} = \frac{m_{pr} \times c \times (t_b - t_v)}{6}$$

Gdje je:

m_{pr} – Masa vode odvedena zbog pranja filtra [kg]

$m_{pr} = 18\,100$ kg

$$\begin{aligned} \Phi_{pr} &= \frac{m_{pr} \times c \times (t_b - t_v)}{6} = \frac{18\,100 \times 4,187 \times (28 - 11)}{6} = 214\,723,32 \text{ kJ/h} \\ &= 59,65 \text{ kW} \end{aligned}$$

4.5.4 Toplinski tok kroz zidove i dno bazena

Zidovi bazena i kompenzacije su hladniji od željene temperature bazenske vode, te se toplina gubi zbog razlike u temperaturi vode i betonskog zida. Izraz za izračun toplinskog toka kroz zidove i dno bazena i kompenzacijskog bazena uzima se prema knjizi Termodinamika 1 [6].

A_d - Površina dna bazena i kompenzacije [m^2]

$A_d = 1314,0 \text{ m}^2$

A_z - Površina zidova bazena i kompenzacije [m^2]

$A_z = 365,2 \text{ m}^2$

k - Koeficijent prolaza topline [$\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$]

t_b - Temperature vode u bazenu [$^{\circ}\text{C}$]

t_v - Temperatura sa vanjske strane školjke bazena i kompenzacije [$^{\circ}\text{C}$]

$t_v = 11 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Formula za računanje koeficijenta prolaza topline, prema knjizi Termodinamika 1 [6], glasi:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{zr}} + \frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}} + \frac{\delta_b}{\lambda_b}}$$

Gdje je:

α_{zr} – Koeficijent prijelaza topline zraka [W/(m² K)]

$$\alpha_{zr} = 30 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

δ_{iz} – Debljina izolacije [m]

$$\delta_{iz} = 0,05 \text{ m}$$

λ_{iz} – Toplinska provodnost izolacije [W/(m K)]

$$\lambda_{iz} = 0,03 \text{ W/(m K)} [7]$$

δ_b – Debljina betona [m]

$$\delta_b = 0,3 \text{ m}$$

λ_b – Toplinska provodnost izolacije [W/(m K)]

$$\lambda_b = 2 \text{ W/(m K)} [7]$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{zr}} + \frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}} + \frac{\delta_b}{\lambda_b}} = \frac{1}{\frac{1}{30} + \frac{0,05}{0,03} + \frac{0,3}{2}} = 0,54 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

4.5.4.1 Toplinski tok kroz zidove bazena i kompenzacije

$$\Phi_Z = A_Z \times k \times (t_b - t_v) = 365,2 \times 0,54 \times (28 - 11) = 3,35 \text{ kW}$$

4.5.4.2 Toplinski tok kroz dno bazena i kompenzacije

$$\Phi_D = A_D \cdot k \cdot (t_b - t_v) = 1314 \cdot 0,54 \cdot (28 - 11) = 12,06 \text{ kW}$$

$$\Phi_{transm} = \Phi_Z + \Phi_D = 3,35 + 12,06 = 15,41 \text{ kW}$$

4.5.5 Konvektivni gubitci topline zbog strujanja vjetra preko površine bazena

Izraz za izračunavanje konvektivnih gubitaka topline do kojih dolazi zbog otvorenosti bazena prema okolini, prema knjizi Termodinamika 1 [6], glasi:

$$\Phi_k = A \times \alpha_{zr} \times (t_b - t_{zr})$$

Gdje je:

Φ_k – Konvektivni gubitci [W]

α_{zr} – Koeficijent prijelaza topline zraka [W/(m² K)]

t_{zr} – Temperatura zraka (okoline) [°C]

$$t_{zr} = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Podatci za zrak na temperaturi okoline:

μ – Dinamička viskoznost [Pa s]

$$\mu = 17,965 \times 10^{-6} \text{ Pa s [7]}$$

ρ – Gustoća [kg/m³]

$$\rho = 1,2094 \text{ kg/m}^3 \text{ [7]}$$

ν – Kinematička viskoznost [m²/s]

$$\nu = 1,486 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s [7]}$$

c_p - Specifični toplinski kapacitet [J/(kg K)]

$$c_p = 1005,75 \text{ J/(kg K) [7]}$$

λ_{tp} – Toplinska provodnost [W/(m K)]

$$\lambda_{tp} = 0,0251895 \text{ W/(mK) [7]}$$

Kako bi se izračunali konvektivni gubici, prvo je potrebno izračunati:

Reynoldsov broj:

$$Re = \frac{v \times L}{\nu} = \frac{5 \times 50}{1,486 \times 10^{-5}} = 16823687,75$$

Gdje je:

ν – Brzina vjetra

$$\nu = 5 \text{ m/s}$$

L – Najdulja stranica bazena

$$L = 50 \text{ m}$$

Prandtllov broj:

$$Pr = \frac{\mu \times c_p}{\lambda_{tp}} = \frac{17,965 \times 10^{-6} \times 1005,75}{0,0251895} = 0,7173$$

Prema modelu za turbulentno strujanje uz ravnu stijenku, dobije se vrijednost α_{zr} .

$$Nu = 0,0325 \times Re^{0,8} \times Pr^{\frac{1}{3}} = \frac{\alpha_{zr} \times L}{\lambda_{tp}}$$

$$\alpha_{zr} = \frac{0,0325 \times Re^{0,8} \times Pr^{\frac{1}{3}} \times \lambda}{L} = \frac{0,0325 \times 16823687,75^{0,8} \times 0,7173^{\frac{1}{3}} \times 0,0251895}{50}$$

$$= 8,847 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

Konvektivni gubitci bazena iznose:

$$\Phi_k = A \times \alpha_{zr} \times (t_b - t_{zr}) = 1250 \times 8,847 \times (28 - 15) = 143,764 \text{ kW}$$

Tijekom rada bazena, toplinska snaga koju je potrebno osigurati kako bi se bazen držao na željenoj temperaturi od 28 °C iznosi:

$$\Phi_{28^\circ\text{C}} = \Phi_{ish} + \Phi_{pr} + \Phi_{transm} + \Phi_k = 675,105 + 59,65 + 15,41 + 143,764$$

$$= 893,929 \text{ kW}$$

Kako bi se zadovoljio zahtjev za početnim vremenom zagrijavanja te za održavanjem temperature vode u bazenu, odabire se pločasti izmjenjivač maksimalnog toplinskog kapaciteta:

$$\Phi_{pl} = 896 \text{ kW}$$

4.6 Proračun broja mlaznica

Nakon obrade bazenske vode, ona se dovodi u bazen putem INOX podnih mlaznica s priključkom $d = 50 \text{ mm}$. Broj mlaznica treba proračunati prema normi DIN 19643-1 [1], na temelju površine i dubine bazena, uzimajući u obzir da jedna mlaznica pokriva površinu bazena od $A_{ml} = 8 \text{ m}^2$.

$$N_{ml} = \frac{A}{A_{ml}} = \frac{1250}{8} = 156,25$$

Na dnu bazena, se zbog pravilne raspodjele ugrađuje 153 INOX mlaznica (17 kom \times 9 kom).

Protok vode kroz jednu mlaznicu proračunava se prema formuli:

$$Q_{ml} = \frac{Q}{N_{ml}} = \frac{552,0}{153} = 3,608 \text{ m}^3/\text{h}$$



Slika 19 INOX podna mlaznica [10]

4.7 Proračun preljevnog kanala

Kako bi se dimenzionirao broj uboda preljevnog kanala, te cjevovoda preljevnog kanala, potrebno je provesti proračun za preljevni kanal. Prema normi DIN 19643-1 [1], protok preljevnog kanala treba biti za 50% veći od protoka filtracije, kako bi se amortizirali valovi, i padaline.

$$Q_{\text{fil}} = 552 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{prelj}} = Q_{\text{fil}} \times 1,5 = 828 \text{ m}^3/\text{h}$$

Formula za istjecanje iz kanala je:

$$Q_{\text{ubod}} = a \times \sqrt{2 \times g \times h} \times A$$

Gdje je:

a_{ist} – Koefficient istjecanja

$a_{\text{ist}} = 0,61$ (za okrugli otvor oštrog ruba)

g – Gravitacijsko ubrzanje [m/s^2]

$g = 9,80665 \text{ m}/\text{s}^2$

h_k – Visina vode u kanalu [m]

$h_k = 0,03 \text{ m}$

A_{izl} – Presjek izlazne cijevi [m²]

Promjer uboda preljeva uzima se da je $d = 160$ mm, čiji je unutarnji promjer 147,6 mm.

$$A_{izl} = \frac{d^2 \times \pi}{4} = \frac{0,1476^2 \times \pi}{4} = 0,01711 \text{ m}^2$$

$$Q_{ubod} = a_{ist} \times \sqrt{2 \times g \times h_k} \times A \times 3600$$

$$= 0,61 \times \sqrt{2 \times 9,80665 \times 0,03} \times 0,01711 \times 3600 = 28,83 \text{ m}^3/h$$

Broj potrebnih uboda računa se prema formuli:

$$N_{ubod} = \frac{Q_{prelj}}{Q_{ubod}} = \frac{828}{28,83} = 28,72 \text{ uboda}$$

Potreban broj uboda je 28,72. Zbog pravilne raspodjele uboda po cijelom preljevnom kanalu, broj uboda će biti 20.

4.8 Proračun reflektora

Za različite vrste bazena, kao što su olimpijski bazeni, bazeni s masažama, dječji bazeni i bazeni s toboganima, potrebno je prilagoditi zahtjeve za osvjetljenjem, koji se određuju iskustveno. Za olimpijski bazen nije potrebno postići istu razinu osvjetljenja kao za druge vrste bazena, te stoga nije potrebno imati 100 lm/m², već je dovoljno 50 lm/m². Za izračun potrebnog ukupnog osvjetljenja, površina bazena $A_{baz} = 1\,250,0$ m² se pomnoži sa zahtjevom od 50 lm/m², što rezultira potrebnim ukupnim svjetlosnim tokom od 62 500 lm.

Za predmetni bazen predviđeno je korištenje reflektora s karakteristikama:

- Svjetlosni tok: 2 544 lm
- Snaga: 43 W
- Napon: 12 V
- Zaštita od vode: IP68

Kako bi se zadovoljio potrebni svjetlosni tok od 62 500 lm, potrebno je ugraditi 25 odabranih reflektora, koji bi dali ukupni svjetlosni tok od 63 600 lm.



Slika 20 LED RGB reflektor [10]

4.9 Proračun ventilatora

Zbog zahtjeva u normi DIN 19643-1 [1], strojarnicu i sobu kemijske pripreme potrebno je ventilirati iz razloga rada s kemijskim otopinama. Ventilator u strojarnici služi za izbacivanje zraka iz strojarnice, čime se stvara podtlak koji usisava zrak kroz cijevi za dovod zraka. Odabir ventilatora je prema broju izmjene zraka u određenom prostoru.



Slika 21 Ventilator za izbacivanje zraka [16]

4.9.1 Proračun ventilatora strojarnice

Ventilator za izbacivanje zraka iz strojarnice odabire se prema zahtjevu iz norme DIN 19643-1, za 5 izmjena zraka u strojarnici.

$$Q_{v1} = \frac{N_{iz} \cdot V_s}{1 \text{ h}} = \frac{5 \cdot 1225}{1} = 6125 \text{ m}^3/\text{h}$$

Gdje je:

N_{iz} – Broj izmjena zraka u satu

V_s – Volumen zraka u prostoru strojarnice [m^3]

$$V_s = 1225 \text{ m}^3$$

Odabiru se 3 ventilatora sljedećih karakteristika [16]:

$$Q_{v1} = 2050 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$P_{v1} = 0,3 \text{ kW}$$

$$p_{v1} = 730 \text{ Pa}$$

4.9.2 Proračun ventilatora sobe kemijske pripreme

Ventilator za izbacivanje zraka iz sobe kemijske pripreme odabire se prema zahtjevu iz norme DIN 19643-1 [1], za 10 izmjena zraka u strojarnici.

$$Q_{v1} = \frac{N_{iz} \cdot V_{kem}}{1 \text{ h}} = \frac{10 \cdot 172,2}{1} = 1722 \text{ m}^3/\text{h}$$

Gdje je:

N_{iz} – Broj izmjena zraka u satu

V_{kem} – Volumen zraka u prostoru sobe kemijske pripreme [m^3]

$$V_{kem} = 172,2 \text{ m}^3$$

Odabire se ventilatora sljedećih karakteristika [16]:

$$Q_{v2} = 1750 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$P_{v2} = 0,3 \text{ kW}$$

$$p_{v2} = 730 \text{ Pa}$$

4.10 Dimenzioniranje priključka bazenske tehnike

Inicijalno punjenje bazena predviđa se u trajanju od 150 sati s obzirom da je volumen bazenske školjke i kompenzacijskog bazena $V_{\text{baz}} = 2809 \text{ m}^3$. Za promjer cijevi punjenja i nadopune DN50 ($d = 63 \text{ mm}$), potrebno je osigurati $18,7 \text{ m}^3/\text{h}$ ($5,2 \text{ l/s}$) vode iz javnog vodovoda, koja u sustav bazenske tehnike dolazi s brzinom od $v = 2,0 \text{ m/s}$.

5 UTROŠAK ENERGIJE I KEMIJSKIH SREDSTAVA

Zbog dobrog planiranja troškova električne energije i potrošnje kemijskih sredstava, potrebno je napraviti proračun utroška energije i kemikalija. Na taj način dobiva se jasna slika o troškovima rada postrojenja i potrebama za naručivanjem novih zaliha kemikalija. Spremnike kemijskih otopina dimenzionirat će se prema zadovoljavanju potreba iz zaliha (u spremniku) za dva mjeseca. Spremnici su izvedeni od polietilena, materijala postojanog na kemijska sredstva koja se unutra nalaze. Ista vrsta materijala koristi se i za tankvanu, zaštitnu posudu koja štiti sobu za kemijsku pripremu i strojarnicu od kontaminacije u slučaju da se spremnik probije, poklopac popusti ili se tekućina nehotice izlije prilikom nadopune.



Slika 22 Spremnik i zaštitna posuda [13]

5.1 Utrošak kemijskih sredstava

5.1.1 Natrij-hipoklorit

Prema normi DIN 19643-1 [1], za potrebe dezinfekcije bazenske vode klornom otopinom natrijevog hipoklorita, potrebno je dozirati 0,1 - 0,2 litara/10 m³ dnevno.

$$Q_{NaOCl} = \frac{V_{baz} \times 0,2}{10}$$

Gdje je:

V_{baz} – Zapremnina bazenske vode u sustavu [m³]

$$V_{baz} = 2\,809 \text{ m}^3$$

Q_{NaOCl} – Potrošnja natrijevog hipoklorita po danu [litara/dan]

$$Q_{NaOCl} = \frac{V_{baz} \times 0,2}{10} = \frac{2\,809 \times 0,2}{10} = 56,18 \text{ litara/dan} = 1685,4 \text{ litara/mjesec}$$

Računato da je prosječan mjesec ima 30 dana.

Potrebno je predvidjeti spremnik dezinfekcijskog sredstva minimalne zapremnine od 3370 litara.

5.1.2 Sulfatna kiselina

Količina doziranja sulfatne kiseline, sredstva za snižavanje pH vrijednosti, nije propisana kao što je to slučaj za natrijev hipoklorit. Količina doziranja ovisi o vremenu, okolini, broju kupača, navikama kupača, te o mnogo drugih faktora. Zbog nemogućnosti računanja potrebne količine sulfatne kiseline za zadovoljavanje potreba za dva mjeseca, osim kada bi se pogon pustio u rad na mjesec dana pa tek onda naručivao spremnik, što nije opcija, uzima se spremnik jednake zapremnine kao za natrijev hipoklorit.

Potrebno je predvidjeti spremnik sulfatne kiseline minimalne zapremnine od 3370 litara.

5.1.3 Aluminijev poliklorid

Prema normi DIN 19643-1 [1], za potrebe procesa flokulacije bazenske vode aluminijevim polikloridom, potrebno je dozirati 0,02 - 0,1 litara/10 m³ dnevno.

$$Q_{PAC} = \frac{V_{baz} \times 0,1}{10}$$

Gdje je:

V_{baz} – Zapremnina bazenske vode u sustavu [m^3]

$$V_{\text{baz}} = 2\,809 \text{ m}^3$$

Q_{PAC} – Potrošnja aluminijevog poliklorida po danu [litara/dan]

$$Q_{\text{PAC}} = \frac{V \times 0,1}{10} = \frac{2\,809 \times 0,1}{10} = 28,09 \text{ litara/dan} = 842,7 \text{ litara/mjesec}$$

Računato da prosječan mjesec ima 30 dana.

Potrebno je predvidjeti spremnik flokulanta (PAC) minimalne zapremnine od 1685 litara.

5.1.4 Natrijev bisulfit

Otopina natrijevog bisulfita koristi se samo kod neutralizacije vode koja se odbacuje nakon pranja filtra. Veličina spremnika se proizvoljno određuje prema podacima o broju filtra, količini vode koja se troši za pranje jednog filtra, te učestalosti pranja filtra.

Potrebni podatci:

- $V_{\text{PF}} = 18,1 \text{ m}^3$
- Broj filtra: 4
- Učestalost pranja filtra: 1 do 2 puta tjedno

Potrebno je predvidjeti spremnik natrijevog bisulfita minimalne zapremnine od 1685 litara.

5.2 Ukupan utrošak kemijskih sredstava

Navedeno je da su spremnici dimenzionirani da zadovolje potrebu za kemijskim sredstvima u periodu od minimalno 2 mjeseca. U sljedećoj tablici navedena je skupna potreba za svim kemijskim sredstvima u sustavu obrade bazenske vode, za jedan dan, jedan mjesec, te koliko je minimalna potrebna zapremnina spremnika.

/	Natrijev hipoklorit	Sulfatna kiselina	Aluminijev poliklorid	Natrijev bisulfit
Dnevna potrošnja	56,18 litara/dan	/	28,09 litara/dan	/
Mjesečna potrošnja	1685,4 litara/mjesec	/	842,7 litara/mjesec	/

Veličina spremnika	3370 litara	3370 litara	1685 litara	1685 litara
--------------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Tablica 3 Potrošnja kemijskih sredstava i veličina spremnika

5.3 Ukupna snaga trošila u sustavu za obradu bazenske vode

Značajna količina električne energije troši se u sustavu za obradu bazenske vode, pa je poželjno izračunati ukupnu potrošnju kako bi se planirali troškovi električne energije pogona. Proračun je proveden za sve dijelove pripreme vode, uključujući opremu koja zahtijeva električnu energiju.

Filtracijske crpke [x5]	11	kW
Puhalo filtracije	5,5	kW
Crpka uzorkovanja	0,3	kW
Analizator vode	0,1	kW
LED RGB reflektor [x25]	0,04	kW
UV dezinfekcija	3 žarulje po 3 kW	kW
Ventilatori [x4]	0,3	kW
Dozirne crpke [x4]	0,04	kW
UKUPNO	72,26	kW

Tablica 4 Ukupna snaga trošila

Ukupna vršna potrošnja snage trošila u sustavu obrade vode iznosi $P_{el} = 72,26$ kW. Napomena je da se većinu vremena ne koriste svih 5 crpki filtracije, osim kada se odvija pranje filtra. Najveći dio snage troši se na crpke filtracije, što je bilo očekivano.

6 Zaključak

Olimpijski bazen ima drugačiju namjenu u usporedbi s ostalim bazenima. Namijenjen je isključivo za sportske aktivnosti poput plivanja, vaterpola ili sličnog, za razliku od drugih vrsta bazena koji su namijenjeni opuštanju, masaži ili igri. Kako je olimpijski bazen namijenjen sportu, obično je veći od većine drugih bazena te ima znatno veću zapremninu vode. Sukladno sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta, sustav obrade vode u olimpijskom bazenu mora zadovoljiti stroge zahtjeve na kvalitetu vode utvrđene u DIN normi. Nakon izrade detaljnog proračuna prema normi i pregleda nacrtu olimpijskog bazena i njegovog sustava obrade vode, postaje jasno da se radi o jednom kompleksnom sustavu koji zauzima

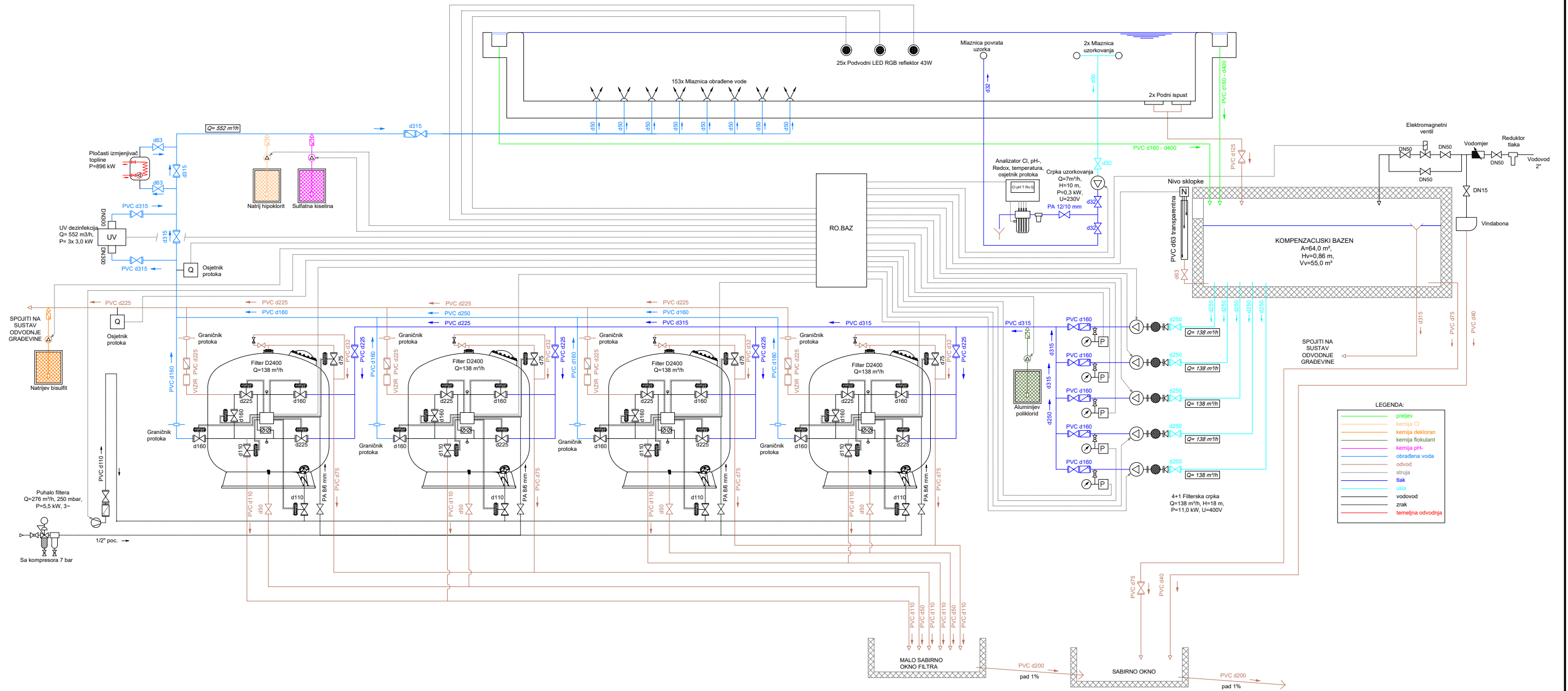
veliku površinu strojarnice, što je potrebno za osiguravanje visoke kvalitete vode i sigurnosti kupaca. Stoga, projektiranje sustava obrade vode olimpijskog bazena zahtijeva veliku ozbiljnost i pažnju kako bi se postigli optimalni uvjeti za sportske aktivnosti te kako bi projektant mogao biti zadovoljan da je omogućio sigurno korištenje bazena.

7 LITERATURA


- [1] DIN 19463-1 „Bazenska tehnika“
- [2] DIN 19463-2 „Bazenska tehnika“
- [3] Pravilnik o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima u bazenskim kupalištima te o zdravstvenoj ispravnosti vode (NN 059/2020)
- [4] FINA – Pravila za bazene i opremu za natjecanje
- [5] Krautov strojarski priručnik
- [6] Galović A., Termodinamika 1, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2014
- [7] Halasz B., Galović A., Boras I., Toplinske tablice, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2015
- [8] Virag Z., Šavar M., Džijan I., Mehanika fluida 1 – predavanja, Zagreb, 2017
- [9] VDI 2089-1:2010 „Klimatizacija unutarnjih javnih bazena“
- [10] Katalog tvrtke Astralpool
- [11] Katalog tvrtke Bio-UV
- [12] Katalog tvrtke Speck Pumpen
- [13] Katalog tvrtke Etatron D.S.
- [14] Katalog tvrtke FPZ
- [15] Katalog tvrtke Technol
- [16] Katalog tvrtke Vortis
- [17] Katalog tvrtke Hexonic
- [18] Katalog tvrtke Lovibond
- [19] Juretić H., Predavanja iz kolegija Voda, gorivo i mazivo E, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2019

8 TEHNOLOŠKA SHEMA I PRIKAZ SMJEŠTAJA POSTROJENJA

OLIMPIJSKI BAZEN
 A=1250,0 m², H=2,2 m; V=2750,0 m³

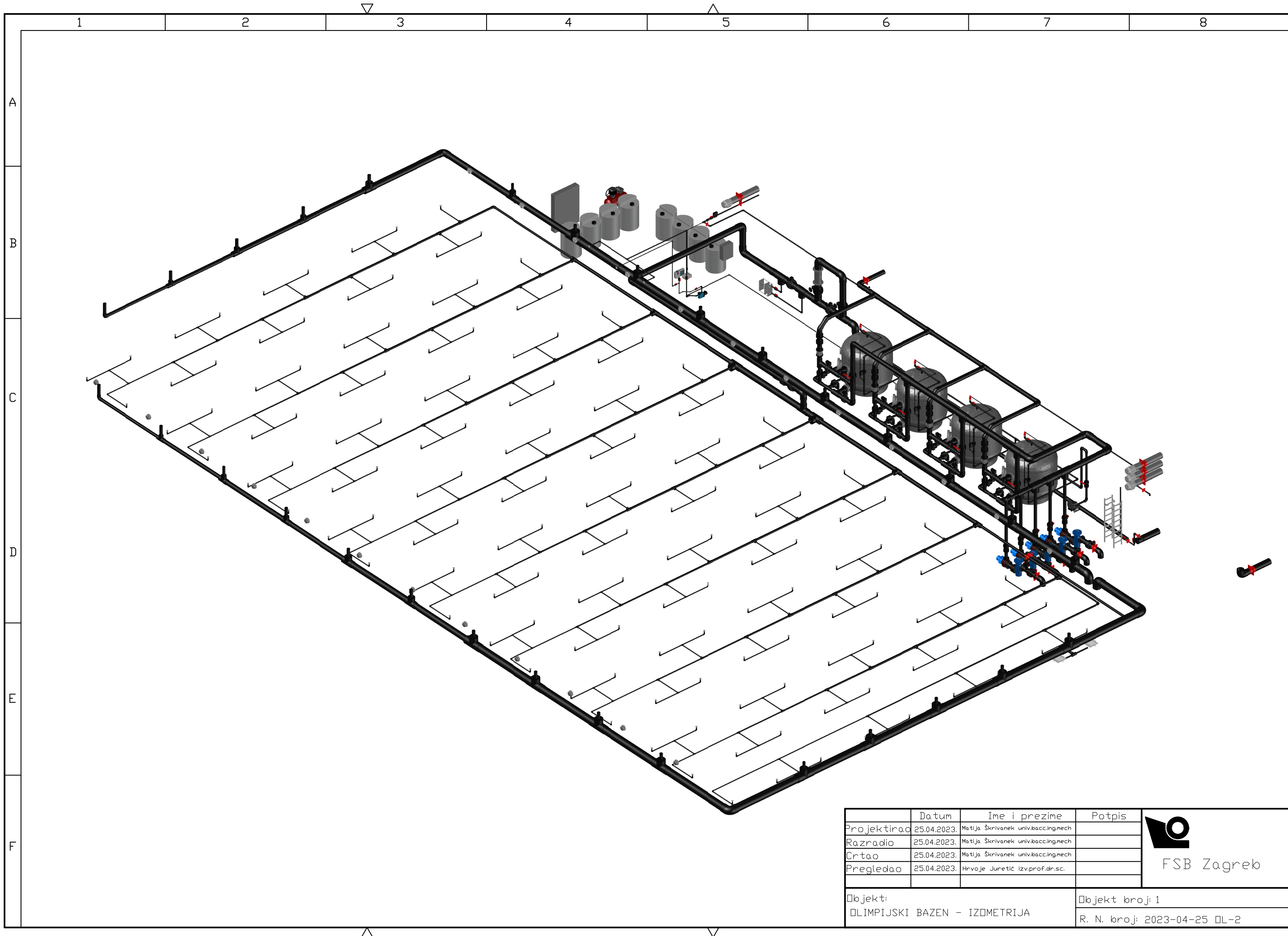


	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	25.04.2023.	Matija Škrivanek univ.bacc.ing.mech	
Razradio	25.04.2023.	Matija Škrivanek univ.bacc.ing.mech	
Crtao	25.04.2023.	Matija Škrivanek univ.bacc.ing.mech	
Pregledao	25.04.2023.	Hrvoje Juretić izv.prof.dr.sc.	



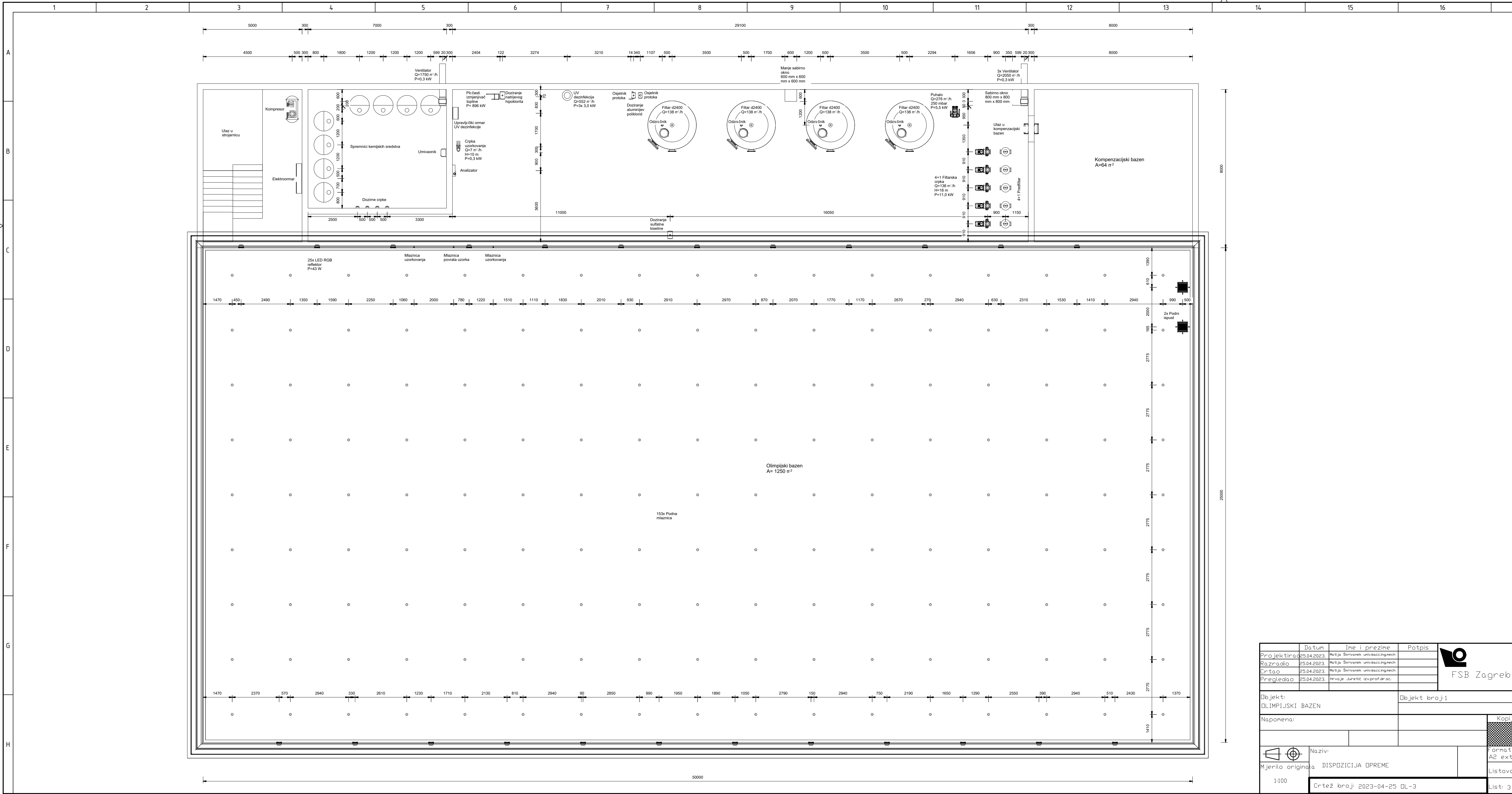
FSB Zagreb


Objekt: OLIMPIJSKI BAZEN - TEHNOLOŠKA SHEMA	Objekt broj:1 R. N. broj: 2023-04-25 OL-1
--	--




	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	25.04.2023.	Matija Škrivanek univ.bacc.ing.mech	
Razradio	25.04.2023.	Matija Škrivanek univ.bacc.ing.mech	
Crtao	25.04.2023.	Matija Škrivanek univ.bacc.ing.mech	
Pregledao	25.04.2023.	Hrvoje Juretić izv.prof.dr.sc.	
Objekt: OLIMPIJSKI BAZEN - IZDMETRIJA			Objekt broj: 1 R. N. broj: 2023-04-25 OL-2

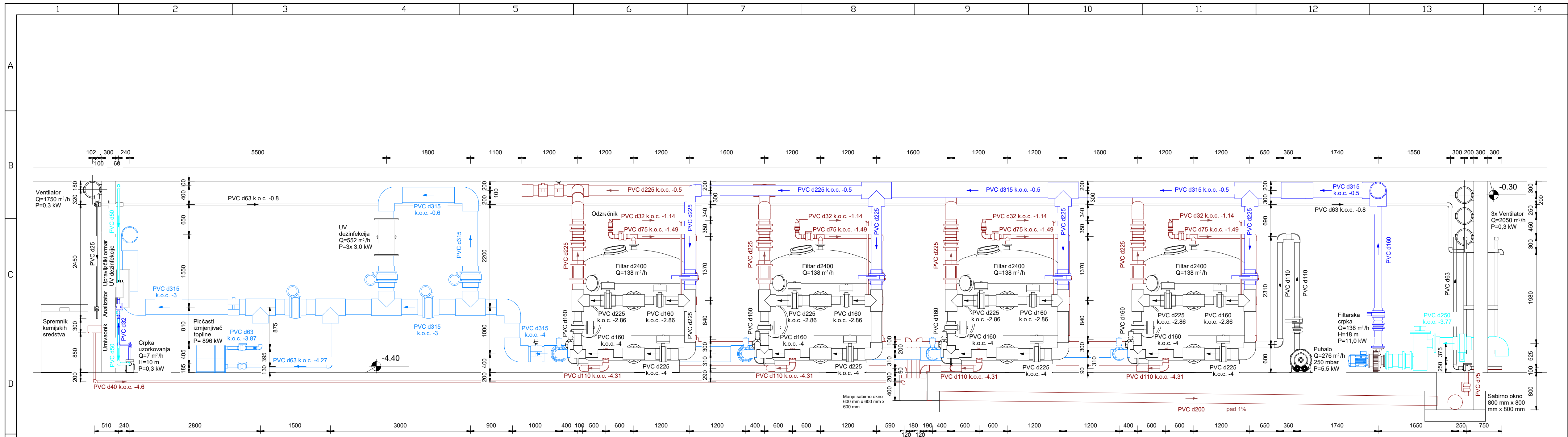




Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Razradio	25.04.2023.	Marija Šerivanež univ.baccingnech		
Crtao	25.04.2023.	Marija Šerivanež univ.baccingnech		
Pregledao	25.04.2023.	Marija Šerivanež univ.baccingnech		
Objekt: OLIMPIJSKI BAZEN				Objekt broj:1
Napomena:				Kopija
Mjerilo originala: 1:100				Naziv: DISPOZICIJA OPREME
1:100				Format: A2 extend
Crtež broj: 2023-04-25 DL-3				Listova:5
				List: 3



Projektor	Datum	Ime i prezime	Patpis	 FSB Zagreb
Razradio	25.04.2023.	Matija Šimunek urivbac@ingeneer.hr		
Crtao	25.04.2023.	Matija Šimunek urivbac@ingeneer.hr		
Pregledao	25.04.2023.	Matija Šimunek urivbac@ingeneer.hr Hrvoje Juretic lexprof@risc.hr		
Projekt: OLIMPIJSKI BAZEN		Projekt broj: 1		
Napomena:		R. N. broj:		
Naziv:		Mjerilo originala: CIJEVNI RAZVOD		Kopija
1:100		Crtež broj: 2023-04-25 DL-4		Format: A2 extend Listova: 5 List: 4



Projekcija	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Razradio	25.04.2023.	Matija Škrivanek univ.baccing.mech		
Crtao	25.04.2023.	Matija Škrivanek univ.baccing.mech		
Pregledao	25.04.2023.	Hrvoje Juretic izv.prof.dr.sc.		
Objekt:		Objekt broj:1		
OLIMPIJSKI BAZEN		R. N. broj:		
Napomena:		Kopija		
Naziv:		Format: A3 extend		
Mjerilo originala		Listova: 5		
1:50		List: 5		
Crtež broj: 2023-04-25 OL-5				