



Investitor:

ODVODNJA d.o.o.

Hrvatskog Sabora 2/D

23 000 Zadar

Građevina:

UPOV "Centar" Zadar – sustav za fotokatalitičko pročišćavanje zraka

Projekt:

Glavni strojarski projekt

B. TEHNIČKI OPIS

- B.1. Općenito o UPOV-u „Centar“ – Zadar
- B.2. Općenito o postojećem sustavu pročišćavanju zraka na UPOV-u
- B.3. Novo tehničko rješenje pročišćavanja zraka
 - B.3.1. Foto-katalitičko pročišćavanje zraka
- B.4. Ex zaštita
- B.5. Postojeći sustav ventilacije
- B.6. Zaštita od buke
- B.7. Završne napomene za montažu opreme

Zagreb, travanj 2016.

B. TEHNIČKI OPIS

B.1. Općenito o UPOV-u „Centar“ – Zadar

Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV) „Centar“ – Zadar je uređaj za biološko pročišćavanje otpadnih voda, koji se sastoji od prethodnog, prvog i drugog stupnja pročišćavanja projektiran za 100.000 ekvivalentnih stanovnika (ES).

Kao tehnološko rješenje „drugog stupnja“ pročišćavanja primijenjen je tzv. jednostupanjski (konvencionalni) uređaj s aktivnim muljem uz odvojenu stabilizaciju mulja. „Drugi stupanj“ pročišćavanja sastoji se od niza bioloških, kemijskih i fizikalnih procesa koji imaju funkciju uklanjanja organskih tvari prisutnih u vodi, a obuhvaća primjenu bioloških i/ili drugih postupaka pročišćavanja, kojima se u otpadnim vodama smanjuje koncentracija suspendiranih tvari i BPK5 influenta za 70-90% a koncentracija KPK za najmanje 75%.

Uređaj je projektiran prema standardu ATV/DVWK A 131, s pretpostavkom da su ulazne karakteristike influenta gradskog karaktera.

Količine otpadne vode:

		(m ³ /d)	(m ³ /h)	(l/s)
Sušno vrijeme	Qd	17.500	-	-
	qm = qmax	-	1.500	420
Kišno vrijeme	Qd	27.500		
	qm = qmax	-	3.000	850

Projektirani teret onečišćenja u dovodu na postrojenje za pročišćavanje otpadnih voda

BPK 5 : 250 mg/L
KPK : 700 mg/L
Susp.tvar: 400 mg/L

Stvarni prosječni teret onečišćenja u dovodu na postrojenje za pročišćavanje otpadnih voda

BPK 5 : 365 mg/L
KPK : 685 mg/L
Susp.tvar: 270 mg/L

Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda, UPOV Centar, projektiran je za obradu komunalnih otpadnih voda kao i za obradu suviška mulja koji je nastao kao nusprodukt pročišćavanja komunalnih otpadnih voda, međutim postrojenje se koristi i za prihvrat otpadne vode iz septičkih jama.

U 2015.g. prosječna dnevna količina otpadne vode koja se dopremila na UPOV Centar iznosila je oko 12 000 m³/dan, a od toga je (prosječno) 550 m³/dan od prihvata sadržaja septičkih jama. Maksimalna dnevna količina otpadne vode od prihvata sadržaja septičkih jama koja se dopremila na UPOV Centar iznosila je 811,6 m³/dan.

B.2. Općenito o postojećem sustavu pročišćavanju zraka na UPOV-u

Od samog početka rada UPOV-a Centar, pojavio se problem povećane koncentracije H₂S-a na ulaznoj građevini i na pogonu dehidracije mulja.

Povećana koncentracija H₂S-a na UPOV-u Centar je vodeći problem s kojim se UPOV Centar bori i glavni uzrok neugodnih mirisa koji se šire s UPOV-a Centar.

Prilikom dosadašnjih analiza ustanovljeno je da je veliki problem u sastavu vode koja dolazi na uređaj. Na uređaj dopijevaju sanitarna otpadna voda iz C.S. Arbanasi II opterećena morskom vodom čija se koncentracija mijenja dva puta na dnevnoj bazi (ovisno o plimi i oseci), otpadna voda sa obrade mulja (putem interne kanalizacije uređaja) koja je opterećena H₂S-om, odvodnjavanja sa cesta i krovnih površina, te dodatno otpadna voda od prihvata sadržaja septičkih jama. Takva voda koja dolazi na uređaj generira veliku koncentraciju H₂S-a.

Problemi prikupljanja i pročišćavanja otpadnog zraka javljaju se na:

- ulaznoj građevini (zona grubih rešetki, ulaznoj crpnoj stanici i zoni finih rešetki)
- pogonu obrade mulja (ugušivači, zgrada dehidracije, centrifuge).

Otpadni zrak iz zone grubih rešetki, sabirnog kanala u dovodu, ulaznoj crpnoj stanici, zone finih rešetki (ulazna građevina) kao i od obrade mulja (zgrada dehidracije, centrifuge i ugušivači) pročišćava se na način da se kontaminirani zrak „pere“ pomoću kemikalija u tzv. scrubberima, te se dalje obrađuje na biofilterima.

Postojeći problemi oko prikupljanja i pročišćavanja otpadnog zraka sa ulazne građevine

U ulaznoj građevini, dnevna koncentracije H_2S se kreće u rasponu od 10 ppm do 160 ppm. Razlog u ovako velikim oscilacijama u mjerenju se može objasniti u činjenici da se dnevno na UPOV „Centar“ – Zadar, osim sanitarne otpadne vode koja se doprema preko C.S. „Arbanasi II“ i kolektorom visoke zone prima i prosječno oko 550 m³/dan otpadne vode od prihvata sadržaja septičkih jama te se nadmuljna voda iz ugušivača, centrat sa centrifuga kao i voda od pranja zraka sa pogona dehidracije, iz ulazne građevine i kondenzat iz biofiltara ponovno cjevovodom dopremaju u ulaznu građevinu.

U *Tablici 1* nalaze se mjerenja koncentracija H_2S u različitim vremenskim intervalima na C.S. „Arbanasi II“, te na nekoliko mjesta na cjevovodu koji doprema otpadnu vodu na UPOV „Centar“-Zadar, uz napomenu da se H_2S pojavljuje u cjevovodu kad crpke na C.S. „Arbanasi II“ počnu raditi.

Tablica 1

	CS "Arbanasi II"		Završni tlačni Cjevovod IN CENTAR		Gravitacijski šaht br. 1.		Gravitacijski šaht. br. 2.	
DATUM: (2015)	SAT	H ₂ S	SAT	H ₂ S	SAT	H ₂ S	SAT	H ₂ S
10.08.	8:00	0	8:00	35	8:00	0	8:00	53
	10:45	0	10:45	70	10:45	40	10:45	120
	13:05	0	13:05	77	13:05	105	13:05	177
11.08.	8:00	0	8:00	9	8:00	0	8:00	60
	12:00	0	12:00	66	12:00	76	12:00	77
	12:45	0	12:45	30	12:45	0	12:45	127

U svrhu ispitivanja količine otpadnog zraka, 30.07.2015. godine izvršeno je mjerenje protočne količine otpadnog zraka u kanalima sustava odsisne ventilacije u zgradi grubih i finih rešetki (ulazna građevina) od strane ovlaštene tvrtke (Alfa atest d.o.o. Split).

Rezultati ispitivanja prikazani su u *Tablici 2*.

Tablica 2

REZULTATI MJERENJA SUSTAVA ODSISNE VENTILACIJE ULAZNE GRAĐEVINE:

MJERNO MJESTO	DIMENZIJE KANALA PROMJER OTVORA mm	POVRŠINA POPREČNOG PRESJEKA KANALA m ²	IZMJERENA BRZINA ZRAKA m/s	PROTOČNA KOLIČINA ZRAKA U m ³ / h
1	Ø 450	0,158	0,87	494,9
2	Ø 400	0,126	2,18	988,8
3	Ø 630	0,312	2,70	3032,6
4	Ø 250	0,049	2,78	490,4
5	Ø 250	0,049	1,63	287,5
6	Ø 630	0,312	2,96	3324,7
7	Ø 800	0,502	4,52	8175,1
8	Ø 500	0,196	5,74	4050,1
9	Ø 500	0,196	5,70	4021,9



Mjerna mjesta:

- 1 - odsisni kanal Ø450 mm (odsis prije grube rešetke)
- 2 - odsisni kanal Ø400 mm (odsis iza grube rešetke - prije C.S.)
- 3 – odsisni kanal Ø630 mm , ukupan odsis iz prostora grubih rešetki
- 4 – odsisni kanal Ø250 mm , prije fine rešetke
- 5 – odsisni kanal Ø250 mm , iza fine rešetke
- 6 – odsisni kanal Ø630 mm , ukupan odsis iz prostora finih rešetki
- 7 – kanal Ø830 mm , ulaz u “scrubber“
- 8 – kanal Ø500 mm , ulaz u biofilter 1
- 9 – kanal Ø500 mm , ulaz u biofilter 2

Cilj ovog mjerenja je bio utvrditi protočne količine otpadnog zraka u kanalima na zadanim mjernim mjestima.

Mjerenje je provedeno za vrijeme normalnog rada – rada dva ventilatora (treći isključen u rezervi).

Mjerenje brzina strujanja izvršeno je u više točaka duž čitavog presjeka ventilacijskih kanala.

Iz dobivenih rezultata mjerenja zaključeno je slijedeće :

- protočna količina na mjernom mjestu 1 (odsis prije grube rešetke) je bitno manja od projektirane vrijednosti
- protočna količina na mjernom mjestu 5 (odsis iza fine rešetke) je bitno manja od projektirane vrijednosti
- ukupna protočna količina ; mjerno mjesto 7 (kapacitet sustava) je manji od projektirane vrijednosti.

Projektirana vrijednost je 12 000 m³/h dok je izmjerena 8175,1 m³/h.

Izmjerena količina koja ulazi u biofiltere je 4050,1 + 4021,9 m³/h (projektirane količine su 6000 + 6000 m³/h).

Iz pregleda dobivenih mjerenja je očito da se iz ulazne građevine, na scrubber, ne ventilira 12.000 m³/h već oko 8200 m³/h, što je oko 3800 m³/h manje.

Zbog problema u samom radu ventilacijskog sustava na ulaznoj građevini, povremeno, zbog nedovoljnog kapaciteta rada u ventilacijskom sustavu dolazi do propuštanja kontaminiranog zraka kroz ulazna vrata grubih rešetki u okolinu UPOV-a (trenutna očitavanja i do 80 ppm H₂S-a) što uzrokuje širenje neugodnih mirisa u okolinu samog UPOV-a.

Zbog podkapacitiranosti ventilacijskog sustava, održavanja opreme, otežani su i popravci, a skraćuje se i vijek trajanja same opreme. Naime, sumporovodik je agresivan plin i u kontaktu s vlagom iz zraka stvara se sumporna kiselina koja razara betone i nagriza opremu.

Postojeći problemi sa scrubberom i biofilterima kod ulazne građevine

Glavni problem postojećeg scrubbera je u nedovoljnoj mehaničkoj čvrstoći i pucanju pojedinih dijelova konstrukcije zbog pretankog konstrukcijskog materijala scrubbera. Spojevi i otvori na scrubberima su izvedeni nekvalitetno i propuštaju onečišćeni zrak na pukotinama. Naime, zrak se u scrubber dovodi iz ulazne građevine, da bi se djelomično iz njega, uz pomoć natrijevog hidroksida i vodikovog peroksida uklonila povećana koncentracija H₂S te se dalje dovršilo pročišćavanje na biofilterima. Zbog nekvalitetne konstrukcije scrubbera dio kontaminiranog zraka kroz pukotine izlazi u okolni prostor UPOV-a te zagađuje okolinu.

Volumen vode za pranje zraka u scrubberu, prema proračunu iznosi oko 1.100 l, što je premali kapacitet za količinu zraka koji se doprema iz ulazne građevine s ovakvim koncentracijama H₂S.

Klapne koje se nalaze između ventilatora i scrubbera nisu adekvatno izrađene, ne može im se pristupiti bez serviseru za zavarivanje plastike jer su izvedene tako da su dio cjevovoda i ne mogu se rastaviti, već se mora izrezati cjevovod i naknadno zavariti.

Prilikom rada ventilatora: 2 radna - jedan pričuvni; na ventilatoru koji se nalazi u „stand-by“ položaju klapna se ne zatvori te voda koja služi u scrubberu za pranje zraka, nakuplja se u tom ventilatoru i curi po prostoru oko ventilatora i izvor je neugodnog mirisa oko ventilatora. Ovisno

o koncentraciji H_2S -a koja se pročišćava u scrubberu, oko ventilatora se mjeri koncentracija H_2S -a u rasponu od 5-20 ppm.

Klapne koje se nalaze između scrubbera i biofiltara također nisu adekvatno izrađene, ne može im se pristupiti bez serviseru za zavarivanje plastike jer su izvedene tako da su dio cjevovoda i ne mogu se rastaviti, već se mora izrezati cjevovod i naknadno zavariti. Zbog prejake centrifugalne crpke koja je ugrađena za pranje zraka, tlak koji se stvara u scrubberu, klapnu u potpunosti otvori te u biofilter odlazi vodena otopina kojom se zrak pere i dodatno vlaži biomasu filtera te se na taj način biomasa uništava i stvara se neugodan miris po truleži u biofilteru.

Spojevi na kućištu biofiltara su izrađeni nekvalitetno i propuštaju nepročišćeni zrak.

Doziranje $NaOH$ i H_2O_2 nije u potpunosti automatizirano, već je doziranje H_2O_2 osposobljeno na način da se H_2O_2 dozira pulsno, tj. na svako četvrto doziranje $NaOH$, jedan puta se dozira H_2O_2 .

Dnevno se za pročišćavanje zraka s ulazne građevine, potroši oko 110 kg $NaOH$ i 40 kg H_2O_2 .

Postojeći problemi sa prikupljanjem otpadnog zraka sa ugušćivača mulja i pogona dehidracije

Na obradi mulja, dnevna koncentracija plinova koja se pročišćava na scrubberima iznosi:

	ppm	H_2S	NH_3	Merkaptani
Zrak se ventilira sa: ugušćivača 1 i 2, iz zgrade dehidracije i sa centrifuga	prosjeak	60	28,2	1,4
	Max.	420	150	60



U svrhu ispitivanja količine otpadnog zraka, 30.07.2015. godine izvršeno je mjerenje protočne količine otpadnog zraka u kanalima sustava odsisne ventilacije objekta dehidracije i ugušćivača mulja, od strane ovlaštene tvrtke (Alfa atest d.o.o. Split).

Rezultati ispitivanja prikazani su u *Tablici 3*.

Tablica 3

REZULTATI MJERENJA SUSTAVA ODSISNE VENTILACIJE OBJEKTA DEHIDRACIJE I UGUŠĆIVAČA:

MJERNO MJESTO	DIMENZIJE KANALA PROMJER OTVORA mm	POVRŠINA POPREČNOG PRESJEKA KANALA m ²	IZMJERENA BRZINA ZRAKA m/s	PROTOČNA KOLIČINA ZRAKA U m ³ / h
1	Ø 630	0,312	3,35	3762,7
2	Ø 500	0,196	8,42	5941,2

Sustav mehaničke odsisne ventilacije objekta dehidracije i ugušćivača UPOV-a Zadar izveden je s razvodom odsisnih kanala uključujući odsisne otvore – rešetke, sustav kanala vani do “scrubbera” i biofiltera, te instalirana 2 centrifugalna ventilatora pojedinačnog kapaciteta 6.000 m³, na način da normalno radi jedan ventilator, a drugi je u stanju mirovanja, u rezervi.

Cilj mjerenja bio je utvrditi protočnu količinu otpadnog zraka u kanalima na zadanim mjernim mjestima.

Mjerenje je provedeno za vrijeme normalnog rada – rad jednog ventilatora (drugi je isključen u rezervi).

Mjerenje brzina strujanja izvršeno je u više točaka duž čitavog presjeka ventilacijskih kanala.

Iz dobivenih rezultata mjerenja zaključeno je da se protočna količina zraka prije i poslije “scrubbera” bitno razlikuje, iako moramo napomenuti da se pročišćavanje zraka kod pogona dehidracije vrši u dva scrubbera.

Postojeći problemi sa scrubberima i biofilterom sa ugušćivača mulja i pogona dehidracije

Glavni problem je u nedovoljnoj mehaničkoj čvrstoći i pucanju pojedinih dijelova konstrukcije zbog pretankog konstrukcijskog materijala scrubbera. Spojevi između ventilatora i scrubberima su izvedeni nekvalitetno i propuštaju onečišćeni zrak na sve strane.

Zrak se u scrubbere dovodi s ugušćivača, iz zgrade dehidracije i sa centrifuga, da bi se djelomično iz njega pomoću NaOH i H_2O_2 uklonila povećana koncentracija H_2S te se dalje dovršilo pročišćavanje na biofilteru, a zbog nekvalitetne konstrukcije scrubbera, dio kontaminiranog zraka kroz pukotine izlazi u okolni prostor UPOV-a te zagađuje okolinu.

Volumen vode za pranje zraka u scrubberima, prema proračunu iznosi oko 1100 l (svaki scrubber), što je premali kapacitet za količinu zraka koji se doprema sa ugušćivača, iz zgrade dehidracije i sa centrifuga s ovakvim koncentracijama H_2S .

Klapne koje se nalaze između ventilatora i scrubbera nisu odgovarajuće izrađene, ne može im se pristupiti bez servisera za zavarivanje plastike jer su izvedene tako da su dio cjevovoda i ne mogu se rastaviti, već se mora izrezati cjevovod i naknadno zavariti. Prilikom rada jednog ventilatora, na ventilatoru koji se nalazi u stand-by položaju klapna se ne zatvori te voda koja služi u scrubberu za pranje zraka, nakuplja se u tom ventilatoru te curi po prostoru oko ventilatora i izvor je neugodnog mirisa.

Klapna koja se nalazi između scrubbera i biofiltera također nije odgovarajuće izrađena, ne može joj se pristupiti bez servisera za zavarivanje plastike jer je izvedena kao dio cjevovoda i ne može se rastaviti, već se mora izrezati cjevovod i naknadno zavariti. Tlak koji se stvara u scrubberu, klapnu u potpunosti otvori te u biofilter odlazi vodena otopina kojom se zrak pere i dodatno vlaži biomasu filtera te se na taj način biomasa uništava i stvara se neugodan miris po truleži u biofilteru.

Spojevi na kućištu biofiltera su izrađeni nekvalitetno i propuštaju nepročišćeni zrak.

Doziranje NaOH i H_2O_2 nije u potpunosti automatizirano, već je doziranje H_2O_2 osposobljeno na način da se H_2O_2 dozira pulsno, tj. na svako četvrto doziranje NaOH, jedan puta se dozira H_2O_2 .

Dnevno se za kemijsko pranje zraka s ugušćivača i iz zgrade dehidracije potroši oko 190kg NaOH i 100 kg H₂O₂.

Prostor između dva scrubbera kod zgrade dehidracije je sužen i gotovo je nemoguće proći između dva scrubbera; pristupiti crpkama, elektroormaru, mjestu za uzrokovanje kondenzata i biomase. Popravak ventilatora je otežan, a oko ventilatora se povremeno širi smrad jer spoj između ventilatora i scrubbera nije dobro izveden.

Moramo naglasiti da su postojeći scrubberi na UPOV-u prema projektu, dizajnirani isključivo za vlaženje zraka prije pročišćavanja zraka preko biofiltera, a ne za kemijsko pranje zraka.

Scrubberi su naknadno redizajnirani zbog problema u pročišćavanju zraka biološkim putem, odnosno na postojećim scrubberima je dodano pranje zraka u početku samo sa lužinom.

Kako ni tretman pranja zraka isključivo samo s lužinom nije zadovoljavao parametre za ispuštanje zraka u okolinu, a i otežano je bilo i pročišćavanje, odnosno kako se to rješenje nije pokazalo adekvatnim, ni promjena samih scrubbera u veće, u ožujku 2012. godine nije drastično dovela do poboljšanja, već su se samo troškovi održavanja povećali. Naime, kod velikih opterećenja zraka sa H₂S-om i kod ulazne građevine i kod pogona dehidracije dolazi do pojave proboja H₂S-a iz biofiltera: povremeno, izmjerene vrijednosti H₂S-a na izlazu iz biofiltera znaju biti i do 20 ppm-a (kod pikova).

Zaključno:

Trenutno tehničko rješenje, scrubber u kombinaciju sa biofilterom nije se pokazalo kao najprikladnije rješenje za tretman zraka na UPOV-u Centar iz razloga što se na UPOV-u Centar javljaju udari H₂S, tj. pikovi koji mogu doseći razinu do 500 ppm-a na pogonu obrade mulja, a tako velike koncentracije H₂S se trenutnim izborom tehnologije ne mogu pročistiti što dovodi do proboja H₂S na izlazu iz biofiltera i širenja u okolinu.

B.3. Novo tehničko rješenje pročišćavanja zraka

Uz navedenu sažetu problematiku pročišćavanja zraka koja je prethodno navedena (enormne količine uz velike oscilacije ppm-a H_2S -a) pristupilo se projektiranju novog (paralelnog) sustava pročišćavanja zraka na UPOV „Centar“ Zadar, kod zgrade mehaničkog tretmana (ulazna građevina), kao i kod zgrade dehidracije i ugušćivača mulja.

Ovim projektom, postojeći sustav na oba objekta se zadržava, jedno vrijeme tijekom perioda uhodavanja nove tehnologije, oba sustava će raditi naizmjenično, tako da možemo reći kako je ovo nadogradnja postojećeg sustava. Isto tako ne zadiramo u razmještaj ventilacije (ne mijenjamo postojeći sustav) nego mijenjamo izvršni dio ventilacije od ventilatora pa nadalje. Time cijevni razvod ventilacije ostaje isti.

Za sustav pročišćavanja zraka odabrana je metoda „PCO“ (Eng. PCO „Photo Catalytic Odour removal“), tj. foto-katalitičko uklanjanje neugodnih mirisa.

Primijenjena tehnologija uklanjanja neugodnih mirisa je najsuvremenija trenutno poznata u svijetu, a temelji se na primjeni UV-svjetlosti i katalizatora. Osim što ova tehnologija primarno uklanjanja neugodne miris, ona ujedno vrši i dezinfekciju zraka što je vrlo bitno na ovakvim tipovima postrojenja.

UV-svjetlost čisti i dezinficira atmosferu od početka vremena. Ovdje primijenjena tehnologija koristi navedeni prirodni proces za uklanjanje neugodnih mirisa.

Foto-ionizacija je fizikalno kemijski proces kojim se uklanjaju neugodni mirisi koji nastaju u objektima gdje se obrađuje otpadna voda, mulj te ostalim procesima gdje nastaju neugodni mirisi.

Na objektu ulazne građevine novi sustav je kapaciteta $Q=21.000 \text{ m}^3/\text{h}$ što je u odnosu na postojeći kapacitet od $8.000 \text{ m}^3/\text{h}$ cca 2,5 puta veći kapacitet, tj. više izmjena zraka u 1h, a na objektu dehidracije mulja kapacitet novog sustava ostaje isti, tj. $6000 \text{ m}^3/\text{h}$.

Novi sustav pročišćavanja zraka foto-katalitičkom metodom spaja se na postojeći ventilacijski sustav na zajedničkom dijelu cjevovoda DN800 (na ulaznoj građevini) koja izlazi izvan zgrade. Na vertikali tog cjevovoda se izvodi priključak (vidi nacрте u prilogu) u vidu T komada i dvije izolacijske ventilacijske leptirice. Jedna leptirica se ugrađuje prema postojećem, a druga prema novom sustavu, kako bi se omogućio pogon jedne ili druge jedinice, a isto tako da se novi sustav može izgraditi dok je kompletni uređaj u pogonu. Kada se novi sustav izgradi, ispita učinkovitost i stavi u pogon, stari će ostati kao rezerva na lokaciji uređaja za pročišćavanje otpadnih voda.

Na objektu dehidracije spajamo se na postojeći sustav na isti način samo je profil cjevovoda DN600.

Svi ventilacijski cjevovodi izvode se iz spiralno motane cijevi od nehrđajućeg čelika AISI 316.

Sukladno elaboratu za klasifikaciju prostora, svi ventilacijski cjevovodi na UPOV-u „Centar“ Zadar su u Ex Zoni 1 i sukladno tome sva nova strojarska oprema predviđena je za ugradnju u Zonu 1.

B.3.1. Foto-katalitičko pročišćavanje zraka

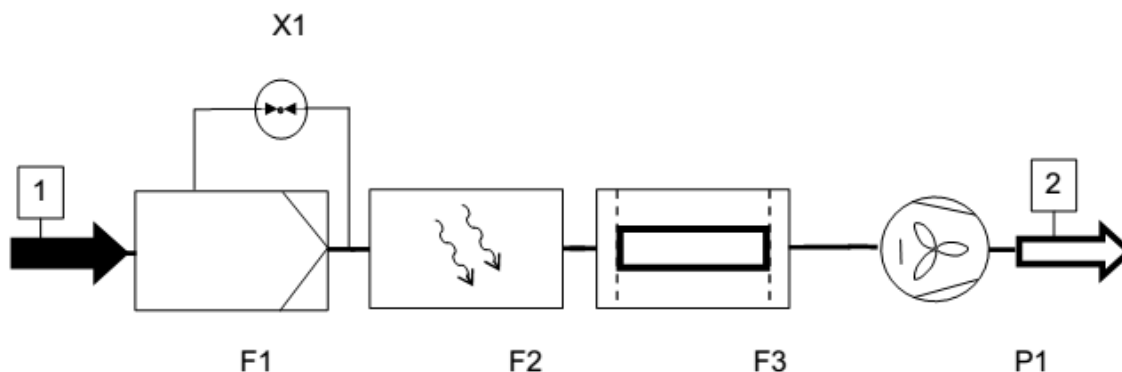
B.3.1.1. Opis jedinice

PCO jedinice su uređaji za pročišćavanje zraka modularnog tipa, što znači da se lagano mogu proširiti u slučaju potrebe. PCO jedinica se isporučuje kao kompaktna pred gotovljena jedinica te tako omogućuje instalaciju na lokaciji u minimalnom vremenu. PCO jedinica se u pravilu sastoji od inox kućišta, pred-filtera, odjeljka sa UV lampama i odjeljka sa katalizatorom. Kućište PCO jedinice je izolirano i izrađeno je sa dvostrukom stjenkom, PCO jedinice su otporne na sve vremenske uvijete i smještaju se van objekta.

B.3.1.2. Princip rada

Zrak sa neugodnim mirisima prvo prolazi kroz filter prašine (F1). Pad tlaka u filteru se kontrolira sa senzorom tlaka (X1) koji je postavljen na jedinici. Nakon što zrak prođe kroz filter odlazi u odjeljak sa UV lampama (F2), u kojem UV-svjetlo inicira katalitičke poboljšane kemijske reakcije koje rezultiraju značajnim smanjenjem neugodnih mirisa. Povezane molekule neugodnog mirisa se razbijaju djelovanjem UV svjetla. Reakcija između UV svjetla i prirodnih spojeva u zraku također dovodi do dodatnog stvaranja oksidansa koji dodatno razgrađuju ili potpuno uklanjanju

neugodne mirise. Reakcija je dodatno pojačana katalizatorima. Katalizatori (F3) omogućuju daljnju razgradnju neugodnih mirisa te sprječava ispuštanje oksidansa u atmosferu. Izlazni ventilator (P1) osigurava odsis zagađenog zraka iz objekta držeći cijeli sustav u uvjetima negativnog tlaka. Proces oksidacije djelotvorno utječe na uklanjanje neugodnih mirisa i spojeva, primjerice sumporovodika, amonijaka, merkaptana, ugljikovodika i drugih.



Slika 1. Shema PCO procesa

B.3.1.3. Opis PCO jedinice po komponentama

B.3.1.3.1. Kućište PCO jedinice

Kućíšte PCO jedinice izrađeno je od visoko kvalitetnog nehrđajućeg čelika 316 Ti. Stjenke su izrađene od „sandwich“ zidova koji su izolirani i otporni na vremenske uvjete. Konstrukcija kućišta je izvedena na način da je pristup jedinici omogućen sa prednje i zadnje strane preko revizionih tj. servisnih otvora.

B.3.1.3.2. Filter prašine

Filteri protiv prašine su projektirani da na njima ne bude pad tlaka veći od 300 Pa. Filteri su klase F7 ili F5 i smješteni su unutar jedinice.

B.3.1.3.3. Kontrola tlaka filtera

Senzor tlaka kontrolira pad tlaka u filteru, a samim tim i njegovu efikasnost. Senzor radi na temelju diferencijalnog tlaka i zaštićen je od okolnih štetnih utjecaja.

B.3.1.3.4. Nadzor tlaka sustava

Senzor tlaka kontrolira pad tlaka u sustavu, a samim tim i njegovu efikasnost. Senzor je zaštićen od okolnih štetnih utjecaja.

B.3.1.3.5. UV- odjeljak

UV svjetlost se ostvaruje preko UV lampi koje su projektirane za određenu valnu duljinu sukladno fizikalno kemijskom procesu i sastavu otpadnog zraka koji se tretira. Zrak sa neugodnim mirisima prolazi kroz odjeljak gdje UV lampe iniciraju kemijske reakcije koje značajno utječu na smanjenje neugodnih mirisa. Reakcija između UV svjetla i prirodnih sastojaka u zraku stvaraju dodatne oksidatore koji vrše daljnju degradaciju neugodnih mirisa. UV svjetlo je aktivno u cijelom odjeljku i njegov rad je potpomognut radom katalizatora. U odjeljku se nalazi točno određen broj i tip UV lampi koje su projektirane s obzirom na ulazne parametre.

B.3.1.3.6. Odjeljak katalizatora

Materijal katalizatora se odabire prema ulaznim i potrebnim izlaznim parametrima. Katalizatorski medij je efikasan u uklanjanju neugodnih mirisa koji se sastoje od organskih i neorganskih spojeva. Katalizator u PCO jedinici je u čvrstom stanju.

B.3.1.3.7. Puhala/Ventilatori

Puhalo/Ventilator smješten je izvan PCO jedinice i kućište mu je izrađeno od plastičnih materijala (PP,PE,GRP). Motor je direktno povezan sa ventilatorom. Elektromotor se isporučuje sa potrebnom klasom IP zaštite. Kako bi se smanjila emisija buke, ventilatori su opremljeni sa akustičkim haubama.

B.3.1.3.8. „Gas Warning system“, sustav za detekciju eksplozivnih plinova

Predviđena ventilacijska oprema je ugrađena u Zonu 1 i zbog toga PCO jedinica ima sustav za detekciju eksplozivnih plinova.

Na ulazu u uređaj nalazi se detektor plinova koji mjeri koncentraciju eksplozivnih plinova, u slučaju pojave eksplozivne smjese plinova tj. 40% LEL detektor plinova automatski gasi odjeljak uređaja sa UV lampama, ali odsis zraka se i dalje vrši. Nakon što koncentracija eksplozivnih plinova padne ispod zadane granice UV lampe se ponovno uključuju. Kratkotrajno gašenje UV lampi nema negativan učinak na tretman zraka.

B.3.1.4. Objekt mehaničkog tretmana (ulazna građevina)

Ulazni parametri:

Volumen građevine:

- $V_1 = 1480 \text{ m}^3$ grube rešetke
- $V_2 = 1505 \text{ m}^3$ fine rešetke
- $V = V_1 + V_2 = 2985 \text{ m}^3$

Postojeći sustav je projektiran za $12.000 \text{ m}^3/\text{h}$, ali realno ostvaruje oko $8200 \text{ m}^3/\text{h}$. Ovim projektom je odabrana jedinice kapaciteta $21.000 \text{ m}^3/\text{h}$, što je ~2,5x više od kapaciteta postojećeg postrojenja.

Koncentracija H_2S - prosječno 60 ppm, u pikovima 300ppm.

Izlazni parametri nakon PCO jedinice zadovoljavaju sve RH i EU parametre.

Garantirani izlazni parametri nakon jedinice: $\leq 300 \text{ OU}/\text{m}^3$, $\text{H}_2\text{S} \leq 1 \text{ ppm}$

B.3.1.4.1. Tehničko – tehnološko riješene za tretman zraka iz objekta mehaničkog tretmana (ulazna građevina)

Odabrana je PCO jedinica za tretman zraka iz objekta ulazne građevine (grube i fine rešetke).

Ugrađuju se dvije vanjske jedinice koje rade u sustavu 2+0, time je svaka jedinica pola traženog kapaciteta. Isto tako ugrađuju se tri ventilatora (2+1) dva radna, i jedan rezervni.

„PCO“ jedinica se gradi pokraj postojećeg tretmana na posebnoj AB ploči, tlocrtnih dimenzija 10,2 x 9,0 m (vidi nacрте u prilogu).

Protok zraka kroz jedinicu je 21.000 m³/h, što je povećanje u odnosu na trenutni protok 3x, a u odnosu na projektiranih 12.000 m³/h povećanje od 75%. Protok zraka je potrebno povećati kako bi se koncentracija H₂S unutar objekata ulazne građevine smanjila ispod 10 ppm.

Tehničke specifikacije PCO jedinice:

- Izvor neugodnog mirisa : Objekt mehaničkog tretmana
- Protok zraka (ukupni): 21.000 m³/h
- Broj jedinica: dvije, (2+0) svaka kapaciteta 10.500 m³/h
- Dimenzije: d=4,580 x š=2,190 x v=3,190 m (1 jedinica)
- Masa jedinice (u radu): 6100 kg + 6100 kg
- Klasa pred filtera: F5/7 Δp max= 300 Pa
- Materijal izrade kućišta : INOX 316 Ti
- Radijalni ventilator/puhalo : PE, FRP
- Broj ventilatora/puhala: tri, 2+1 (2 radna + 1 rezervni) – svaki kapaciteta 10.500 m³/h
- Smještaj ventilatora/puhala: Vani, pored jedinice
- Broj upravljačkih ormara: jedan (1)
- El. priključak: 3 faze /N/PE, 400 V, 50 Hz
- El. zaštita : IP 54
- Smještaj upravljačkog ormara: u prostoriji



- Instalirana snaga:
 - UV lampe: 24 kW
 - ventilatori: 3 x 15 kW (2 radna + 1 rezervni)
- Operativna (radna) snaga:
 - UV lampe: 18 kW
 - ventilatori: 19,6 kW
- Ex : Za tretman zraka iz Zone 1
- Standardne funkcije upravljanja:
 - glavni prekidač
 - prekidač operativnog režima
 - osigurači
 - signalizacija
 - vremenska sklopka
 - mjerač radnih sati
 - signalizacija stanja –ulaz –izlaz
 - kontrola tlaka filtera
 - nadzor ventilatora/puhala
 - VFD

Signali iz uređaja za spajanje na NUS (nadzorno upravljački sustav):

- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1. Signal stanja rada ventilatora | Ventilator uključen/isključen (3x) |
| 2. Signal stanja UV | UV uključen/isključen (3x) |
| 3. Signal stanja filtera zraka | 1x po jedinici |
| 4. Nadzor ventilacije | 1x po jedinici |
| 5. Vanjski alarm sustav za upozorenje prisutnosti eksplozivnih plinova | 1x po jedinici |
| 6. Kvar jedinice | 1x po jedinici |
| 7. Mjerenje razine H ₂ S | izlaz analogni signal 4-20 mA signal |

Dodatna oprema (sastavni dio isporuke):

- Zaštita od prenapona
- Dreager senzor za mjerenje H₂S na izlazu
- Sustav za detekciju eksplozivnih plinova „Gas warning sistem“



- Sustav za hlađenje upravljačke jedinice
- Haube sa vlastitim sustavom ventilacije za smanjivanje buke ventilatora
- Prigušivač buke u ispušnom dijelu cjevovoda pročišćenog zraka

Svi cjevovodi za međusobno spajanje jedinica i integriranje na postojeći sustav u verziji inox 316 – prema priloženom nacrtu.

B.3.1.5. Objekt dehidracije i ugušćivača mulja

Ulazni parametri:

Volumen građevine (podaci iz projekta):

- $V_1 = 475 \text{ m}^3$ objekt dehidracije mulja
- $V_2 = 250 \text{ m}^3$ ugušćivači mulja
- $V = V_1 + V_2 = 725 \text{ m}^3$

Izlazni parametri nakon PCO jedinice zadovoljavaju sve RH i EU parametre.

Garantirani izlazni parametri nakon jedinice: $\leq 300 \text{ OU/m}^3$, $\text{H}_2\text{S} \leq 1 \text{ ppm}$

B.3.1.5.1. Tehničko – tehnološko riješene za tretman zraka za dehidraciju mulja i ugušćivača mulja

Odabrana je PCO jedinica za tretman zraka iz objekta za dehidraciju mulja i ugušćivača mulja.

Predloženo rješenje obuhvaća kompletno uklanjanje postojećeg tretmana i zamjena PCO jedinicom koja bi samostalno vršila tretman zraka.

Ugrađuju se dvije vanjske jedinice koje rade u sustavu 2+0, time je svaka jedinica pola traženog kapaciteta. Isto tako ugrađuju se dva ventilatora (1+1) jedan radni, i jedan rezervni.

„PCO“ jedinica se gradi pokraj postojećeg tretmana na posebnoj AB ploči, tlocrtnih dimenzija 9,0 x 7,2 m (vidi nacрте u prilogu).

**Tehničke specifikacije PCO jedinice:**

- Izvor neugodnog mirisa : Objekt za dehidraciju mulja i spremnici mulja
- Protok zraka (ukupni): 6.000 m³/h
- Broj jedinica: dvije, (2+0) svaka kapaciteta 3.000 m³/h
- Dimenzije: d=4,580 x š=2,190 x v=3,190 m (1 jedinica)
- Masa jedinice (u radu): 5900kg+5900kg
- Klasa predfiltera: F5 Δp max= 300 Pa
- Materijal izrade kućišta : INOX 316 Ti
- Radijalni ventilator/puhalo : PE/PP/PVC
- Broj ventilatora/puhala: dva, 1+1 (1 radni + 1 rezervni) – svaki kapaciteta 6.000 m³/h
- Smještaj ventilatora/puhala: vani, pored jedinice
- Broj upravljačkih ormara: jedan (1)
- El. priključak: 3 faze /N/PE, 400 V, 50 Hz
- El. zaštita : IP 54
- Smještaj upravljačkog ormara: pored jedinice
- Instalirana snaga:
 - UV lampe: 24 kW
 - ventilatori: 2 x 7,5 kW (1 radni + 1 rezervni)
- Operativna (radna) snaga:
 - UV lampe: 13 kW
 - ventilatori: 5,0 kW
- Ex : Za tretman zraka iz Zone 1

Standardne funkcije upravljanja:

- glavni prekidač
- prekidač operativnog režima
- osigurači
- signalizacija
- vremenska sklopka
- mjerač radnih sati
- signalizacija stanja –ulaz –izlaz
- kontrola tlaka filtera



- nadzor ventilatora/puhala

Signali iz uređaja za spajanje na NUS (nadzorno upravljački sustav):

- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1. Signal stanja rada ventilatora | Ventilator uključen/isključen (3x) |
| 2. Signal stanja UV | UV uključen/isključen (3x) |
| 3. Signal stanja filtera zraka | 1x po jedinici |
| 4. Nadzor ventilacije | 1x po jedinici |
| 5. Vanjski alarm sustav za upozorenje prisutnosti eksplozivnih plinova | 1x po jedinici |
| 6. Kvar jedinice | 1x po jedinici |
| 7. Mjerenje razine H ₂ S | izlaz analogni signal 4-20 mA signal |

Dodatna oprema (sastavni dio isporuke):

- Zaštita od prenapona
- Dreager senzor za mjerenje H₂S na izlazu
- Sustav za detekciju eksplozivnih plinova „Gas warning sistem“
- Sustav za hlađenje upravljačke jedinice
- Haube sa vlastitim sustavom ventilacije za smanjivanje buke ventilatora
- Prigušivač buke u ispušnom dijelu cjevovoda pročišćenog zraka

Svi cjevovodi za međusobno spajanje jedinica i integriranje na postojeći sustav u verziji inox 316 – prema priloženom nacrtu.

B.4. Ex zaštita

Budući da je kanalizacijski sustav mješovitog tipa, sukladno elaboratu - *Dokumentacija za klasifikaciju zona protueksplozijske zaštite (Shema ZS d.o.o. svibanj 2008. godine)*, na koji je Ex Agencija dala pozitivno mišljenje br. 08429 od 6.mj. 2008. na ulaznoj građevini, na dehidraciji mulja iz biofiltera i objekta dehidracije mulja odsisavamo plinove iz Zone 1 i time svi ventilacijski cjevovodi spadaju pod Zonu 1 ugroženosti od eksplozije. Shodno tome, sva nova oprema i uređaji ugrađeni u sustav ventilacije mora biti izvedena u Ex zaštiti za Zonu 1 (mora biti odobrena od strane Ex agencije).

Novi ventilacijski sustav treba povezati sa kontrolom rada postojećeg ventilacijskog sustava, tako da je kontrola rada zaštitnog sistema i dalje u funkciji.

Isto tako nakon ugradnje nove opreme na postrojenju, a prije puštanja u pogon prema Pravilniku o opremi i zaštitnim sustavima namijenjenim za uporabu u potencijalno eksplozivnim atmosferama NN 33/16 mora se provesti ispitivanje i certificiranje novo ugrađene opreme od strane Ex Agencije.

B.5. Postojeći sustav ventilacije

Ventilacija navedenih građevina riješena je prisilnim odvodom uzduha preko odsisnih rešetki, ventilacionih kanala te odsisnog ventilatora i biofiltera. Izvedena su dva sustava ventilacije tako da ulazna građevina predstavlja jedan sustav, a dehidracija mulja i ugušćivači drugi sustav.

Zbog agresivne atmosfere, ventilacijski kanali su izvedeni od čeličnog nehrđajućeg lima AISI316.

Dovod zraka izveden je preko krutih ventilacijskih rešetki koje su ugrađene u vrata.

Objekt dehidracije mulja i ugušćivači mulja spojeni su na zajednički odsisni sustav koji se sastoji od odsisnih rešetki, odsisnog ventilacijskog cjevovoda i odsisnih ventilatora preko kojih se sav otpadni zrak dovodi do biofiltera.

Ugušćivači mulja su objekti koji mogu biti ugroženi eksplozivnom atmosferom zbog stvaranja bioplinova u samim objektima. Kako bi se spriječilo prenošenje eksplozivne atmosfere putem odsisnog cjevovoda na objekt dehidracije mulja, iz bilo kojeg razloga, ugrađena je nepropusna povratna zaklopka na ogranku za dehidraciju mulja, koja se automatski zatvara kod prestanka rada ventilacije. Zaklopka je sa elektromotornim pogonom koji je u protueksplzivnoj izvedbi te sa povratnom oprugom. Elektromotorni pogon otvara zaklopku i napinje oprugu. U slučaju nestanka električne energije ili prestanka rada ventilacije opruga automatski nepropusno zatvara povratnu zaklopku.

Kontrola rada postojećeg ventilacijskog sustava ulazne građevine obavlja se pomoću dvaju diferencijalnih presostata i PLC-a biofiltera koji daje signal „greška ventilacije“. Analogni signali diferencijalnog presostata i signala rada i greške biofiltera prenose se u PLC ulazne građevine. U slučaju greške sustava ventilacije s biofiltera isključuje se glavni prekidač u ulaznoj građevini.

Kontrola rada postojećeg ventilacijskog sustava dehidracije mulja obavlja se pomoću jednog diferencijalnog presostata i PLC-a biofiltera. U slučaju kada ventilacija ne radi, PLC isključuje napon na zaklopki za zrak i ona zatvara ventilacijski kanal između ugušivača mulja i zgrade dehidracije.

Električne opreme nema u Ex zoni.

Novi ventilacijski sustav treba povezati sa kontrolom rada postojećeg ventilacijskog sustava, tako da je kontrola rada zaštitnog sistema i dalje u funkciji.

Na cijelom uređaju za pročišćavanje otpadnih voda osiguran je rezervni izvor napajanja u vidu diesel agregata odgovarajućeg kapaciteta smještenog u objektu trafo stanice. Rad rezervnog sustava napajanja je automatiziran i automatski starta kod prekida opskrbe električnom energijom iz javne mreže.

B.6. Zaštita od buke

Posebnu pažnju prilikom izvođenja radova treba posvetiti zaštiti od buke, jer nova instalirana oprema ne smije ni u kojem slučaju prekoračiti postojeće izmjerene vrijednosti, a isto tako niti granične vrijednosti buke propisane zakonom.

Budući da ventilatori u svom radu proizvode buku, obavezno ih opremiti haubom za prigušenje buke sa vlastitim ventilacijskim sustavom, također, na ispustu zraka (na ispušnom dimnjaku) ugraditi akustičke prigušivače.

Tijekom rada UPOV-a napravljena su ispitivanja o razini buke na rubu parcele.



Sukladno elaboratu - Izvještaj o mjerenju buke okoliša (Alfa Atest d.o.o. listopad 2015. godine) na mjernim mjestima M1; M2; M3; M4 i M5 izmjerena je buka u dnevnom i u noćnom periodu. Položaj mjernih točaka vidljiv je na situaciji UPOV-a Centar mj 1:500 prilog C.1. ove Mape.

Tablica 4 – period dana i večeri

MJERNO MJESTO IMISIJE BUKE	RAZINA REZIDUALNE BUKE*	OCJENSKA RAZINA BUKE (pri radu izvora buke pod točkom 1.5.)	NAJVIŠA DOPUŠTENA OCJENSKA RAZINA BUKE
	Lrezid u dB(A)	LRAeq u dB(A)	LRAeq u dB(A)
UNUTAR UPOV-a (v.4.2.1.1.)	-	52	80
UNUTAR UPOV-a (v.4.2.1.2.)	-	57	80
UNUTAR UPOV-a (v.4.2.1.3.)	-	57	80
NA VANJSKOM PROSTORU M1 #	-	51	55
NA VANJSKOM PROSTORU M2 #	52,4	48	55
NA VANJSKOM PROSTORU M3 #	-	42	55
NA VANJSKOM PROSTORU M4 #	52,4	46	55
NA VANJSKOM PROSTORU M5 #	-	43	55
Odabrana je 95-postotna razina povjerenja te dvostrani interval povjerenja za koji faktor povjerenja iznosi k=2, a procijenjene proširene mjerne nesigurnosti "U" (u dB) iznose:			
(v.4.2.1.1.)	-	-	-
(v.4.2.1.2.)	-	-	-
(v.4.2.1.3.)	-	-	-
M1	-	-	-
M2	-	nc	-
M3	-	-	-
M4	-	nc	-
M5	-	-	-

* Mjerenje rezidualne buke nije bilo moguće izvršiti obzirom na nemogućnost gašenja izvora buke, međutim korišteni su podaci o mjerenju rezidualne razine buke od strane Zagrebinspekt-a, izvještaj broj:29/300-05-07 od 05.11.2007. god,



Tablica 5 – noćni period

MJERNO MJESTO IMISIJE BUKE	RAZINA REZIDUALNE BUKE*	OCJENSKA RAZINA BUKE (pri radu izvora buke pod točkom 1.5.)	NAJVIŠA DOPUŠTENA OCJENSKA RAZINA BUKE
	Lrezid u dB(A)	LRAeq u dB(A)	LRAeq u dB(A)
UNUTAR UPOV-a (v.4.2.1.1.)	-	50	80
UNUTAR UPOV-a (v.4.2.1.2.)	-	54	80
UNUTAR UPOV-a (v.4.2.1.3.)	-	53	80
NA VANJSKOM PROSTORU (M1)	37,7	44	45
NA VANJSKOM PROSTORU (M2)	37,7	43	45
NA VANJSKOM PROSTORU (M3)	37,7	40	45
NA VANJSKOM PROSTORU (M4)	37,7	45	45
NA VANJSKOM PROSTORU (M5)	37,7	40	45
Odabrana je 95-postotna razina povjerenja te dvostrani interval povjerenja za koji faktor povjerenja iznosi k=2, a procijenjene proširene mjerne nesigurnosti "U" (u dB) iznose:			
(v.4.2.1.1.)	-	2,24	-
(v.4.2.1.2.)	-	2,24	-
(v.4.2.1.3.)	-	2,27	-
(M1)	-	2,24	-
(M2)	-	2,27	-
(M3)	-	2,27	-
(M4)	-	2,24	-
(M5)	-	2,26	-

* Mjerenje rezidualne buke nije bilo moguće izvršiti obzirom na nemogućnost gašenja izvora buke, međutim korišteni su podaci o mjerenju rezidualne razine buke od strane Zagrebinspekt-a, izvještaj broj:29/300-05-07 od 05.11.2007. god.

Prema mjerenjima, tijekom dana, na mjernim mjestima razina buke se kretala u rasponu od 42-51 dB, što je u granicama dozvoljene vrijednosti od 55 dB. Tijekom noći, na mjernim mjestima razina buke se kretala u rasponu 40-45 dB. što je također unutar dozvoljene vrijednosti od 45 dB.

B.7. Završne napomene za montažu opreme

Ovim projektom je definirana potrebna oprema opisana u tehničkom opisu. Sva oprema mora odgovarati priznatim normama tj. standardima, odnosno mora ispunjavati bitna tehnička svojstva u skladu s Zakonom o prostornom uređenju (NN153/13) i Zakonom o gradnji (NN153/13)

Predviđeni radovi na uređaju za pročišćavanje u najvećem dijelu su klasični montažerski radovi, te ne bi trebali predstavljati problem iskusnom izvođaču radova.

Sva nova oprema i uređaji ugrađeni u sustav ventilacije moraju biti izvedeni u Ex zaštiti za Zonu 1 (mora biti odobrena od strane Ex agencije).

Isto tako nakon ugradnje nove opreme na postrojenju, a prije puštanja u pogon prema Pravilniku o opremi i zaštitnim sustavima namijenjenim za uporabu u potencijalno eksplozivnim atmosferama NN 33/16 mora se provesti ispitivanje i certificiranje novo ugrađene opreme od strane Ex Agencije.

Posebnu pažnju treba posvetiti zaštiti od buke, jer nova instalirana oprema ne smije ni u kojem slučaju prekoračiti postojeće mjerene vrijednosti, a isto tako niti granične vrijednosti buke propisane zakonom.

Zaključno, sve radove na montaži opreme treba izvesti prema priloženim nacrtima, tehničkom opisu, općim i tehničkim uvjetima izvođenja, jer u protivnom projektant ne može garantirati funkcionalnost objekta.

Ukoliko se tijekom radova naiđe na kakve nepredviđene poteškoće ili stanja koja bi odstupila od projektom predviđenih potrebno je konzultirati se s nadzornom službom i projektantom.

Projektant:

Zoran Kovačev, dipl.ing.stroj.