

# Prilagodba bušećeg postrojenja za rad u zimskim uvjetima (vinterizacija)

---

**Mamić, Mirko**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:098496>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-02**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET  
Diplomski studij naftnog rudarstva

**PRILAGODBA BUŠAČEG POSTROJENJA ZA RAD U  
ZIMSKIM UVJETIMA (VINTERIZACIJA)**

Diplomski rad

Mirko Mamić

N 238

Zagreb, 2019.

PRILAGODBA BUŠAĆEG POSTROJENJA ZA RAD U ZIMSKIM UVJETIMA  
(VINTERIZACIJA)

MIRKO MAMIĆ

Diplomski rad izrađen na: Sveučilište u Zagrebu  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Zavod za naftno inženjerstvo  
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

Sažetak

Bušaća postrojenja potrebno je prilagoditi tijekom rada u zimskim uvjetima kako bi se osigurao normalan rad postrojenja. Taj proces prilagodbe bušaćeg postrojenja zimskim uvjetima naziva se vinterizacija. Vinterizacija obično podrazumijeva sprječavanje smrzavanja fluida u sustavu, strukturi i opremi, sprječavanje nakupljanja snijega i leda te sprječavanje dodatnog pothlađivanja zbog utjecaja vjetra. Djelomičnim ili potpunim prekrivanjem zaštićuju se prostori, oprema i sustavi na bušaćem postrojenju. Najčešći način prekrivanja postrojenja podrazumijeva postavljanje šatora ili vjetrobrana. Pri tome je potrebno posvetiti veliku pozornost na odabir opreme koja se nalazi unutar prekrivenih dijelova postrojenja s obzirom da ona mora biti izvedena u protueksplozijskoj sigurnosnoj izvedbi.

Ključne riječi: vinterizacija, šatori, sustavi grijanja, ventilacija, protueksplozijska zaštita

Diplomski rad sadrži: 37 stranice, 5 tablica, 24 slike, 16 referenci.

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta  
Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: Dr. sc. Zdenko Krištafor, redoviti profesor RGNF-a

Ocjenjivači: Dr. sc. Zdenko Krištafor, redoviti profesor RGNF-a

Dr. sc. Borivoje Pašić, docent RGNF-a

Dr.sc. Dalibor Kuhinek, izvanredni profesor RGNF-a

Datum obrane: 21. veljače 2019., Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu

ADJUSTMENTS OF DRILLING RIG FOR WORK IN WINTER CONDITIONS  
(WINTERIZATION)

MIRKO MAMIĆ

Thesis completed at: University of Zagreb  
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering  
Department of Petroleum Engineering  
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

Abstract

Drilling rigs need to be adjusted during winter operations to ensure normal operation. This process of adjusting drilling rig for winter conditions is called winterization. Winterization normally includes measures to prevent freezing of fluid in systems, structures or equipment, preventing snow and ice accumulating and preventing additional cooling effect caused by wind. Partial or complete overlay protects areas, equipment, and systems on a drill rig. The most common way of covering involves the installation of tents and windwalls. It is necessary to pay attention to the selection of equipment inside covered areas due to equipment requirements of being explosion proof.

Keywords: winterization, tents, heating, ventilation, explosion proof techniques

Thesis contains: 37 pages, 5 tables, 24 figures, 16 references.

Original in: Croatian

Thesis deposited at: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering  
Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: Full Professor Zdenko Krištafor, PhD

Reviewers: Full Professor Zdenko Krištafor, PhD

Assistant Professor Borivoje Pašić, PhD

Associate Professor Dalibor Kuhinek, PhD

Defence date: February 21, 2019, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering,  
University of Zagreb

## SADRŽAJ

<b>POPIS TABLICA .....</b>	<b>I</b>
<b>POPIS SLIKA .....</b>	<b>I</b>
<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. KLASIFIKACIJA PROSTORA.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. Bušaće postrojenje.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2. Načela klasifikacije prostora.....</b>	<b>5</b>
<b>2.3. Zone opasnosti na bušaćem postrojenju Emsco 605 .....</b>	<b>7</b>
<b>2.4. Primarne mjere protueksplozijske zaštite .....</b>	<b>11</b>
<b>2.5. Zahtjevi za opremu .....</b>	<b>12</b>
<b>3. INSTALIRANA OPREMA .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1. Šatori.....</b>	<b>13</b>
<b>3.2. Sustav grijanja šatora .....</b>	<b>16</b>
3.2.1. Grijanje uljnim termogenima .....	18
3.2.2. Grijanje električnim kaloriferima .....	21
<b>3.3. Sustav ventilacije šatora.....</b>	<b>23</b>
<b>3.4. Grijaći kabeli .....</b>	<b>27</b>
<b>3.5. Prilagodba elektroenergetskog sustava .....</b>	<b>32</b>
<b>3.6. Zaštita podišta tornja i podišta tornjaša .....</b>	<b>34</b>
<b>4. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>35</b>
<b>5. LITERATURA.....</b>	<b>36</b>

## POPIS TABLICA

<b>Tablica 2-1.</b> Zahtjevi za ugrađenu opremu s obzirom na minimalnu energiju paljenja zapaljivih plinova i para .....	6
<b>Tablica 2-2.</b> Podjela plinova i para s obzirom na minimalnu temperaturu paljenja u temperaturne razrede.....	7
<b>Tablica 3-1.</b> Popis šatora s pripadajućim dimenzijama.....	13
<b>Tablica 3-2.</b> Odabrani grijači za pojedine šatore .....	16
<b>Tablica 3-3.</b> Primijenjeni ventilatori na bušačem postrojenju Emsco 605.....	25

## POPIS SLIKA

<b>Slika 2-1.</b> Vinterizirano bušaće postrojenje Emsco 605 .....	3
<b>Slika 2-2.</b> Raspored šatora na vinteriziranom bušačem postrojenju Emsco 605 .....	5
<b>Slika 2-3.</b> Raspored zona opasnosti na vinteriziranom bušačem postrojenju Emsco 605 .....	9
<b>Slika 3-1.</b> Bazna ploča šatora.....	14
<b>Slika 3-2.</b> Konstrukcija šatora 6 (akumulatorska jedinica).....	14
<b>Slika 3-3.</b> Šator 6 – akumulatorska .....	15
<b>Slika 3-4.</b> Tlocrt sustava grijanja i ventilacije.....	17
<b>Slika 3-5.</b> Uljni termogen.....	18
<b>Slika 3-6.</b> Tekstilne cijevi uljnih termogena .....	19
<b>Slika 3-7.</b> Uljni termogen Master BV470.....	20
<b>Slika 3-8.</b> Princip rada grijača Master BV470 .....	20
<b>Slika 3-9.</b> Električni kalorifer Rufneck FE2 .....	21
<b>Slika 3-10.</b> Prijenosni električni kaloriferi.....	22
<b>Slika 3-11.</b> Pregled ventilacije šatora 1b .....	24
<b>Slika 3-12.</b> Prikaz ugrađene dodatne odsisne ventilacije.....	26
<b>Slika 3-13.</b> Isparavanje isplake unutar šatora s vibratorima i bazenima za pročišćavanje isplake .....	27
<b>Slika 3-14.</b> Prikaz postavljenog grijaćeg kabela na cjevovodu.....	28
<b>Slika 3-15.</b> Raspored grijaćih kablova na bušačem postrojenju Emsco 605 .....	29
<b>Slika 3-16.</b> Prikaz grijaćih kablova unutar tornja bušaćeg postrojenja Emsco 605 .....	30
<b>Slika 3-17.</b> Konstrukcija grijaćeg kabela Termon BSX .....	31

<b>Slika 3-18.</b> Temperaturno stanje samoregulirajućeg grijaćeg kabela.....	32
<b>Slika 3-19.</b> Raspored rasvjete na vinteriziranom bušačem postrojenju Emsco 605.....	33
<b>Slika 3-20.</b> Instalirana rasvjeta EATON 92 LED 400 .....	34
<b>Slika 3-21.</b> Vjetrobrani na podištu tornja.....	34

## 1. UVOD

Bušaća postrojenja su dizajnirana na način da se osigura visoka efikasnost te sigurnost opreme i postrojenja u svim uvjetima rada. U zimskim uvjetima rada potrebno je postrojenje dodatno opremiti i prilagoditi kako bi se ostvarila ista ta efikasnost i sigurnost. Prilagodba postrojenja i opreme zimskim uvjetima (u daljnjem tekstu „vinterizacija“) obično podrazumijeva sprječavanje smrzavanja fluida u sustavu, strukturi i opremi, sprječavanje nakupljanja snijega i leda te sprječavanje dodatnog pothlađivanja zbog utjecaja vjetra.

Prostore, opremu i sustave izložene utjecaju zimskih uvjeta potrebno je zaštititi djelomičnim ili potpunim prekrivanjem. Prekrivanjem dijelova bušaćeg postrojenja može se znatno smanjiti utjecaj zimskih uvjeta. Na taj se način isto tako smanjuje broj aktivnosti na otvorenim prostorima, te se tako zaštićuje osoblje od hladnih vremenskih uvjeta. Najjednostavniji i najpouzdaniji način prekrivanja je postavljanje šatora ili vjetrobrana (*engl. windwall*). Premda prekrivanje dijelova postrojenja pruža znatnu zaštitu, na taj se način stvaraju problemi vezani za stvaranje eksplozivnih uvjeta. Obično se ventilacija prostora izloženih eksplozivnoj atmosferi ostvaruje prirodnim putem, međutim tijekom prekrivanja dijelova postrojenja tu prirodnu ventilaciju potrebno je nadomjestiti prisilnom ventilacijom. Prilikom prekrivanja prostora unutar kojih se nalazi eksplozivna atmosfera potrebno je posvetiti veliku pozornost na odabir opreme s obzirom da bi trebala biti izvedena u protueksplozijskoj sigurnosnoj izvedbi (Ex izvedba). Za sprječavanje smrzavanja fluida u sustavima koji se nalaze na otvorenom koriste se grijaći kabeli. Oni se ne mogu uvijek primijeniti s obzirom da može doći do velikih gubitaka topline uslijed djelovanja vjetra, stoga je neophodno primijeniti neki drugi oblik zaštite kao što je dodavanje aditiva, npr. antifriz.

Prilikom vinterizacije bušaćeg postrojenja bitan je odabir odgovarajućih materijala. Svi metalni materijali koji su izloženi direktno utjecaju atmosferskih uvjeta, moraju biti prikladni za primjenu na najnižim očekivanim temperaturama, tj. moraju imati odgovarajuća svojstva čvrstoće, žilavosti i elastičnosti. Isto to se odnosi na nemetalne materijale. Tražena svojstva materijala potrebno je potvrditi od proizvođača. Materijali, koji se primjenjuju za izradu visokotlačnih vodova kao što su vodovi za gušenje i prigušivanje, isplačni sustav, itd., moraju biti ispitani pri minimalnim očekivanim temperaturama (Lee i Dasch, 2015).



Tvrtka Crosco, Naftni servisi d.o.o. u ljeto 2017. godine potpisala je ugovor s ukrajinskom nacionalnom tvrtkom Ukrasvydobuyannya (UGV), najvećim proizvođačem plina u Ukrajini, za izradu 12 bušotina u ukrajinskoj regiji Poltava. Jedno od postrojenja za izradu bušotina koje tvrtka Crosco koristi u navedenoj regiji je bušaće postrojenje Emsco 605. Bušaće postrojenje Emsco 605 posljednjih nekoliko godina radilo je u toplijem podneblju (Arapske zemlje). S obzirom na uvjete ugovora, tvrtka Crosco imala je izuzetno kratak rok za pripremu bušaćeg postrojenja za rad, što je predstavljalo veliki izazov za realizaciju projekta. Svrha i cilj ovog diplomskog rada je prikazati postupak prilagodbe bušaćeg postrojenja Emsco 605 za rad pri niskim temperaturama do  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pri čemu je, najbitnije, trebalo osigurati nesmetan rad postrojenja i osigurati podnošljive radne uvjete za osoblje.

## 2. KLASIFIKACIJA PROSTORA

Klasifikacija prostora ugroženih eksplozivnom atmosferom, te primarne mjere protueksplozijske zaštite u vinteriziranom bušačem postrojenju izuzetno su bitne s obzirom da upravo o njima znatno ovisi izbor opreme koja će se odabrati za vinterizaciju bušačkog postrojenja. Klasifikacija prostora na bušačem postrojenju Emsco 605 provodi se u skladu s načelima norme EN IEC 60079-10-1 i preporukama API RP 505. Klasifikacija prostora temelji se na normalnom radu postrojenja (rad u okviru projektiranih parametara), stoga je nužno osigurati takve uvjete tijekom rada postrojenja ispravnom uporabom i održavanjem.

### 2.1. Bušaće postrojenje

Bušaće postrojenje EMSCO 605 izgrađeno je 1976. godine, te je rekonstruirano 2001. godine. Bušaći toranj visok je 47,55 m i ima nosivost 454 metričkih tona. Ovo bušaće postrojenje može izraditi bušotinu dubine 6000 m korištenjem bušačkih šipki promjera 0,127 m (5"). Postrojenje je opremljeno vršnim pogonom Aker Maritme i vrtaćim stolom Emsco T-3750, koji može ostvariti brzinu rotacije od  $220 \text{ min}^{-1}$ . U sklopu postrojenja nalaze se 4 pogonska dizel motora Caterpillar, pojedinačne snage 1030 kW. Cirkulacija isplake ostvaruje se pomoću 3 isplačne pumpe Emsco FB 1600 (EMSCO 605, 2014). Na slici 2-1 prikazano je vinterizirano bušaće postrojenje Emsco 605.



**Slika 2-1.** Vinterizirano bušaće postrojenje Emsco 605 (CROSCO, 2017b)

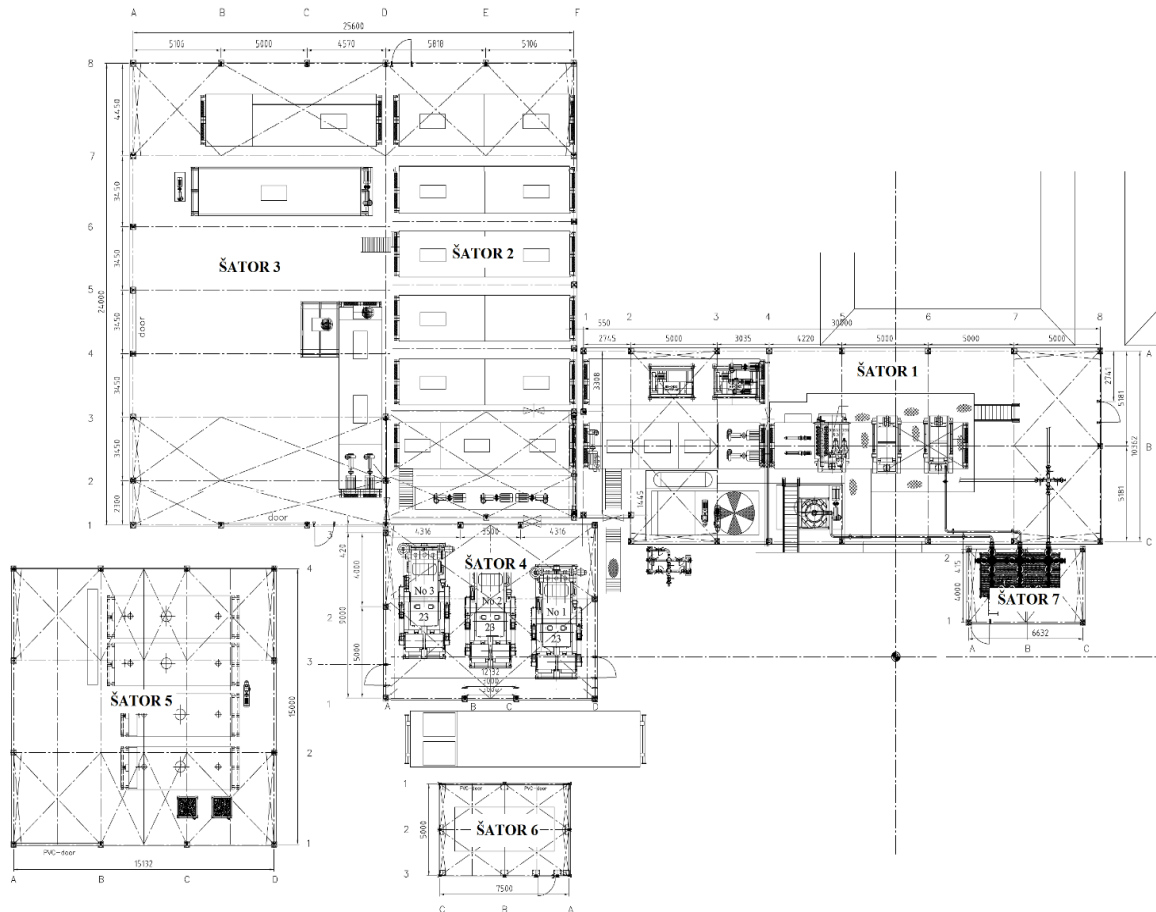
Glavni dijelovi vinteriziranog bušaćeg postrojenja su (Crosco, 2017a):

- a) bušaći toranj s dizalicom, vršnim pogonom (*engl. top drive*) i ostalom opremom za bušenje,
- b) sigurnosni uređaji za zatvaranje bušotine i kontrolu tlaka,
- c) isplačni sustav za pripremu, cirkulaciju i obradu isplake,
- d) sustav grijanja i ventilacije,
- e) elektroenergetski i upravljački sustav,
- f) pomoćni objekti: laboratorij, nastambe, skladišta, radionice i sl.

Bušaće postrojenje zimi će biti vinterizirano što znači da će većina postrojenja biti smještena u grijane i ventilirane šatore kako bi se spriječio utjecaj zimskih vremenskih uvjeta na opremu, tj. kako bi se spriječilo smrzavanje opreme. Dijelovi postrojenja, kao što su podište tornja i podište tornjaša, zaštićeni su vjetrobranama (*engl. windwall*), a podkonstrukcija tornja zaštićena je ceradama. Na slici 2-2 prikazan je raspored šatora na vinteriziranom bušaćem postrojenju Emsco 605.

Na bušaćem postrojenju Emsco 605 postavljeni su šatori na slijedećim mjestima (Crosco, 2017a):

- 1a) vibratori i bazeni za pročišćavanje isplake,
- 1b) bazeni za pročišćavanje isplake,
- 2a) bazeni pričuvne isplake,
- 2b) usisni bazen,
- 3) bazeni za izradu isplake i bazeni za vodu,
- 4) isplačne pumpe,
- 5) spremnici goriva,
- 6) akumulatorska jedinica,
- 7) razdjelnik podesive sapnice,
- 8) podkonstrukcija tornja zaštićena ceradama.



**Slika 2-2.** Raspored šatora na vinteriziranom bušaćem postrojenju Emsco 605 (Crosco, 2017a)

## 2.2. Načela klasifikacije prostora

Mjere protueksplozijske zaštite temelje se na klasifikaciji prostora. Prema klasifikaciji prostora provodi se izbor opreme, ugradnja te kasnije i odgovarajuća uporaba i održavanje, kao i provođenje mjera za izbjegavanje ostalih uzročnika paljenja. Prostori u kojima se može očekivati prisutnost eksplozivne atmosfere u koncentracijama koje zahtijevaju posebne mjere glede konstrukcije, ugradnje i uporabe opreme, nazivaju se ugroženi prostori.

Ugroženi prostori dijele se na zone opasnosti (Predavanja iz kolegija iz kolegija: „Protueksplozijska zaštita“, 2017):

- Zona 2: Prostori u kojima se ne očekuje pojava eksplozivne atmosfere u normalnom radu, a ako se pojavi traje samo kratko.
- Zona 1: Prostori u kojima se povremeno očekuje pojava eksplozivne atmosfere u normalnom radu.
- Zona 0: Prostori u kojima je eksplozivna atmosfera prisutna trajno, u dugim razdobljima ili često.

Kako bi uzročnik paljenja eksplozivne smjese postao djelotvoran mora imati dovoljnu energiju paljenja u odnosu na minimalnu energiju paljenja zapaljive tvari, te mora imati temperaturu paljenja veću od najmanje temperature paljenja zapaljive tvari. Minimalna energija paljenja za pojedinu zapaljivu tvar može se iskazati u mJ, kao i na posredan način uz pomoć maksimalnog eksperimentalnog sigurnosnog raspora (MESR). U tablici 2-1 prikazani su zahtjevi za ugrađenu opremu s obzirom na minimalnu energiju paljenja zapaljivih plinova i para (Crosco, 2017a). Maksimalni eksperimentalni sigurnosni raspor definira se kao najveći mogući raspor širine 25 mm pri kojem neće do probojnog paljenja (Predavanja iz kolegija iz kolegija: „Protueksplozijska zaštita“, 2017). U tablici 2-2 prikazana je podjela plinova i para u temperaturne razrede s obzirom na minimalnu temperaturu paljenja.

**Tablica 2-1.** Zahtjevi za ugrađenu opremu s obzirom na minimalnu energiju paljenja zapaljivih plinova i para (Crosco, 2017a)

Skupina opreme	Vrijednost MESR-a (mm)
IIA	$\geq 0,9$
IIB	0,5-0,9
IIC	$\leq 0,5$

**Tablica 2-2.** Podjela plinova i para s obzirom na minimalnu temperaturu paljenja u temperaturne razrede (Crosco, 2017a)

Temperaturni razred	Minimalna temperatura paljenja (°C)
T1	>450
T2	>300, ≤450
T3	>200, ≤300
T4	>135, ≤200
T5	>100, ≤135
T6	>85, ≤100

Primarne mjere protueksplozijske zaštite podrazumijevaju mjere koje se poduzimaju kako bi se vjerojatnost pojave eksplozivne atmosfere u pojedinim prostorima smanjila ili potpuno izbjegla te utjecanje na koncentraciju. Sekundarne mjere protueksplozijske zaštite podrazumijevaju odgovarajuće izbjegavanje uzročnika paljenja eksplozivne atmosfere. To se najčešće ostvaruje ograničavanjem temperature ili energije uzročnika paljenja, te odvajanjem uzročnika paljenja od eksplozivne atmosfere. Tercijarne mjere protueksplozijske zaštite odnose se na ograničavanje ili smanjivanje eventualnog štetnog djelovanja eksplozije.

### **2.3. Zone opasnosti na bušačem postrojenju Emsco 605**

Klasifikacijom zona opasnosti na bušačem postrojenju određuju se bitni elementi koji su potrebni za ostvarivanje ispravne protueksplozijske zaštite koja se može primijeniti za smanjenje opasnosti od eksplozije. Sam pristup klasifikaciji zona opasnosti na bušačem postrojenju Emsco 605 temelji se na karakteristikama zapaljivih tvari, karakteristikama izvora ispuštanja, ventilacijskim karakteristikama te uvjetima razrjeđenja. Na temelju spomenutih čimbenika odredio se tip zona i doseg zona za pojedine dijelove bušačkog postrojenja. Na bušačem postrojenju moguće je prisustvo slijedećih zapaljivih tvari: zemni plin, metan, etan, sirova nafta, sumporovodik te pare dizelskog goriva.

Prostori koji su ugroženi pojavom eksplozivne atmosfere na vinteriziranom bušačem postrojenju Emsco 605 su: šator 1a (vibratori i bazeni za pročišćavanje isplake), šator 1b (bazeni za pročišćavanje isplake), šator 2b (usisni bazen), šator 7 (visokotlačni razdjelnik)

te podište tornja i podkonstrukcija tornja. Sukladno API RP 505 preporukama zone opasnosti koje se nalaze u navedenim ugroženim prostorima su slijedeće (Crosco, 2017a):

1) Šatora 1a-vibratori i bazeni za pročišćavanje isplake:

- Zona 0: unutrašnjost otplinjača i ostale zatvorene opreme s isplakom;
- Zona 1: čitava unutrašnjost šatora; unutrašnjost odsisnog ventilacijskog kanala; u radijusu 1,5 m oko mjesta ispuha odsisne ventilacije;
- Zona 2: u radijusu 5 m oko mjesta ispuha odsisne ventilacije; u radijusu 3 m oko čitavog šatora u vanjski prostor.

2) Šator 1b-bazeni za pročišćavanje isplake:

- Zona 0: unutrašnjost otplinjača i ostale zatvorene opreme s isplakom; u radijusu 0,5 m oko izlazne cijevi otplinjača izvedenog u otvoreni prostor (izvan šatora);
- Zona 1: unutrašnjost spremnika isplake; u radijusu 1,5 m oko izlazne cijevi otplinjača izvedenog u otvoreni prostor (izvan šatora);
- Zona 2: čitava unutrašnjost šatora; unutrašnjost odsisnog ventilacijskog kanala; u radijusu 3 m oko mjesta ispuha odsisne ventilacije; u radijusu 3 m oko ispuha izlazne cijevi otplinjača izvedenog u otvoreni prostor (izvan šatora).

3) Šator 2b-usisni bazen:

- Zona 1: unutrašnjost spremnika isplake;
- Zona 2: čitava unutrašnjost šatora; unutrašnjost odsisnog ventilacijskog kanala; u radijusu 3 m oko mjesta ispuha odsisne ventilacije.

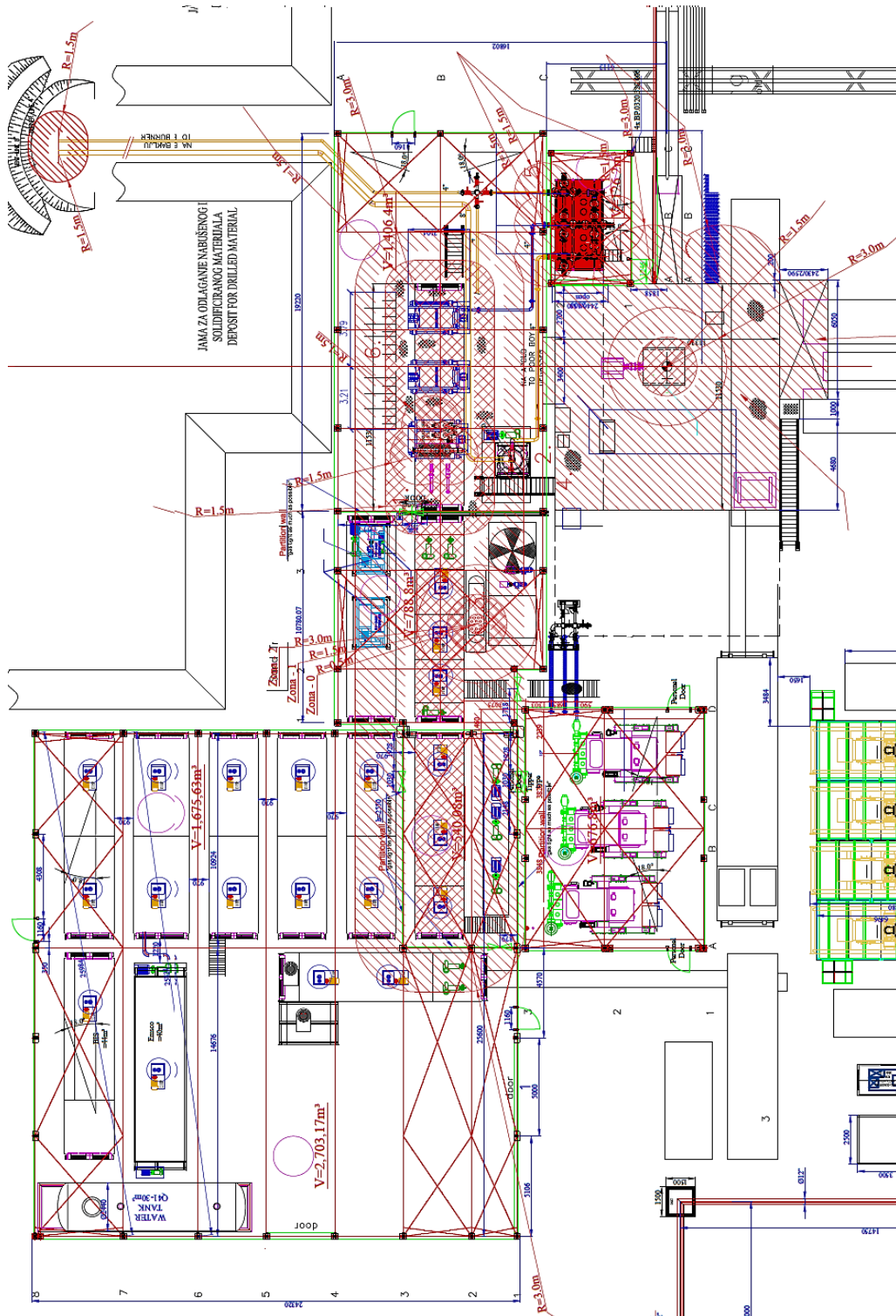
4) Šator 7-visokotlačni razdjelnik:

- Zona 2: čitava unutrašnjost šatora; unutar ventilacijskog kanala; u radijusu 3 m oko mjesta ispuha odsisne ventilacije.

5) Podište tornja i podkonstrukcija tornja:

- Zona 1: u radijusu 1,5 m oko središta vrtaćeg stola; u radijusu 1,5 m oko središta izljevne cijevi (*engl. bell nipple*);

- Zona 2: čitav prostor podišta tornja omeđen vjetrobranima; preostali prostor podkonstrukcije tornja zaštićen ceradom; prostor u radijusu 3 m oko ispuha ventilacije; unutar prostorije operatera.



Slika 2-3. Raspored zona opasnosti na vinteriziranom bušačem postrojenju Emsco 605 (Croscos, 2017a)



Sukladno preporukama API RP 505 unutar prostora ugroženih pojavom eksplozivne atmosfere potrebno je osigurati odgovarajuću ventilaciju koja mora ostvariti :

1. Najmanje  $18,085 \text{ m}^3/\text{m}^2$  na sat (jednu kubični stopu obujma zraka po kvadratnoj stopi površine na minutu),
2. Najmanje 6 izmjena zraka na sat.

U svim prostorima koji su ugroženi pojavom eksplozivne atmosfere nužno je ostvariti ventilaciju na način da su svi dijelovi prostora odgovarajuće ventilirani dijagonalnim sustavom ventilacije. Odsis ventilacije potrebno je postaviti pored opreme na kojoj se tijekom rada očekuju emisije zapaljivih tvari u okolinu. To se ponajviše odnosi na opremu s otvorenom površinom još nepročišćene isplake. S obzirom da se može očekivati emisija zapaljivih tvari čija gustoća može biti veća ili manja u odnosu na okolni zrak, potrebno je ostvariti odsis i iz gornje i donje zone prostora šatora. Na taj se način izbjegava postojanje neventiliranih „džepova“. Ventilacija se ostvaruje odsisnim ventilatorom u odgovarajućoj Ex izvedbi.

Prostori šatora 2a (bazeni pričuvne isplake), šatora 3 (bazeni za izradu isplake i bazeni za vodu), šatora 4 (isplačne pumpe), šatora 5 (spremnici goriva) te šatora 6 (akumulatorska jedinica) ne klasificiraju se kao prostori ugroženi pojavom eksplozivne atmosfere. Preduvjet provedenoj klasifikaciji je da se ispunjavaju propisane sigurnosne mjere u pogledu primarnih mjera protueksplozijske zaštite. U navedenim prostorima ne predviđa se korištenje zapaljivih tvari koje bi mogle biti uzročnik paljenja. Preduvjet provedenoj klasifikaciji prostora je da se neće koristiti isplaka niti aditivi s karakteristikama zapaljivosti te da se u ove prostore neće ostvariti povrat isplake koja bi mogla sadržavati zapaljive plinove i tekućine. Tijekom rada bušaćeg postrojenja ne predviđa se podtlak u ovim prostorima u odnosu na susjedne prostore koji su klasificirani kao prostori ugroženi pojavom eksplozivne atmosfere. Nužno je osigurati da sve pregradne strukture na postrojenju budu plinotijesne.

## 2.4. Primarne mjere protueksplozijske zaštite

Preduvjet provedenoj klasifikaciji prostora i sigurnom radu bušačeg postrojenja je odgovarajuće instaliranje, uporaba i održavanje opreme. Bušaće postrojenje opremljeno je velikim brojem senzora koji prate ključne parametre potrebne za siguran rad i omogućuju odgovarajuće upravljanje radom postrojenja. Ispravnim radom bušačeg postrojenja osigurava se siguran rad. Granice normalnog rada postrojenja potrebno je propisati posebnim uputama te postavljanje alarmnih vrijednosti pojedinih parametara, kao i vrijednosti za sigurnosnu obustavu rada sustava (Crosco, 2017a).

Važna primarna mjera protueksplozijske zaštite je činjenica da pri radu bušačeg postrojenja Emsco 605, osobito pri pripremi isplake, nije predviđeno korištenje zapaljivih tekućina, plinova te praškastih materijala koji bi mogli sa zrakom činiti eksplozivnu atmosferu. Predviđen je rad s isplakama na bazi vode.

Odgovarajuća ventilacija prostora također predstavlja preduvjet provedenoj klasifikaciji prostora. Kako za sve elemente bušačeg postrojenja vrijedi pravilo da moraju biti predimenzionirani (u smislu dodatne sigurnosti), tako je i koncept ventilacije ugroženih prostora sa stajališta mjera protueksplozijske zaštite postavljen „na stranu sigurnosti“. Dodatnim mjerama protueksplozijske zaštite moguće je smanjiti zahtjeve na ventilacijske sustave i posljedično na sustave grijanja. Primjerice, odgovarajućim fiksnim sustavima plinodetekcije s odgovarajućim automatskim izvršnim funkcijama, moguće je reducirati zahtjeve za dizajniranjem ventilacijskog sustava, uz primjenu dodatnih mjera protueksplozijske zaštite.

Koncepcija protueksplozijske zaštite podrazumijeva međusobno usklađenje sustava s obzirom za zahtijevane primarne mjere (na primjer, ventilacija pojedinih prostora) i pripadajuće sekundarne mjere (obzirom na neophodnu protueksplozijsku zaštitu za odgovarajuću opremu). U odabranoj koncepciji protueksplozijske zaštite, postrojenje je opremljeno stabilnim plinodetekcijskim sustavima, a koji se smatraju dodatnom sigurnosnom mjerom (Crosco, 2017a).

## 2.5. Zahtjevi za opremu

Prema provedenoj klasifikaciji prostora, zahtjevi za ugrađenu opremu određeni su: područjem primjene, kategorijom opreme, vrstom zapaljive tvari (plin), skupinom opreme i temperaturnim razredom. Kategorija opreme koja će se primijeniti ovisi o vrsti zone opasnosti, na taj način se osigurava njena primjenjivost za odgovarajuće plinove i pare.

Slijedeće kategorije opreme moraju se upotrebljavati u zonama opasnosti:

- U zoni 0: uređaj kategorije 1,
- U zoni 1: uređaj kategorije 1 ili kategorije 2,
- U zoni 2: uređaj kategorije 1 ili kategorije 2 ili kategorije 3.

Sukladno tome, općeniti zahtjevi za ugrađenu opremu na bušačem postrojenju EMSCO 605 su: područje primjene II (industrija); kategorija uređaja 1G, 2G ili 3G ovisno o zoni opasnosti u kojoj se oprema koristi, gdje G predstavlja zapaljive plinove; skupina opreme IIA; temperaturni razred T3 što znači da se oprema smije zagrijati do 200 °C.

### 3. INSTALIRANA OPREMA

Za potrebe vinterizacije bušačeg postrojenja Emsco 605 bilo je potrebno obaviti slijedeće preinake:

- postaviti šatore za zaštitu pojedinih segmenata postrojenja,
- ugraditi grijaća tijela za održavanje temperature u šatorima,
- ugraditi sustav ventilacije s najmanje 6 izmjena zraka na sat,
- ugraditi grijaće kablove za grijanje vodova fluida,
- prilagoditi elektroenergetski sustav,
- zaštita podišta tornja te podišta tornjaša od udara vjetra.

#### 3.1. Šatori

Na bušačem postrojenju Emsco 605 postavljeno je 7 šatora u svrhu zaštite dijelova postrojenja od zimskih uvjeta. Šatori su izvedeni u skladu s Europskim standardima (EN 13782). To se posebno odnosilo na zahtjeve u pogledu konstrukcije koja mora izdržati udare vjetra do 100 km/h te opterećenje snijega od 75 kg/m<sup>2</sup>. Šatori također moraju biti konstruirani na način koji osigurava njihovo jednostavno te brzo postavljenje i uklanjanje. U pogledu transporta šatora neophodno je osigurati da šatori budu što lakši (European standards, 2005). U tablici 3.1 nalazi se popis šatora s pripadajućim dimenzijama.

**Tablica 3-1.** Popis šatora s pripadajućim dimenzijama

	Širina (m)	Duljina (m)	Visina (m)
Šator 1	15	30	5,2
Šator 2	11,3	24	6,34
Šator 3	14,82	24	5,2
Šator 4	12	9,5	5,2
Šator 5	15	15	5,2
Šator 6	7,5	5	3,2
Šator 7	6,5	5	4,2

Konstrukcija šatora izgrađena je od aluminija i čelika. Postavlja se na bazne ploče koje su učvršćene na temeljne ploče. Prije postavljanja okvira šatora nužno je pripremiti teren tj. osigurati da se sve temeljne ploče nalaze u vodoravnom položaju. Na slici 3-1 prikazana je neravnina između temeljne ploče i bazne ploče.



**Slika 3-1.** Bazna ploča šatora (Crosco, 2017b)

Okviri šatora su od aluminija kako bi se smanjila težina konstrukcije, a temeljna ploča, spojni elementi i grede su od čelika. Šatori imaju konstrukcijska ojačanja na krovu i bočnim stranama kako bi se povećala otpornost na utjecaj vjetra. Na slici 3-2 prikazana je konstrukcija šatora 6.



**Slika 3-2.** Konstrukcija šatora 6 (akumulatorska jedinica) (Crosco, 2017b)

Cerade koje se koriste za prekrivanje šatora su načinjene od „Polyplan All-in-One FR“ materijala čija je osnovna tkanina poliester. Ove cerade mogu se koristiti na temperaturama do  $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ , te su napravljene u skladu s Europskim standardima i propisima (Sattler, 2018). Najbitnije svojstvo navedenih cerada, u pogledu protueksplozijske zaštite, su vatrootpornost i elektrostatska vodljivost. Statički elektricitet ne može se u svim situacijama potpuno spriječiti, ali se može utjecati na smanjenje vjerojatnosti razdvajanja površinskog naboja odabirom prikladnih materijala. To je posebno bitno u prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom, gdje se iskra zbog izboja statičkog elektriciteta smatra učinkovitim uzročnikom paljenja. Na slici 3-3 prikazan je šator akumulatorske jedinice.



**Slika 3-3.** Šator 6 - akumulatorska jedinica (Crosco, 2017b)

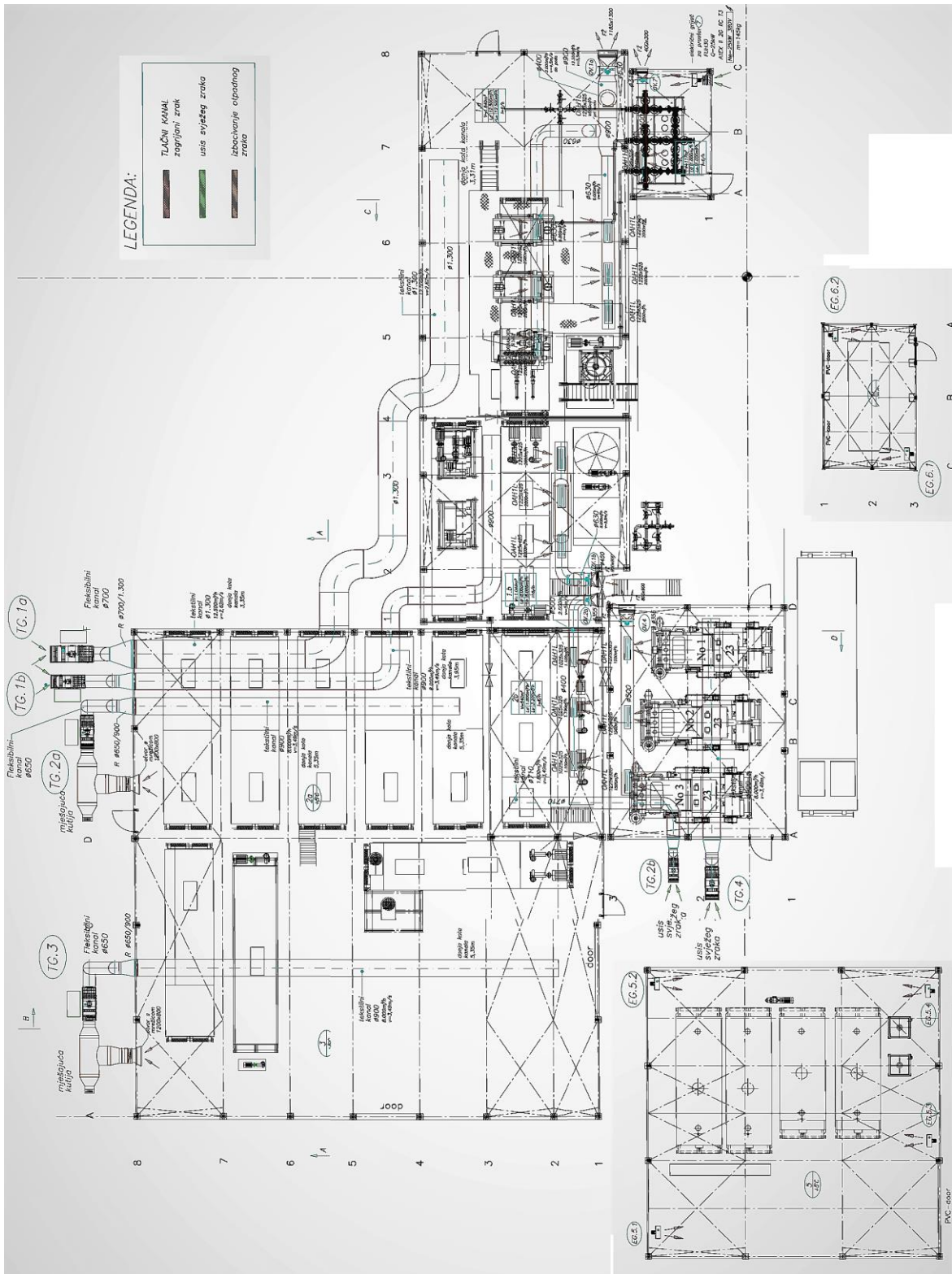
### 3.2. Sustav grijanja šatora

Sustav grijanja šatora na vinteriziranom bušaćem postrojenju sastoji se od indirektnih uljnih termogena, električnih kalorifera u Ex izvedbi i prijenosnih električnih kalorifera koji su također u Ex izvedbi. Za potrebe grijanja većine šatora predviđeno je korištenje uljnih termogena koji su smješteni izvan zona opasnosti s obzirom da oni nisu predviđeni u Ex izvedbi. Električni kaloriferi postavljaju se unutar zona opasnosti s obzirom da su u Ex izvedbi. Grijači uređaji za svaki šator odabrani su na temelju tehničkog proračuna transmisijskih gubitaka (provođenje topline kroz okolne plohe prema okolici i tlu, te prema okolnim prostorima). Za potrebe proračuna odabrana vanjska temperatura je  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a temperatura unutar šatora je  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . U tablici 3-2 prikazan je popis odabranih grijača.

**Tablica 3-2.** Odabrani grijači za pojedine šatore (Crosco, 2017c)

Prostor	Odabrani grijači
1a-vibratori i bazeni za pročišćavanje isplake	BV690FS (100Pa) „Master“
1b-bazeni za pročišćavanje isplake	BV470FA (100Pa) „Master“
2a-bazeni pričuvne isplake	BV470FA (100Pa) „Master“
2b-usisni bazen	BV110FS (100Pa) „Master“
3-bazeni za izradu isplake i bazeni za vodu	BV470FS (100Pa) „Master“
4-isplačne crpke	BV470FS (100Pa) „Master“
5-spremnici goriva	4 x FUH 30 (ATEX) „IHP“
6-akumulatorska jedinica	2 x FUH 15 (ATEX) „IHP“
7-visokotlačni razdjelnik	FUH 30 (ATEX) „IHP“
8-podkonstrukcija tornja	4 x FUH 30 (ATEX) „IHP“





Slika 3-4. Tloort sustava grijanja i ventilacije (Crosco, 2017c)



### 3.2.1. Grijanje uljnim termogenima

Za potrebe održavanje temperature  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  unutar šatora 1a, šatora 1b, šatora 2a, šatora 2b, šatora 3 te šatora 4 koristi se toplozračno grijanje uljnim termogenima tvrtke Master, koji su smješteni izvan zona opasnosti definiranih klasifikacijom prostora. Na slici 3-5 prikazan je uljni termogen s pripadajućim tekstilnim kanalom za dobavu toplog zraka u šator.



**Slika 3-5.** Uljni termogen (Crosco, 2017b)

Prije uključivanja uljnih termogena u prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom potrebno je provesti predventilaciju, tj. ventilacija mora raditi jedno kraće vrijeme prije uključivanja termogena (oko pola minute). Za osiguranje navedene predventilacije ugroženih prostora, unutar ventilacijskih kanala potrebno je ugraditi krilnu sklopku, spojenu na relej s vremenskim zatezanjem koji uključuje uljni termogen. Ukoliko termostat isključí rad uljnog termogena, dobava svježeg zraka nadoknadit će se preko usisnih rešetki, budući da je u prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom potrebno trajno osigurati šest izmjena zraka na sat. U šatorima koji nisu ugroženi eksplozivnom atmosferom nije predviđena prisilna predventilacija. Kod ovih šatora na usisu zraka ugrađuje se miješajuća

kutija, tako da je veći dio zraka (80 %) u recirkulaciji zbog manje potrebe za ventilacijom ali i zbog uštede goriva (Crosco, 2017c).

Na slici 3-6 prikazane su tekstilne cijevi uljnih termogena koje se djelomične nalaze izvan šatora. U periodu kada uljni termogeni nisu u funkciji ove tekstilne cijevi nisu napuhnute niti grijane te je tada dolazilo do njihovog zamrzavanja. Nakon toga potrebno je dosta vremena da se one vrate u svoje prvobitno stanje koje je ključno za normalan rad sustava grijanja. Zbog ovog problema pristupilo se uvlačenju tekstilnih cijevi unutar šatora.



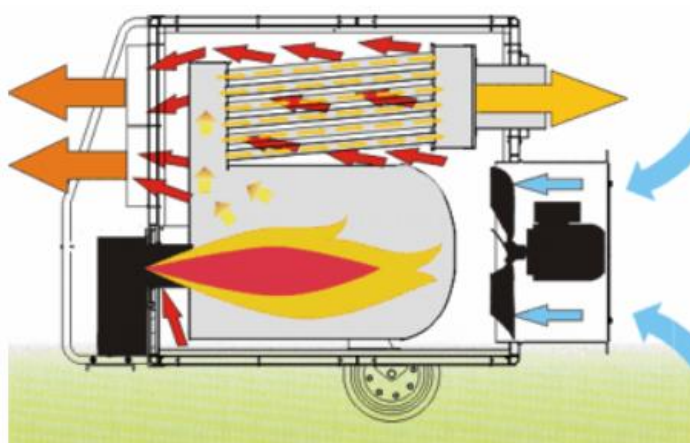
**Slika 3-6.** Tekstilne cijevi uljnih termogena (Crosco, 2017b)

Master grijači namijenjeni su za korištenje u srednjim i velikim prostorijama, gdje je potreban fiksni ili prijenosni sustav grijanja. Glavni dijelovi Master grijača su: kućište, komora sagorijevanja, ventilator, plamenik, izlaz zraka, priključak dimnjaka, ulaz zraka, izmjenjivač topline, motor. Na slici 3-7 prikazan je Master grijač BV470.



**Slika 3-7.** Uljni termogen Master BV470 (Master, 2018)

U komori za sagorijevanje goriva, proizvode se vrući plinovi koji prolaze kroz kanale izmjenjivača topline zraka. Zrak koji prolazi kroz izmjenjivač topline, prima toplinu ispušnih plinova. Komora za sagorijevanje i izmjenjivač topline dizajnirani su tako da zrak koji struji kroz izmjenjivač topline ne može biti pomiješan s ispušnim plinovima. Rezultat toga je čisti i topli zrak. Ohlađeni ispušni plinovi puštaju se kroz ispušni otvor plinova izgaranja (Master, 2018).



**Slika 3-8.** Princip rada grijača Master BV470 (Master, 2018)

### 3.2.2. Grijanje električnim kaloriferima

Za potrebe održavanje temperature +5 °C unutar šatora 5 (spremnici goriva), šatora 6 (akumulatorska jedinica), šatora 7 (visokotlačni razvodnik) te podkonstrukcije tornja koriste se toplozračno grijanje električnim kaloriferima u Ex izvedbi tvrtke Ruffneck, smještenim unutar šatora. Na slici 3-9 prikazan je električni kalorifer Ruffneck FE2. U šatorima ugroženim pojavom eksplozivne atmosfere potrebno je ostvariti ventilaciju sa 6 izmjena zraka na sat. Dobava svježeg zraka ostvaruje se električnim kaloriferima koji su spojeni na usis svježeg zraka. Ukoliko termostat isključi rad kalorifera za dobavu svježeg zraka, isti će se nadoknaditi preko usisnih rešetki s fiksnom i potlačnom žaluzinom, budući da je u prostorima potrebno trajno osigurati navedeni broj izmjena svježeg zraka.



**Slika 3-9.** Električni kalorifer Ruffneck FE2 (Ruffneck, 2018a)

Grijači Ruffneck FE2 izvedeni su u Ex izvedbi, zaštite II 2G IIA T3. Predviđeni su za korištenje u suhim industrijskim prostorima, gdje postoje specifični eksplozivni plinovi i prašine, kao što su rafinerije nafte, petrokemijska industrija, skladišta opasnih otpada, itd. FE2 grijači koriste „VacuCore“ izmjenjivače topline kapljevina-plin. Unutar jezgri izmjenjivača topline u vakuumu se nalazi propilen glikol. Na taj način postiže se veća učinkovitost grijača, bolja raspodjela topline na površini izmjenjivača topline te brže zagrijavanje zraka. U slučaju kvara jezgri ili cijeli izmjenjivač topline jednostavno je

zamijeniti. Sklop jezgri nalazi se u čeličnom kućištu, koje također podržava motor i ventilator (Ruffneck, 2018b).

Grijanje prostora podišta tornja ostvaruje se prijenosnim električnim kaloriferima u Ex izvedbi. Za ove potrebe predviđena su dva električna kalorifera snage 6 kW. Ovaj tip električnog kalorifera ostvaruje razliku između ulazne i izlazne temperature zraka od +20 °C. S obzirom na veliki i otvoreni prostor, kako bi se postigla zadovoljavajuća temperatura na prostoru podišta tornja, električni kaloriferi postavljeni su jedan iza drugoga (serijski) kako bi se povećala temperatura zraka.



**Slika 3-10.** Prijenosni električni kaloriferi (Crosco, 2017b)

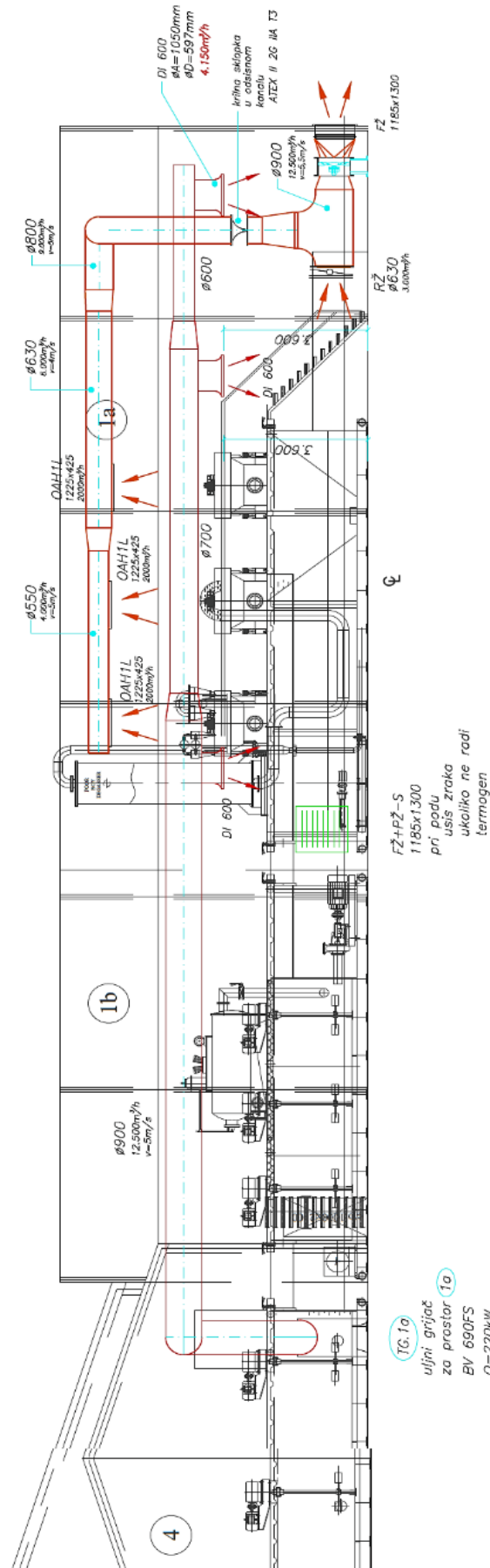


### 3.3. Sustav ventilacije šatora

Svi prostori koji su ugroženi pojavom zapaljivih tvari koje sa zrakom mogu činiti eksplozivnu atmosferu moraju biti odgovarajuće ventilirani, potrebno je ostvariti ventilaciju sa 6 izmjena zraka na sat. Odsis otpadnog zraka ostvaruje se odsisnim ventilatorima u Ex izvedbi zaštite II 2G IIA T3. Dobava svježeg zraka je pomoću uljnih termogena koji pomoću ventilacijskih kanala upuhuju zagrijani svježi zrak u prostore ili pomoću električnih kalorifera. Ventilacija mora biti kontrolirana kontrolnim članom, što znači da ispad ventilacije mora aktivirati odgovarajući alarm (Crosco, 2017a).

Budući da izvedba uljnih termogena nije u Ex izvedbi, potrebno je režimima rada i drugim posebnim mjerama onemogućiti eventualni kontakt uljnih termogena u radu i eksplozivne atmosfere. Unutar ventilacijskog odsisnog kanala potrebno je ugraditi krilnu sklopku u Ex izvedbi, spojenu na relej s vremenskim zatezanjem koji uključuje uljni termogen. Uključivanje uljnog termogena moguće je ostvariti nakon prethodne predventilacije potencijalno ugroženih prostora pojavom eksplozivne atmosfere. U slučaju ispada odsisne ventilacije, potrebno je provjeriti prisutnost eventualne eksplozivne atmosfere u tlačnim kanalima prije uključivanja termogena (Crosco, 2017c).

Ukoliko termostat isključi rad uljnog termogena, dobava svježeg zraka nadoknadit će se preko usisnih rešetki s fiksnom i potlačnom žaluzinom, budući da je u prostorima potrebno trajno osigurati 6 izmjena svježeg zraka na sat. Za ventilaciju neugroženih prostora potrebno je osigurati broj izmjena svježeg zraka koji osigurava oko 40 m<sup>3</sup>/h svježeg zraka po osobi (Crosco, 2017c).



Slika 3-11. Pregled ventilacije šatora 1b (Crosco, 2017c)

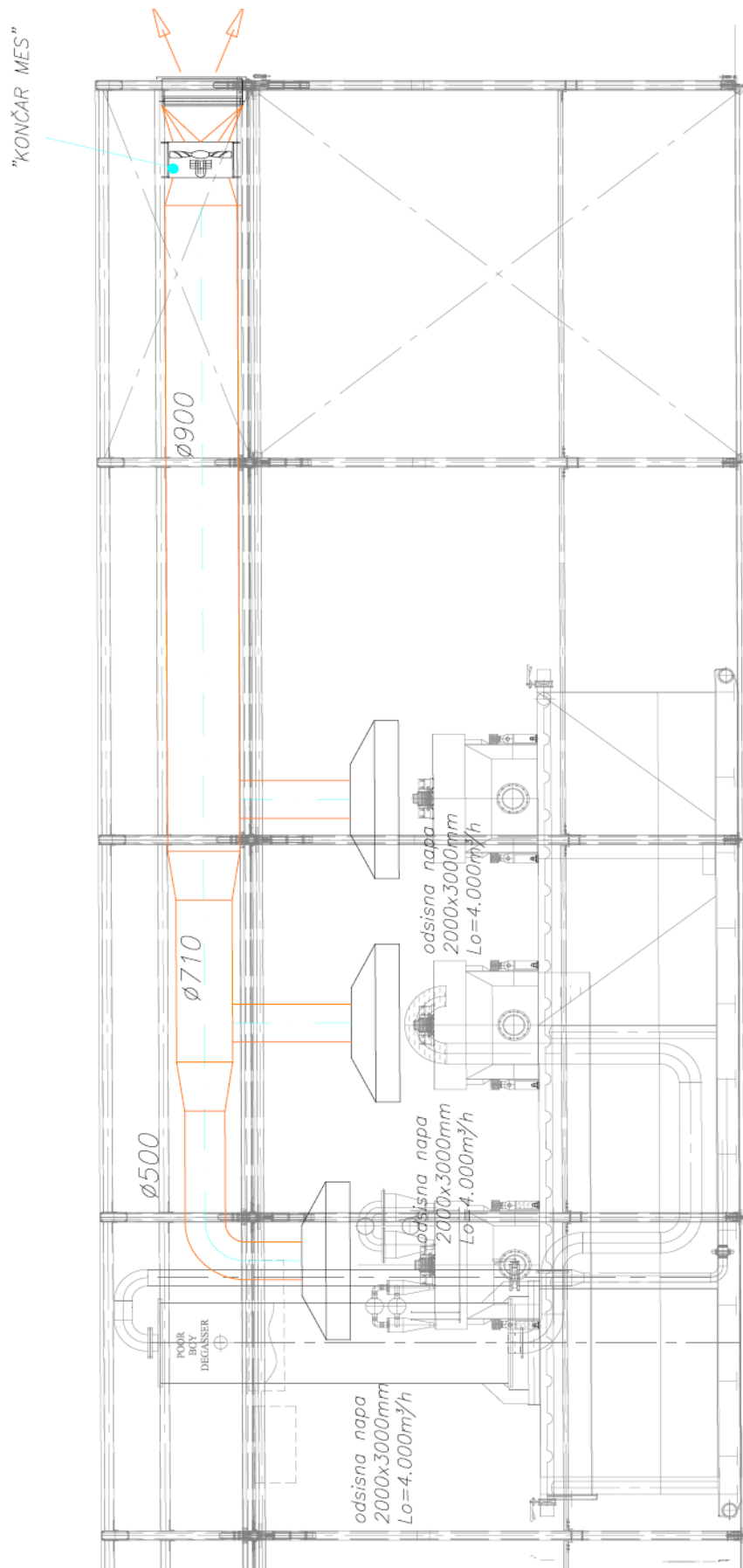
Za potrebe ventilacije šatora na bušačem postrojenju Emsco 605 odabrani su aksijalni ventilatori Inventor u Ex izvedbi zaštite II 2G IIA T3. U tablici 3-3 nalazi se popis odabranih ventilatora za pojedine šatore. Ventilatori moraju biti u mogućnosti ostvariti potrebne količine odsisnog zraka, koje su rezultat umnoška volumena pojedinih šatora s potrebnim brojem izmjena zraka po satu.

**Tablica 3-3.** Primijenjeni ventilatori na bušačem postrojenju Emsco 605 (Crosco, 2017c)

ŠATOR	VOLUMEN ŠATORA (m <sup>3</sup> )	POTREBNA KOLIČINA ODSISNOG ZRAKA (m <sup>3</sup> /h)	ODABRANI VENTILATOR
1a) vibratori i bazeni za pročišćavanje isplake	1840	11040	AV-750 4p
1b) bazeni za pročišćavanje isplake	1046	6276	AV-450 2P
2b) usisni bazen	540	3240	AV-365 2p
4) isplačne crpke	710	4260	AV-365 2p
7) visokotlačni razdjelnik	117	702	AV-450 4p
8) podkonstrukcija tornja	980	5.880	AV-450 2p

Pri bušenju na velikim dubinama pojavila se potreba za dodatnim sustavom ventilacije unutar šatora s vibratorima i bazenima za pročišćavanje isplake. Povratni tok ima veću temperaturu s povećanjem dubine bušenja. U šatoru s vibratorima i bazenima za pročišćavanje isplake dolazi do velikog isparavanja, što onemogućuje normalan rad postrojenja. Na slici 3-13 prikazano je isparavanje isplake unutar šatora. Zbog toga se pristupilo postavljanju dodatnog sustava odsisne ventilacije kako bi se uklonio višak pare iz šatora. Unutar šatora s vibratorima i bazenima za pročišćavanje isplake instalirane su tri nape odsisne količine zraka 4000 m<sup>3</sup>/h.





Slika 3-12. Prikaz ugrađene dodatne odsisne ventilacije (Crosco, 2017c)



**Slika 3-13.** Isparavanje isplake unutar šatora s vibratorima i bazenima za pročišćavanje isplake (Crosco, 2017b)

### 3.4. Grijaći kablovi

Grijaći kablovi su još jedna bitna komponenta vinterizacije bušačkog postrojenja. U cjevovodima koji su direktno izloženi vremenskim uvjetima može doći do smrzavanja i stvaranja čepova leda što može onemogućiti normalan rad bušačkog postrojenja te uzrokovati dulje zastoje u radu. Kako bi se omogućio normalan rad bušačkog postrojenja cjevovode koje su izloženi direktnom utjecaju zimskih uvjeta potrebno je dodatno izolirati i grijati grijaćim kablovima.

Na bušačem postrojenju Emsco 605 grijaći kablovi postavljeni su na vod za gušenje (*engl. kill line*), vod za prigušivanje (*engl. choke line*), isplačni vod (*engl. mud line*), isplačnu stojku (*engl. stand pipe*) i na dovode goriva (*engl. fuel line*). Vod za gušenje i vod za prigušivanje neke su od najbitnijih komponenti bušaće opreme, stoga je nužno omogućiti njihovu

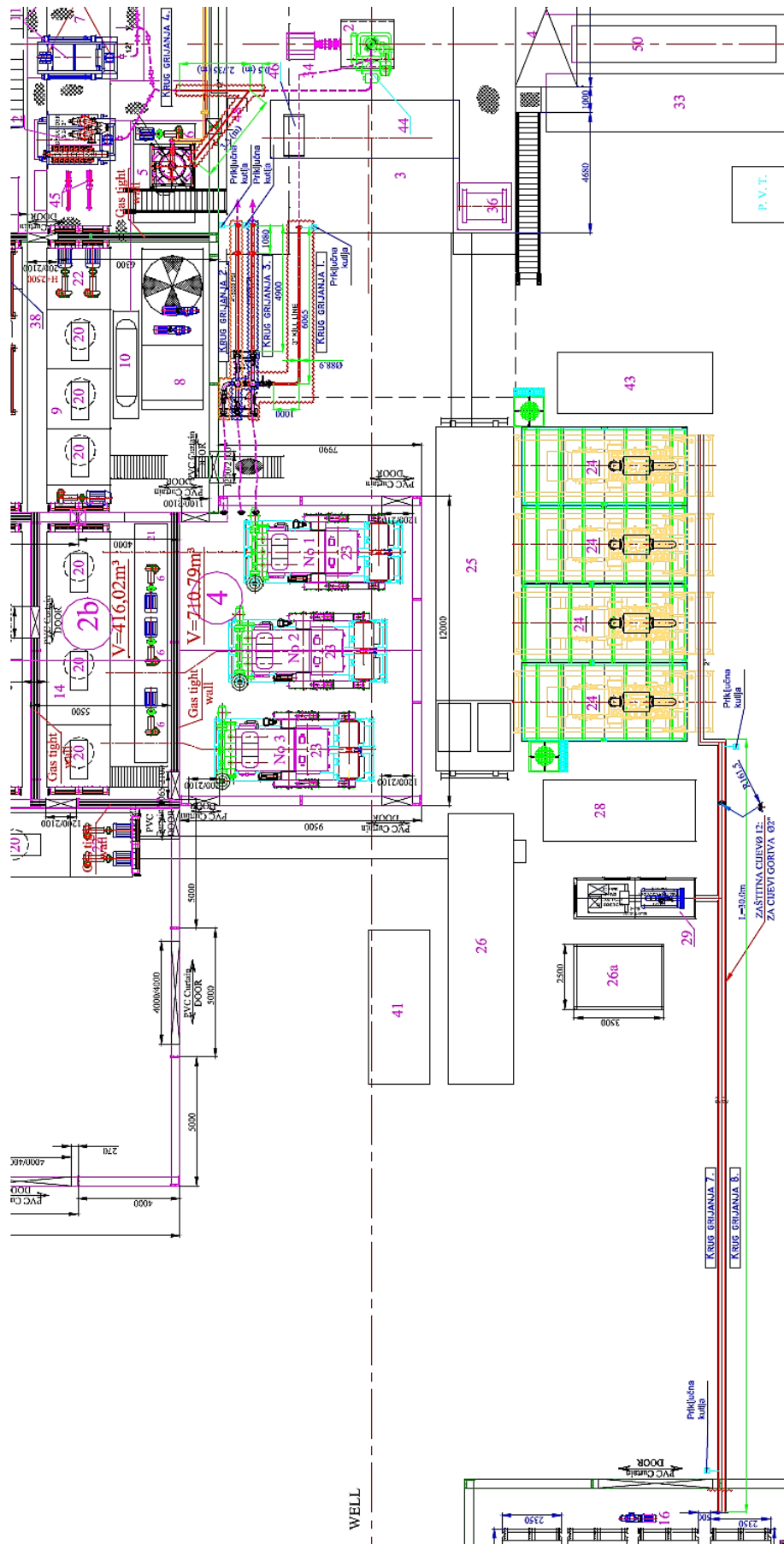
normalnu funkciju. U slučaju kvara grijaćih kablova potrebno je dodati aditive protiv smrzavanja (antifriz) kako bi se omogućio njihov normalan rad (Crosco, 2017d).

S obzirom da se cijevi koje je predviđeno zagrijavati na ovaj način nalaze unutar zona opasnosti, nužno je da grijaći kablovi budu u Ex izvedbi zaštite II 2G IIA T3. Grijaći kablovi postavljaju se na čelične cijevi. Duljina grijaćeg kabela ovisi od duljini grijane cijevi, promjeru grijane cijevi, broju ventila na grijanoj cijevi te o broju potpora grijane cijevi. Svi grijaći kablovi na bušačem postrojenju moraju održavati temperaturu grijane cijevi od +4°C. Nakon postavljanja grijaćih kablova, oko grijanih cijevi postavlja se sloj izolacije od elastomerne pjene debljine 30 mm. Na slici 3-14 prikazan je postavljeni grijaći kabel na cjevovodu.

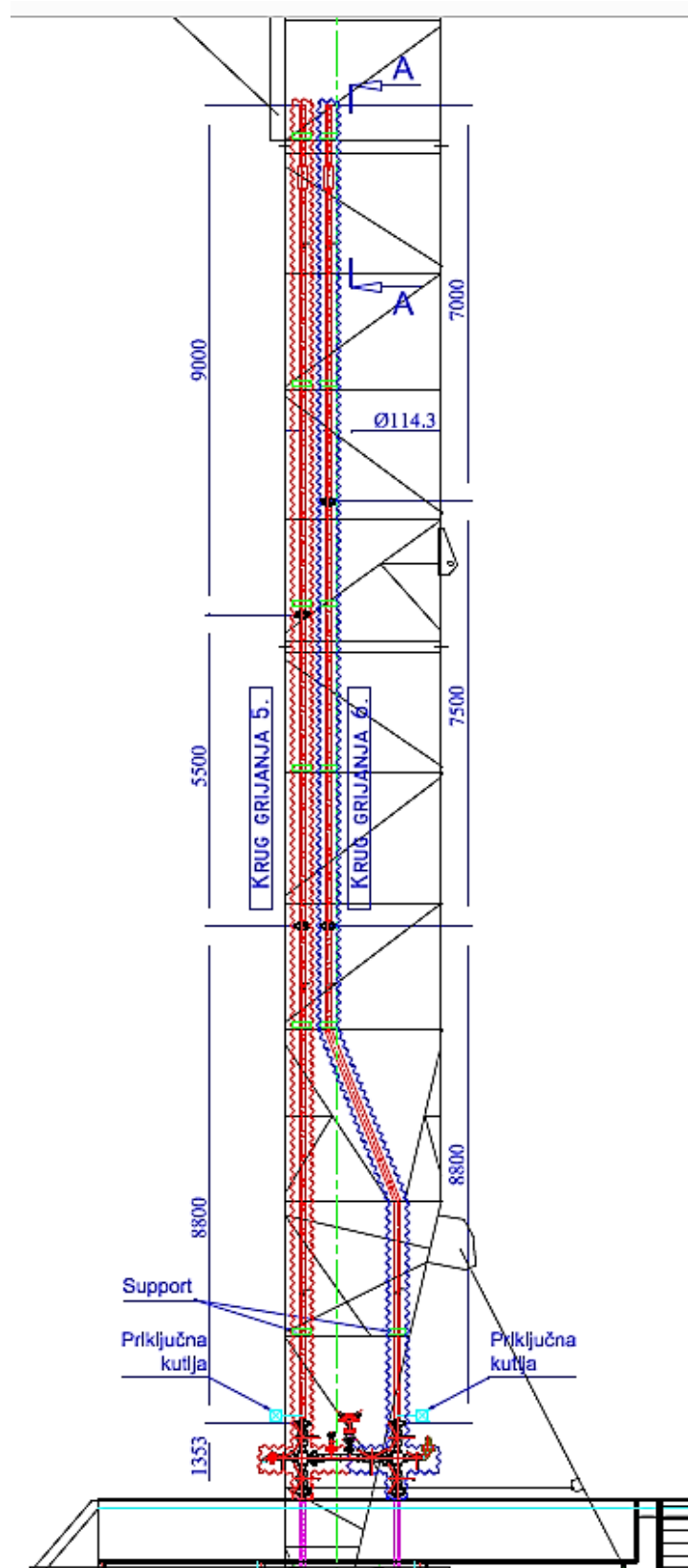


**Slika 3-14.** Prikaz postavljenog grijaćeg kabela na cjevovodu (Thermon, 2018a)

Upravljanje radom grijaćih kablova ostvaruje se na upravljačkoj ploči koja se nalazi izvan zona opasnosti te pomoću termostata smještenih na grijanim cijevima (Crosco, 2017d). Na slikama 3-15 i 3-16 prikazan je raspored postavljenih grijaćih kablova na bušačem postrojenju Emsco 605.



Slika 3-15. Raspored grijaćih kablova na bušaćem postrojenju Emsco 605 (Crosco, 2017d)



Slika 3-16. Prikaz grijaćih kablova unutar tornja bušaćeg postrojenja Emsco 605 (Cresco, 2017d)

Na bušačem postrojenju Emsco 605 instalirani su ovalni grijaći kablovi Thermon BSX. Ovaj tip grijaćeg kabela može se primijeniti za grijanje metalnih i nemetalnih cjevovoda. Koristi se za zaštitu od smrzavanja i za održavanje temperature cjevovoda i opreme. Glavni dijelovi grijaćeg kabela Thermon BSX su: 1) pokositreni bakreni vodiči; 2) grijač od poluvodičkog polimera sa samoregulirajućom karakteristikom; 3) unutarnji plašt od polietilena; 4) zaštitni oplet od pokositrenog bakra; 5) izolacija od poliolefina; 6) vanjska zaštita od fluoropolimera (Thermon, 2018b).

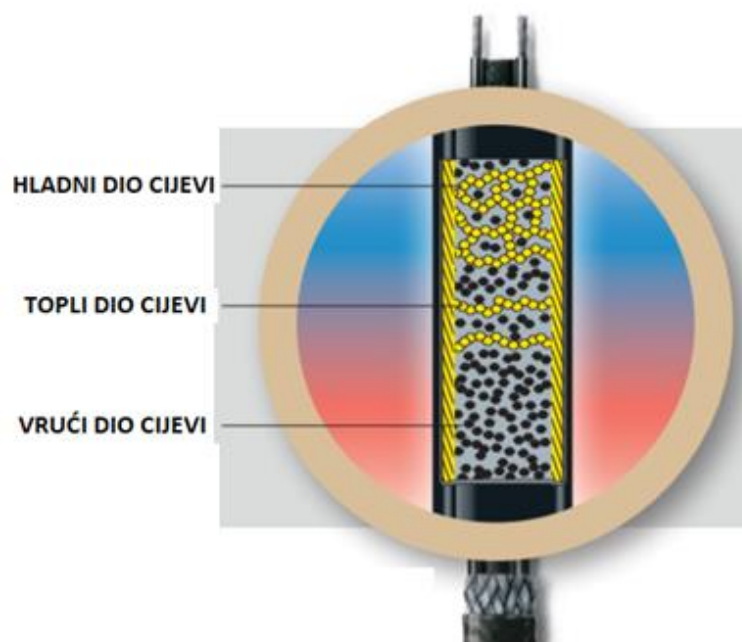


**Slika 3-17.** Konstrukcija grijaćeg kabela Termon BSX (Thermon, 2018b)

Grijaći kablovi Theromon BSX su samoregulirajući, što je ujedno i njihova glavna karakteristika. Povećanjem temperature poluvodički polimer se mikroskopski proširuje, smanjuje se broj vodljivih puteva u poluvodičkom polimeru, time se smanjuje pretvorba električne energije u toplinsku uslijed djelovanja električnog otpora. Snižavanjem temperature, poluvodički polimer se mikroskopski skuplja, povećava se broj vodljivih puteva u poluvodičkom polimeru, povećava se pretvorba električne energije u toplinsku uslijed djelovanja električnog otpora. Navedene promjene se događaju u svakoj točki duž grijaćeg kabela, što omogućava da se određeni dijelovi cjevovoda više, odnosno manje zagrijavaju prilagođavanjem izlazne snage različitim uvjetima. Dodatna prednost ovog tipa grijaćeg kabela je mogućnost vlastitog križanja ili preklapanja bez opasnosti od pojave



pregrijavanja i izgaranja. Na slici 3-18 prikazano je temperaturno stanje samoregulirajućeg grijaćeg kabela.



**Slika 3-18.** Temperaturno stanje samoregulirajućeg grijaćeg kabela (Raychem, 2018)

### 3.5. Prilagodba elektroenergetskog sustava

Prilagodba elektroenergetskog sustava na bušačem postrojenju EMSCO-605 odnosi se na ugradnju nove rasvjete postrojenja. Rasvjeta prije vinterizacije sastojala se od sljedećih komponenti razmještenih po bušačem postrojenju: bušači toranj (10 fluorescentnih lampi snage 40 W te 1 reflektor snage 400 W); podstruktura tornja ( 2 reflektora snage 400 W); podište tornja (12 reflektora snage 400W); isplačne pumpe (2 reflektora snage 400 W); isplačni bazeni (9 reflektora snage 400 W); dizelski agregat (10 fluorescentnih lampi snage 40 W) (Crosco, 2017e). Nova ugrađena rasvjeta na vinteriziranom bušačem postrojenju mora biti prikladna za rad u zonama opasnosti, prikladna za rad pri niskim temperaturama, energetska efikasna te otporna na vibracije postrojenja. Na slici 3-19 prikazan je raspored rasvjete na vinteriziranom bušačem postrojenju Emsco 605.



**Slika 3-19.** Raspored rasvjete na vinteriziranom bušačem postrojenju Emsco 605 (Crosco, 2017e)

Ugrađena rasvjeta na vinteriziranom bušačem postrojenju Emsco-605 (Crosco, 2017e):

- isplačni bazeni: 25 x EATON 92 LED 400, 10 x EATON 92 LED 400 NE (sigurnosna rasvjeta);
- isplačne pumpe: 3 x PHILIPS LIGHTIN -WT460C L1300 LED23S/840 WB, 3 x PHILIPS LIGHTING-WT460C EL3 L1300 EM LED23S/840 WB (sigurnosna rasvjeta);
- spremnici goriva: 3 x EATON - LED FMV15LCY;
- protuerupcijski uređaj: 1 x PHILIPS LIGHTING-WT460C L1300 LED23S/840 WB, 1 x PHILIPS LIGHTING-WT460C EL3 L1300 EM LED23S/840 WB (sigurnosna rasvjeta);
- podište tornja: 4 x EATON - LED FMV15LCY;
- platforma tornjaša: 2 x EATON - LED FMV15LCY;
- dizelski agregat: 6 x PHILIPS LIGHTING-WT460C L1300 LED23S/840 WB, 4 x PHILIPS LIGHTING-WT460C EL3 L1300 EM LED23S/840 WB (sigurnosna rasvjeta);
- bušači toranj: 10 x DIALIGHT - LPD3C4H2WDR SafeSite LED.

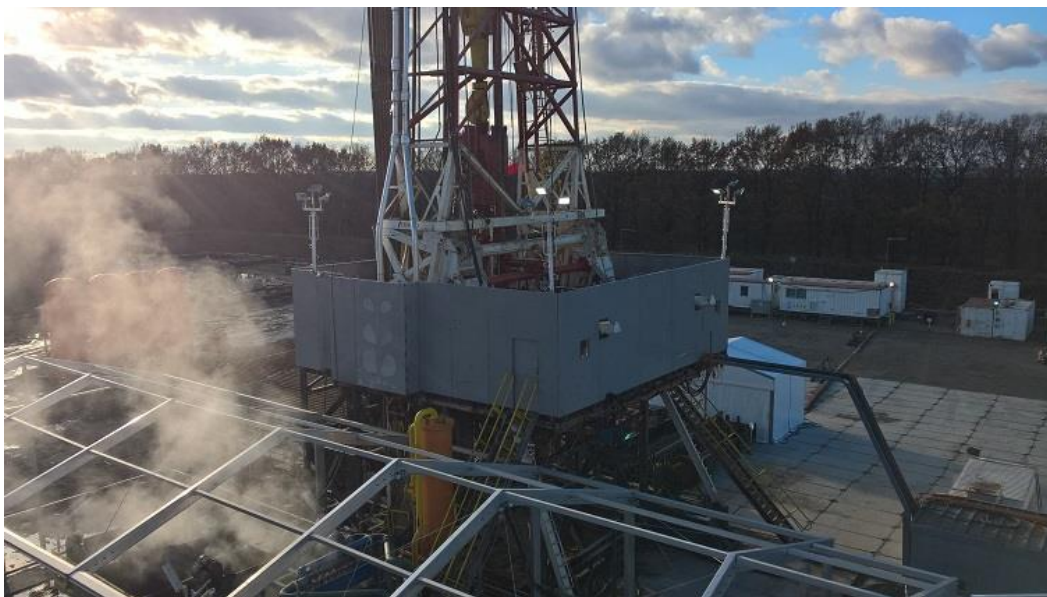




**Slika 3-20.** Instalirana rasvjeta EATON 92 LED 400 (Crosco, 2017b)

### **3.6. Zaštita podišta tornja i podišta tornjaša**

Podište tornja i podište tornjaša na bušaćem postrojenju Emsco 605 u sklopu vinterizacije postrojenja zaštićeni su od udara vjetra vjetrobranima (*engl. windwall*). Vjetrobrani postavljeni na podištu bušaćeg postrojenja Emsco 605 visine su 3,5 m, čime se ostvarila kvalitetna zaštita od udara vjetra. Postavljanjem vjetrobrana omogućili su se povoljniji uvjeti rada za radnike na podištu tornja, te se smanjila mogućnost smrzavanja opreme na podištu tornja. Na slici 3-21 prikazani su vjetrobrani na podištu tornja.



**Slika 3-21.** Vjetrobrani na podištu tornja (Crosco, 2017b)

#### 4. ZAKLJUČAK

Prilikom izrade bušotina u hladnim vremenskim uvjetima potrebno je vinterizirati bušaće postrojenje. Vinterizacijom bušaćeg postrojenja sprječava se dodatno pothlađivanje zbog utjecaja vjetra, smrzavanje fluida u sustavu te nakupljanje snijega i leda. Prekrivanjem dijelova postrojenja te njihovim grijanjem ostvaruju se u velikoj mjeri spomenuti ciljevi vinterizacije postrojenja. Za potrebe izrade 12 bušotina u ukrajinskoj regiji Poltava, tvrtka Crosco vinterizirala je bušaće postrojenje Emsco 605. Postupak prilagodbe postrojenja zimskim uvjetima rada izuzetno je skup i složen postupak zbog prilagodbe više komponenti koje moraju funkcionirati kao cjelina. Vinterizacija bušaćeg postrojenja zahtijeva dugoročno planiranje, projektiranje pojedinih segmenata od strane specijaliziranih ureda, prilagodbu postojeće opreme i nabavu nove opreme, te njenu implementaciju. Pri tome je potrebno posvetiti veliku pozornost odabiru opreme koja se nalazi u zonama opasnosti, s obzirom da je nužna protueksplozijska izvedba takve opreme. Prilikom vinterizacije bušaćeg postrojenja Emsco 605 najveći problem stvarala je starost opreme, koja je onemogućila potpunu vinterizaciju postrojenja. Prilagodba bušaćeg postrojenja nužna je za rad u hladnim uvjetima kako bi se osigurao nesmetan rad postrojenja te omogućili normalni radni uvjeti za osoblje.

## 5. LITERATURA

1. CROSCO, 2017a. Elaborat klasifikacije prostora, Hrvatska
2. CROSCO, 2017b. Fotodokumentacija tvrtke Croscos, Hrvatska
3. CROSCO, 2017c. Glavni projekt strojarskih instalacija: grijanje i ventilacija, Hrvatska
4. CROSCO, 2017d. Electrical resistance trace heating design study (22.11.2018.)
5. CROSCO, 2017e. Design, delivery and installation of illumination on drilling rig Emsco 605 in Ukraine, Hrvatska
6. LEE, W. L., DASCH, J., 2015. Winterization of Drilling Systems and Equipment in the Cold Climate Conditions. Katy, Texas.
7. „Protueksplozijska zaštita“. 2017. Predavanja iz kolegija – interni materijali, 2017., Zagreb Rudarsko-geološko-naftni fakultet. (neobjavljeno)

### Internet izvori:

1. EMSCO 605, 2014. URL: <https://croscos.com/wp-content/uploads/2015/08/emscos605.pdf> (11.01-2018.)
2. EUROPEAN STANDARDS, 2005.  
URL: [https://www.en-standard.eu/din-en-13782-temporary-structure-tents-safety/?gclid=CjwKCAiAo8jgBRAVEiwAJUXKqPdsf7fxzF0wiSverk9WUv\\_F\\_EzEbVu6QGUCgebybHVvkfVPRAQRcRoCy4sQAvD\\_BwE](https://www.en-standard.eu/din-en-13782-temporary-structure-tents-safety/?gclid=CjwKCAiAo8jgBRAVEiwAJUXKqPdsf7fxzF0wiSverk9WUv_F_EzEbVu6QGUCgebybHVvkfVPRAQRcRoCy4sQAvD_BwE) (3.11.2018.)
3. MASTER, 2018. URL: <http://www.mcsworld.com/master-bv-470-fs-indirect-oil-heater-air-bus,107.html> (20.11.2018.)
4. RAYCHEM, 2018. URL: [http://www.hurleywire.com/PDFs/EN-RaychemSelectionGuide-SB-DOC565\\_tcm461-27444.pdf](http://www.hurleywire.com/PDFs/EN-RaychemSelectionGuide-SB-DOC565_tcm461-27444.pdf) (5.12.2018.)
5. RUFFNECK, 2018a.  
URL: [http://www.ruffneck.com/productDocumentation/Ruffneck/Owners\\_Manuals/FE2\\_Owners\\_Manual.pdf](http://www.ruffneck.com/productDocumentation/Ruffneck/Owners_Manuals/FE2_Owners_Manual.pdf) (22.11.2018.)
6. RUFFNECK, 2018b. URL: <https://www.rlkunz.com/docs/Ruffneck-Complete-New.pdf> (24.11.2018)

7. SATTTLER, 2018. URL: [https://protex.sattler.com/fileadmin/user\\_upload/protex/Halls\\_and\\_Tents/684\\_Polyplan\\_All-in-One\\_FR.pdf](https://protex.sattler.com/fileadmin/user_upload/protex/Halls_and_Tents/684_Polyplan_All-in-One_FR.pdf) (3.11.2018.)
8. THERMON, 2018a. URL: [https://content.thermon.com/pdf/ca\\_pdf\\_files/PN50207-EHT-Installation.pdf](https://content.thermon.com/pdf/ca_pdf_files/PN50207-EHT-Installation.pdf) (29.11.2018.)
9. THERMON, 2018b. URL: [https://content.thermon.com/pdf/ca\\_pdf\\_files/TEP0067-BSX-Spec.pdf](https://content.thermon.com/pdf/ca_pdf_files/TEP0067-BSX-Spec.pdf) (29.11.2018.)

## **IZJAVA**

Izjavljujem da sam korištenjem dostupne literature i znanja stečenog tijekom studiranja samostalno izradio diplomski rad.

Mirko Mamić

---