

# Analiza proizvodnih normi i regulative u zavarivanju opreme pod tlakom

---

**Radoš, Martina**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2017**

*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:235:482768>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-27**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Martina Radoš**

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Mentor: Prof.dr.sc. Ivica Garašić**

**Studentica: Martina Radoš**

Zagreb, 2017.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se profesoru dr.sc. Ivici Garašić na mentorstvu, korisnim savjetima i vodstvu kroz rad.

Zahvaljujem također, tvrtki Monter SM d.d. na otvorenosti za pomoć te ustupljanju svojih dokumenata, znanja i savjeta koji uvelike čine ovaj rad. Posebno zahvaljujem direktoru sustava osiguranja kvalitete, gos. Tomislavu Kelava, na gostoprimstvu i ljubaznosti te gos. Filipu Cupar na vodstvu i usmjeravanju kroz sveobuhvatnu dokumentaciju.

Na kraju, a meni osobno najvažnije, zahvaljujem svojoj obitelji na bezuvjetnoj podršci i strpljenju kroz cijelo moje školovanje. Posebno zahvaljujem svom tati koji me usmjerio pri odabiru fakulteta.

Martina Radoš



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
 Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:  
 proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo  
 materijala te mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Martina Radoš** Mat. br.: 0035189881

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Analiza proizvodnih normi i regulative u zavarivanju opreme pod tlakom**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Analysis of Production Standards and Directives in Welding of Pressure Equipment**

Opis zadatka:

Za sustav proizvodnje opreme pod tlakom tehnologijom zavarivanja, potrebno je navesti i obrazložiti sve primjenjive norme i regulativu. Za različite vrste i kategorije proizvoda potrebno je usporediti propisane aktivnosti kontrole i nadzora pri zavarivanju kao i kriterije prihvatljivosti uzimajući u obzir osnovne materijale, radni tlak, vrstu i tlak medija te dimenzije. Opisati odgovornosti zavarivačkog i nadzornog osoblja u različitim fazama proizvodnje i kontrole.

U eksperimentalnom dijelu provesti analizu primjene proizvodnih normi i regulative na realnom proizvodu. Ocijeniti stupanj provedbe i ispunjenja zahtjeva proizvodnih normi na temelju zapisa i dokumentacije, te odrediti kritične aktivnosti u sustavu. Dati osvrt na primjenjivost pojedinih kriterija prihvatljivosti i mogućnost njihovog ispunjenja u realnim proizvodnim uvjetima. Predložiti poboljšanja u sustavu zavarivanja, kontrole i nadzora sa stanovišta smanjenja rizika i ispunjavanja traženih zahtjeva.

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

Zadatak zadan:

11. svibnja 2017.

Rok predaje rada:

13. srpnja 2017.

Predviđeni datum obrane:

19., 20. i 21. srpnja 2017.

Zadatak zadao:

Izv. prof. dr. sc. Ivica Garašić

Predsjednica Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Biserka Runje

**Sadržaj:**

<b>Popis slika:</b> .....	<b>V</b>
<b>Popis tablica:</b> .....	<b>vii</b>
<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. REGULATIVA I NORME ZA PROIZVODNJU OPREME POD TLAKOM</b> .....	<b>2</b>
2.1 Pravilnik o tlačnoj opremi .....	4
2.1.1 Tehnički zahtjevi opreme pod tlakom .....	5
2.1.2 Materijali za opremu pod tlakom .....	7
2.2 Pravilnik o jednostavnim tlačnim posudama .....	8
2.2.1 Materijali za jednostavne tlačne posude .....	8
2.2.1.1 Dijelovi pod tlakom .....	8
2.2.2 Dimenzije jednostavnih tlačnih posuda.....	10
2.3 Pravilnik o aerosolnim raspršivačima .....	12
2.3.1 Aerosolni raspršivači izrađeni od metala .....	12
2.3.2 Aerosolni raspršivači izrađeni od stakla.....	13
2.3.2.1 Nezaštićeni stakleni spremnici .....	14
2.3.3 Aerosolni raspršivači izrađeni od plastike .....	15
2.4 Ocjenjivanje sukladnosti.....	16
2.4.1 Označavanje sukladnosti.....	17
2.5 Norme vezane za zavarivanje opreme pod tlakom .....	18
<b>3. ODGOVORNOSTI ZAVARIVAČKOG I NADZORNOG OSOBLJA U FAZAMA KONTROLE I PROIZVODNJE</b> .....	<b>21</b>
3.1 Norma HRN EN ISO 3834 - Zahtjevi za kvalitetu zavarivanja taljenjem metalnih materijala .....	23
3.1.1 Norma HRN EN ISO 3834-2 - Zahtjevi za kvalitetu zavarivanja taljenjem metalnih materijala -- 2. dio: Sveobuhvatni zahtjevi za kvalitetu.....	24

3.1.1.1 Područje primjene .....	25
3.1.1.2 Preispitivanje zahtjeva i tehnički pregled .....	25
3.1.1.2 Podugovanje .....	27
3.1.1.3 Zavarivačko osoblje .....	28
3.1.1.4 Koordinator zavarivanja .....	29
3.1.1.5 Osoblje za kontrolu i ispitivanje.....	30
3.1.1.6 Planiranje proizvodnje.....	31
3.1.1.7 Nadzor i ispitivanje .....	31
3.1.1.8 Nesukladnosti i korektivne radnje .....	33
3.2 Pravilnik o pregledima i ispitivanju opreme pod tlakom (NN 27/2017) .....	34
3.2.1 Prvi pregled opreme pod tlakom visoke razine opasnosti.....	35
3.2.2 Periodički pregled opreme pod tlakom visoke razine opasnosti .....	36
3.2.2.1 Vanjski pregled .....	36
3.2.2.2 Unutarnji pregled.....	37
3.2.2.3 Ispitivanje tlakom .....	38
<b>4. EKSPERIMENTALNI DIO.....</b>	<b>39</b>
4.1 Postupak projektiranja cjevovoda .....	40
4.1.1 Izrada i izdavanje postupka .....	42
4.2 Karakteristike cjevovoda i medija .....	43
4.2.1 Karakteristike cjevovoda.....	43
4.2.2 Karakteristike medija .....	47
4.3 Uvjeti na granici postrojenja .....	52
4.4 Zavarivanje cjevovoda .....	53
4.4.1 HRN EN ISO 9606-1 .....	55
4.4.2 Atestacija postupka zavarivanja .....	58
4.5 Toplinska obrada.....	60
4.7 Metode nerazornih ispitivanja .....	62

---

4.7.1 Vizualna kontrola .....	64
4.7.2 Penetrantska kontrola.....	65
4.7.3 Magnetska kontrola .....	69
7.6.4 Radiografska metoda .....	72
4.7 Antikorozivni sustav .....	77
4.6.1 Priprema cjevovoda za AKZ .....	77
4.6.1 Izvedba premaza .....	79
AKZ – izolirani dio - ukupna debljina suhog premaza 80 µm. ....	80
4.6.1.1 Temeljni premaz .....	80
4.6.1.2 Pokrivni premazi .....	80
4.8 Završno ocjenjivanje .....	82
4.9 Analiza rizika .....	84
4.9 Ocjenjivanje sukladnosti.....	88
<b>5. POBOLJŠANJA U SUSTAVU ZAVARIVANJA, KONTROLE I NADZORA.....</b>	<b>93</b>
<b>6. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>95</b>
<b>7. LITERATURA .....</b>	<b>96</b>



**Popis slika:**

Slika 1. Struktura područja opreme pod tlakom [1] .....	3
Slika 2. Posude za fluide a) [2].....	5
Slika 3. Posude za fluide b) [2].....	5
Slika 4. Moduli za ocjenu sukladnosti [1] .....	16
Slika 5. CE oznaka [2].....	17
Slika 6. Oznaka sukladnosti za aerosolne raspršivače [4] .....	17
Slika 7. Certifikat o osposobljenosti proizvođača za izvođenje zavarivačkih radova [10].....	41
Slika 8. Posebno odobrenje materijala (str. 1/2) [10] .....	45
Slika 9. Posebno odobrenje materijala (str. 2/2) [10] .....	46
Slika 10. Certifikat kvalifikacije zavarivačkog osoblja [10].....	57
Slika 11. Atestacija postupka TIG zavarivanja [10] .....	59
Slika 12. Izvešće penetrantskog ispitivanja [10].....	68
Slika 13. Izvešće magnetskog ispitivanja [10] .....	71
Slika 14. Tehnika jednostruke stijenke [10].....	73
Slika 15. Izvešće radiografskog ispitivanja (str. 1/2) [10].....	75
Slika 16. Izvešće radiografskog ispitivanja (str. 2/2) [10].....	76
Slika 17. Izveštaj o kontroli antikorozivne zaštite [10] .....	81
Slika 18. Tijek tlačne probe [10] .....	83
Slika 19. Shema stavljanja tlačne opreme na tržište [16].....	88
Slika 20. Izjava sukladnosti tvrtke Monter SM d.d. (str. 1/2) [10].....	89
Slika 21. Izjava sukladnosti tvrtke Monter SM d.d. (str. 2/2) [10].....	90
Slika 22. Certifikat o sukladnosti [10] .....	91

Slika 23. Ispunjenost zahtjeva za tlačnu opremu [ 10] ..... 92

**Popis tablica:**

Tablica 1. Ograničenja tlakova u aerosolnim raspršivačima (od stakla) punjenim ukapljenim plinom [4] .....	14
Tablica 2. Dozvoljeni granični tlakovi pri 20 °C u ovisnosti o udjelu ukapljenog plina za nezaštićene staklene spremnike [4] .....	15
Tablica 3. Popis hrvatskih normi vezano za proizvodnju opreme pod tlakom zavarivanjem [5].....	18
Tablica 4. Kemijski sastav čelika A106 [10] .....	43
Tablica 5. Mehaničke karakteristike čelika A106 [10].....	44
Tablica 6. Ispitni/ maksimalan tlak cjevovoda [10] .....	44
Tablica 7. Značajke plina iz sustava baklji [10] .....	47
Tablica 8. Komponente plina iz sustava baklji [10].....	48
Tablica 9. Značajke svježeg vode [10] .....	49
Tablica 10. Značajke rekuperiranog plina [10] .....	49
Tablica 11. Udio pojedinih komponenti u rekuperiranom plinu [10].....	50
Tablica 12. Značajke laganih ugljikovodika [10] .....	51
Tablica 13. Značajke procesne vode [10] .....	51
Tablica 14. Uvjeti rada tlačne opreme [10].....	52
Tablica 15. ISO dokumenti za certificiranje zavarivačkog osoblja [8].....	54
Tablica 16. Prednosti i nedostaci NDT metoda [12].....	63
Tablica 17. Kriterij prihvatljivosti indikacija [13] .....	67
Tablica 18. Granice zacrnjenja obzirom na izabranu klasu [14] .....	74
Tablica 19. Kategorije korozivnosti okoliša [15] .....	77
Tablica 20. Standardni stupnjevi primarne pripreme površine metodom abrazivnog čišćenja [15].....	78

Tablica 21. Sustav antikoroziivne zaštite [10] .....	79
Tablica 22. Analiza rizika [10] .....	84

**POPIS OZNAKA**

Oznaka	Jedinica	Opis
A	%	Istezljivost
A <sub>80mm</sub>	%	Istezljivost za L <sub>0</sub> =80 mm
D	-	Zacrnjenje filma
d	mm	Dimenzije glavne osi
L	mm	Duljina indikacije
L <sub>0</sub>	mm	Početna duljina uzorka
R <sub>eT</sub>	N/mm <sup>2</sup>	Granica razvlačenja pri najvišoj radnoj temperaturi T <sub>max</sub>
R <sub>m</sub>	N/mm <sup>2</sup>	Vlačna čvrstoća
R <sub>m,max</sub>	N/mm <sup>2</sup>	Maksimalna vlačna čvrstoća
V	L	Volumen posude
3 (sigma)	-	Ocjena sukladnosti za aerosolne raspršivače
AKZ	-	Antikorozivna zaštita
CE	-	eng. European Conformity (Ocjena sukladnosti za tlačnu opremu)
EPP	-	Elektrolučno zavarivanje taljivom elektrodom pod zaštitom praška
FCAW	-	Flux-cored Arc Welding (elektrolučno zavarivanje praškom punjenom žicom u zaštitnoj atmosferi aktivnog plina)
IKR	-	Indikator kvalitete radiograma
IR	-	Termografija
IWE	-	eng. International Welding Engineer (međunarodni inženjer zavarivanja)
IWS	-	eng. International Welding Specialist (međunarodni specijalist zavarivanja)
IWT	-	eng. International Welding Technician (međunarodni tehnolog zavarivanja)
MAG	-	eng. Metal Active Gas (elektrolučno zavarivanje taljivom elektrodom u zaštitnoj atmosferi aktivnog plina)

---

MIG	-	eng. Metal Inert Gas (elektrolučno zavarivanje taljivom elektrodom u zaštitnoj atmosferi inertnog plina)
MT	-	Ispitivanje magnetskim česticama
NDT	-	eng. NonDestructive Testing (nerazorna ispitivanja)
PA	-	Vodoravni položaj zavarivanja
PB	-	Horizontalno-vertikalni položaj zavarivanja
PC	-	Vertikalni položaj zavarivanja
PQR	-	eng. Procedure Qualification Record (atestacija postupka zavarivanja)
PT	-	Ispitivanje penetrantima
REL	-	Ručno elektrolučno zavarivanje
RT	-	Radiografsko ispitivanje
S <sub>a</sub>	-	Standardni stupnjevi pripreme površine
TIG	-	eng. Tungsten Inert Gas (elektrolučno zavarivanje netaljivom elektrodom u zaštiti inertnog plina)
UT	-	Ispitivanje ultrazvukom
VT	-	Vizualno ispitivanje
WPS	-	eng. Welding Procedure Specification (specifikacija postupka zavarivanja)

## SAŽETAK

Ovaj diplomski rad temelji se na analizi proizvodnih normi i regulativa u zavarivanju opreme pod tlakom.

U teorijskom dijelu rada navedeni su svi pravilnici i norme koje se koriste prilikom projektiranja opreme pod tlakom, a na poslijetku je dan uvid i obrazloženje onih koji se danas najviše koriste. Također, opisane su provedbe kontrole i nadzora nad opremom pod tlakom koje garantiraju kvalitetu i siguran rad. Kako bi projektiranje sustava tlačne opreme proteklo sa što manje nedostataka ili eventualnih štetnih posljedica navedena je potrebna podjela rada, odnosno prikazana je zahtjevana kvalifikacija osoblja koja sudjeluje na projektu.

U eksperimentalnom dijelu, zahvaljujući suradnji tvrtke Monter SM d.d., provedena je analiza primjene proizvodnih normi i regulativa pri izgradnji jedinice za rekuperaciju baklji u rafineriji Rijeka. Točnije, praćen je sustav izgradnje cjevovodne linije koja odvodi/dovodi medije baklji. Eksperimentalan dio sadrži niz podataka koji su potrebni kako bi se udovoljilo zahtjevanim kriterijima te se na kraju cijeli projekt temelji na dobivanju ocjene sukladnosti nadležnog tijela kao potvrde da je projekt valjan, odnosno da je dobiveno dopuštenje za puštanje u rad.

Ključne riječi: tlačna oprema, cjevovodi, zavarivanje, tehnički pravilnici, ISO norme, ocjena sukladnosti

## **SUMMARY**

This graduate thesis is based on the analysis of production standards and regulations in the welding of pressurized equipment.

The theoretical part of this paper listed all the rules and standards used in the design of pressurized equipment, and after is given the description of the ones most used today. Also, the implementation of control and monitoring of pressure equipment is described, which guarantees quality and safe operation. In order to design the pressure equipment system with fewer deficiencies or possible adverse consequences, the division of labor is given, i.e. the required qualifications of the personnel participating in the project are presented.

In the experimental part of this thesis, thanks to the assist of Monter SM d.d., an analysis of the application of production norms and regulations was carried out in the construction of a flame recuperative unit at the Rijeka refinery. Specifically, a system for the construction of a pipeline who delivery in and out torch media is monitored. The experimental part contains a set of data required to meet demanding criteria and, finally, the whole project is based on obtaining a conformity assessment by the competent authority as a confirmation that the project is valid or that it has been released in exploitation.

Key words: pressure equipment, pipelines, welding, technical regulations, ISO standards, conformity assessment



## 1. UVOD

Globalne promjene tržišta, nove tehnologije na svim područjima, novi proizvođači i dobavljači, sve veći zahtjevi kupaca i korisnika, novi zahtjevi i ograničenja ciljanih tržišta, uvjetuju upravljanju poslovnim sustavima u kojima uprava mora pronaći učinkovita i brza rješenja. Za dostojnu borbu sa konkurencijom potrebno je kontinuirano poboljšavati svoje poslovanje te na taj način sačuvati status, popraviti poslovanje i tržišni položaj.

Cilj svake organizacije je vrlo jasan, proizvoditi ono što tržište želi, uz određenu razinu kvalitete, prihvatljivu cijenu i rokove isporuke, kontinuirano povećavajući zadovoljstvo kupaca i ostalih zainteresiranih strana. Kvaliteta se u svijetu prema mnogima smatra najvažnijim fenomenom našeg vremena s trajnim trendom rasta.

Tlačna je oprema zbog svojih specifičnosti, posebice opasnosti po ljude, životinje i materijalna dobra te okoliš, oduvijek bila dobro obrađena zakonskim propisima i stručnim preporukama. U cilju pružanja zahtjevane kvalitete potrebno je pratiti norme dane putem ISO-a (International Standards Organization) te propisanu regulativu.

Pri izgradnji tlačne opreme prvotno je potrebno odrediti kojoj vrsti tlačne opreme zadani proizvod pripada te na temelju određenog pravilnika pratiti smjernice za projektiranje opreme pod tlakom. Nadalje, Ministarstvo gospodarstva je donijelo odluku o normama vezanim za opremu pod tlakom, što uvelike olakšava projektiranje i lansiranje tlačne opreme na tržište. Krajnji cilj je dobivanje certifikata o sukladnosti, kojeg izdaje nadležno tijelo imenovano od strane Ministarstva gospodarstva, koji garantira ispravnost, pouzdanost i kvalitetu izrađene opreme.

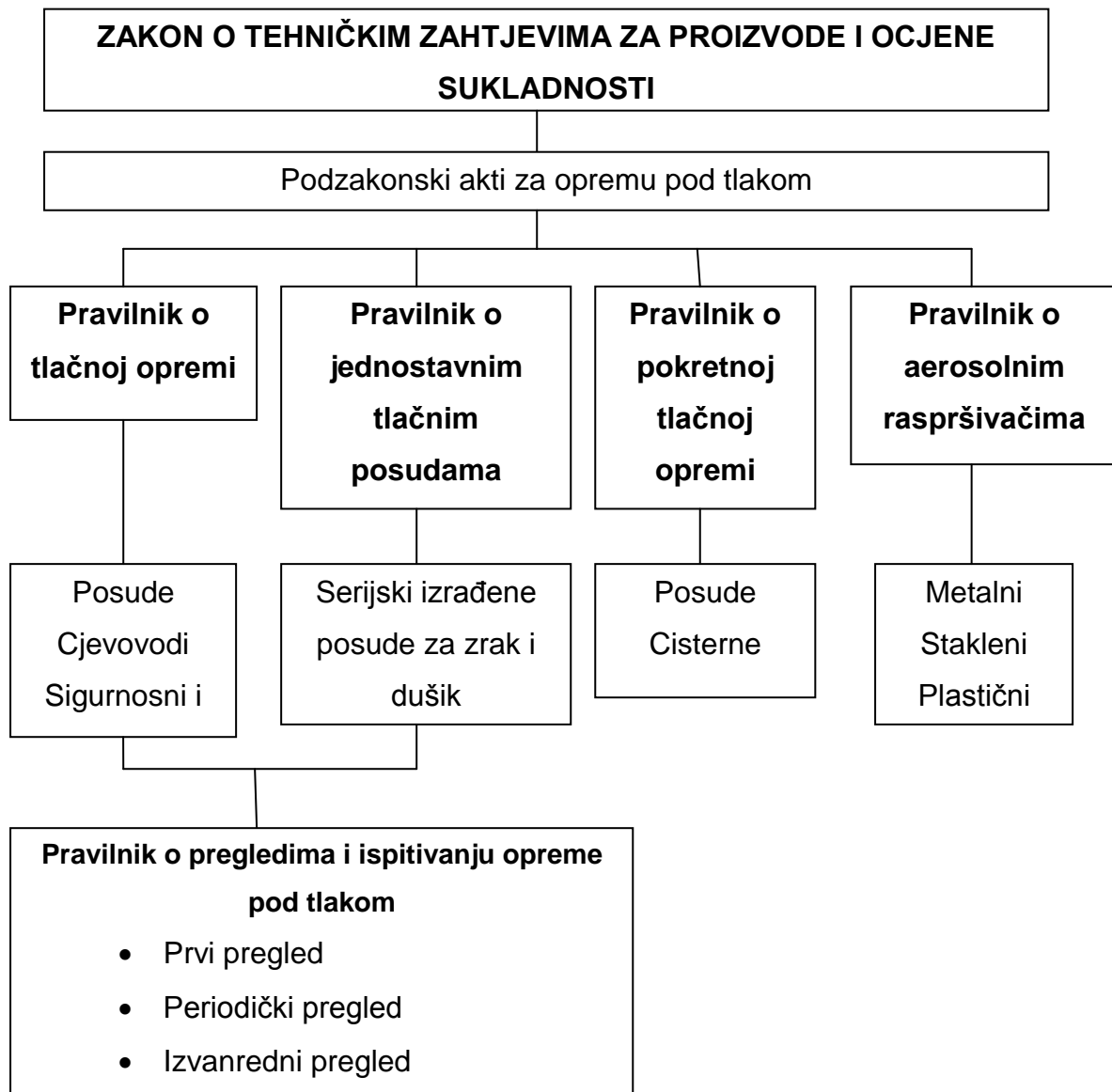
## 2. REGULATIVA I NORME ZA PROIZVODNJU OPREME POD TLAKOM

Na osnovi Zakona o tehničkim zahtjevima za proizvode i ocjenu sukladnosti doneseni su podzakonski akti, pravilnici za područje opreme pod tlakom kojima su implementirane europske direktive i uz njih su objavljene usklađene norme čija uporaba daje pretpostavku sukladnosti.

- Pravilnik o jednostavnim tlačnim posudama (NN 79/2016),
- Pravilnik o tlačnoj opremi (NN 27/2016),
- Pravilnik o aerosolnim raspršivačima (NN 45/2014).

Kako je za sada područje pregleda i ispitivanja opreme pod tlakom prepušteno zemljama članicama kao nacionalno zakonodavstvo, te je ovo područje u Republici Hrvatskoj regulirano Pravilnikom o pregledima i ispitivanju opreme pod tlakom. Vlada RH je osnovala Agenciju za opremu pod tlakom (OPT – AGENCIJA), koju je ovlastila za poslove pregleda i ispitivanja stabilne opreme pod tlakom u uporabi. Struktura područja opreme pod tlakom prikazana je na slici 1 i obuhvaća navedene pravilnike.

[1]



Slika 1. Struktura područja opreme pod tlakom [1]

## 2.1 Pravilnik o tlačnoj opremi

Pravilnik o tlačnoj opremi (NN 79/2016) primjenjuje se za konstruiranje, proizvodnju i ocjenjivanje sukladnosti tlačne opreme i sklopova s najvećim dopuštenim tlakom PS većim od 0,5 bara.

Ovaj se Pravilnik ne primjenjuje na:

- cjevovode koji se sastoje od cijevi ili sustava cijevi namijenjenih za distribuciju bilo kojeg fluida ili tvari, prema instalaciji ili od nje (na kopnu ili na moru),
- cjevovode za dovod, distribuciju i ispušt vode te pripadajuću opremu i glavne segmente sustava, tlačnih tunela, tlačnih šahtova za hidroelektrične instalacije te s njima povezani poseban pribor
- jednostavne tlačne posude obuhvaćene Pravilnikom o jednostavnim tlačnim posudama
- aerosolne raspršivače na koje se primjenjuje Pravilnik o aerosolnim raspršivačima. [2]

Tlačna oprema klasificira se u kategorije sukladno rastućoj razini opasnosti.

Za potrebe klasifikacije fluidi se dijele u dvije grupe:

### 1. Grupa 1 – opasni fluidi

Opasan fluid predstavlja tvar ili smjesu definiranu posebnim tehničkim propisom o klasifikaciji, pakiranju i označavanju naljepnicom opasnih tvari.

Grupa 1 obuhvaća fluide definirane kao:

- eksplozivne,
- izrazito zapaljive,
- jako zapaljive,
- zapaljive (kada je najveća dozvoljena temperatura iznad plamišta),
- vrlo toksične,
- toksične,
- oksidirajuće.

### 2. Grupa 2 – svi ostali fluidi koji nisu navedeni. [2]

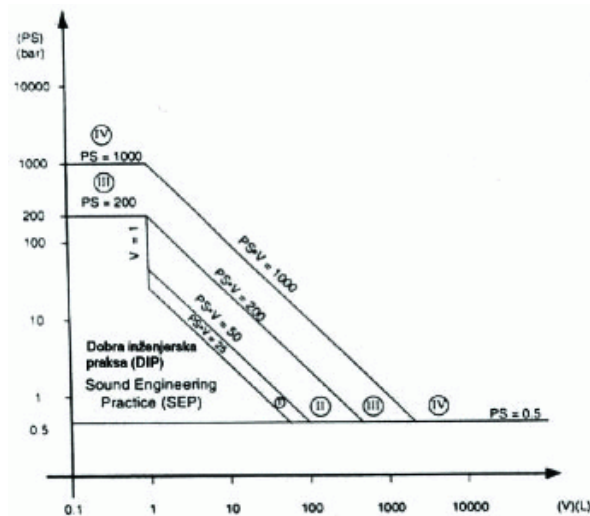
### 2.1.1 Tehnički zahtjevi opreme pod tlakom

Oprema pod tlakom mora zadovoljiti osnovne sigurnosne zahtjeve:

- posude za:

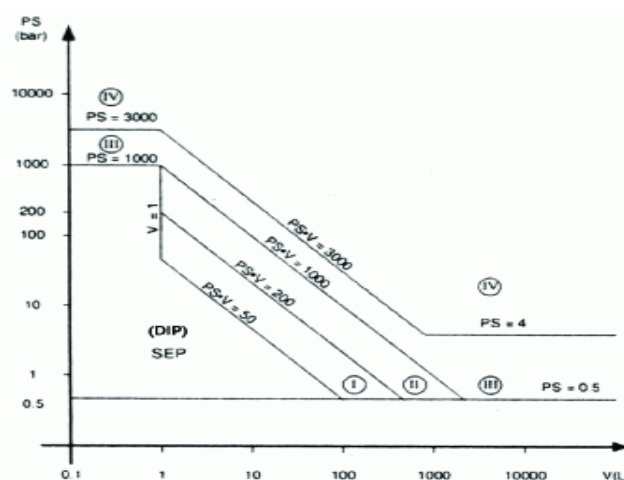
1. plinove, ukapljene plinove, pod tlakom otopljene plinove, pare te one kapljevine kod kojih tlak pare na najvišoj dopuštenoj temperaturi prelazi 0,5 bara iznad standardnog atmosferskog tlaka (1013 mbar), u sljedećim granicama:

a) za fluide Grupe 1. i volumena većeg od 1 L te umnoška PS i V većeg od 25 bar × L ili tlaka PS većeg od 200 bar;



Slika 2. Posude za fluide a) [2]

b) za fluide Grupe 2. i volumena većeg od 1 L te umnoška PS i V većeg od 50 bar × L ili tlaka PS većeg od 1000 bar te svi prenosivi aparati za gašenje požara i boce za disanje;



Slika 3. Posude za fluide b) [2]

2. kapljevine kod kojih tlak pare na najvišoj dopuštenoj temperaturi ne prelazi 0,5 bara iznad standardnog atmosferskog tlaka (1013 mbar) u sljedećim granicama:

a) za fluide Grupe 1. i volumena većeg od 1 L te umnoška PS i V većeg od  $200 \text{ bar} \times L$  ili tlaka PS većeg od 500 bar;

b) za fluide Grupe 2. i tlaka PS većeg od 10 bar te umnoška PS i V većeg od  $10\,000 \text{ bar} \times L$  ili tlaka PS većeg od 1000 bar;

- ložena ili na neki drugi način zagrijavana tlačna oprema kod koje postoji rizik od pregrijavanja, a koja je namijenjena za proizvodnju pare ili vrele vode na temperaturama većim od  $110 \text{ }^\circ\text{C}$  i volumena većeg od 2 L te svi tlačni lonci za kuhanje;

- cjevovodi namijenjeni za:

1. plinove, ukapljene plinove, pod tlakom otopljene plinove, pare te one kapljevine kod kojih tlak pare na najvišoj dopuštenoj temperaturi prelazi 0,5 bar iznad standardnog atmosferskog tlaka (1013 mbar), u sljedećim granicama:

a) za fluide Grupe 1. s DN većim od 25;

b) za fluide Grupe 2. s DN većim od 32 te umnoškom PS i DN većim od 1000 bar;

2. kapljevine kod kojih tlak pare na najvišoj dopuštenoj temperaturi ne prelazi 0,5 bar iznad standardnog atmosferskog tlaka (1013 mbar) u sljedećim granicama:

a) za fluide Grupe 1. s DN većim od 25 te umnoškom PS i DN većim od 2000 bar;

b) za fluide Grupe 2. i PS većim od 10 bar, a DN većim od 200 te umnoškom PS i DN većim od 5000 bar.

- sigurnosni i tlačni pribori namijenjen za opremu. [2]

### **2.1.2 Materijali za opremu pod tlakom**

Materijali koji se koriste za proizvodnju tlačne opreme moraju odgovarati primjeni u predviđenom vijeku trajanja ako nisu predviđene zamjene.

Materijali za dijelove pod tlakom moraju:

- imati odgovarajuća svojstva za sve radne uvjete koji se mogu predvidjeti i za sve uvjete ispitivanja, a posebno moraju biti dovoljno plastični i žilavi. Osobito treba voditi računa o odabiru materijala kako bi se spriječio krti lom, ako je to potrebno; ako je iz određenih razloga nužno koristiti krti materijal, poduzimaju se odgovarajuće mjere,
- biti dovoljno kemijski otporni na fluide koji se nalaze u tlačnoj opremi; imati kemijska i fizikalna svojstva nužna za siguran rad koja nisu značajno umanjena u predviđenom vijeku trajanja opreme,
- biti takvi da nisu značajno podložni starenju,
- biti primjereni u predviđenim postupcima obrade,
- se odabrati tako da se izbjegnu značajni negativni učinci pri spajanju različitih materijala.

Proizvođač opreme poduzima odgovarajuće mjere kako bi osigurao da upotrijebljeni materijali budu u skladu sa specifikacijama. Posebno, dokumentacija koju priprema proizvođač materijala, a koja potvrđuje sukladnost sa specifikacijama, prikuplja se za sve materijale.

Ako proizvođač materijala ima odgovarajući sustav osiguranja kvalitete koji je potvrđen od strane kompetentnog tijela koje je uspostavljeno unutar Unije i koje je posebno odobreno za ocjenjivanje materijala, pretpostavlja se da certifikat koji izdaje proizvođač potvrđuje sukladnost odgovarajućim zahtjevima ove točke. [2]

## 2.2 Pravilnik o jednostavnim tlačnim posudama

Ovaj se Pravilnik (NN 27/2016) odnosi na jednostavne tlačne posude koje su proizvedene u serijama i imaju sljedeće značajke:

1. posude su u zavarenoj izvedbi, a namijenjene su za zrak i dušik pod unutarnjim predtlakom većem od 0,5 bara i nisu namijenjene loženju,
2. dijelovi i sklopovi koji pridonose čvrstoći posude pod tlakom izrađeni su od nelegiranog kvalitetnog čelika i nelegiranog aluminija ili aluminijevih legura, koje s vremenom ne stvrdnjaju,
3. posuda se sastoji od sljedećih elemenata: cilindričnog dijela kružnog presjeka zatvorenog vanjskim ispupčenim i/ili ravnim podnicama koje su postavljene oko iste osi kao i cilindrični dio, ili dvije ispupčene podnice koje su postavljene oko iste osi,
4. najveći radni tlak posude ne smije prelaziti 30 bar, a umnožak tlaka i volumena ( $PS \times V$ ) ne smije biti veći od 10 000 bar $\times$ L,
5. najniža radna temperatura ne smije biti niža od minus 50 °C, a najviša viša od 300 °C za čelične posude, odnosno 100 °C za aluminijske ili posude od aluminijskih legura. [3]

### 2.2.1 Materijali za jednostavne tlačne posude

Materijali se biraju prema namjeni posuda i u skladu sa sljedećim točkama:

#### 2.2.1.1 Dijelovi pod tlakom

Materijali koji se koriste za proizvodnju dijelova pod tlakom su:

- zavarljivi,
- plastični i žilavi, tako da pri najnižoj radnoj temperaturi ne dolazi do drobljenja ili krtog loma,
- otporni na starenje. [3]



## Čelične posude

Nelegirani kvalitetni čelici moraju zadovoljavati sljedeće zahtjeve:

- moraju biti umireni i dostavljeni nakon postupka normalizacije ili u istovjetnom stanju,
- sadržaj ugljika u proizvodu manji je od 0,25 %, a sadržaj sumpora i fosfora manji je od 0,05 % za svaki element,
- svaki proizvod ima sljedeća mehanička svojstva:
  - najveću vlačnu čvrstoću  $R_{m,max}$  manju od  $580 \text{ N/mm}^2$ ,
  - istezanje nakon loma iznosi:
    - za uzorke uzete usporedno sa smjerom valjanja:
      - za debljine  $\geq 3 \text{ mm}$ :  $A \geq 22 \%$ ,
      - za debljina  $< 3 \text{ mm}$ :  $A_{80 \text{ mm}} \geq 17 \%$ .
    - za uzorke uzete okomito na smjer valjanja:
      - za debljine  $\geq 3 \text{ mm}$ :  $A \geq 20 \%$ ,
      - za debljina  $< 3 \text{ mm}$ :  $A_{80 \text{ mm}} \geq 15 \%$ .

Za čelike koji se namjeravaju koristiti za proizvodnju posuda gdje je najniža radna temperatura manja od  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ , a debljina stijenke posude veća od  $5 \text{ mm}$ , to se svojstvo provjerava. [3]

## Aluminijske posude

Nelegirani aluminij sadrži najmanje 99,5 % aluminija, a aluminijske legure koje se koriste za posude pokazuju dovoljnu otpornost na interkristalnu koroziju pri najvišoj radnoj temperaturi.

Osim toga ovi materijali zadovoljavaju sljedeće zahtjeve:

- moraju biti isporučeni u žarenom stanju,
  - moraju imati sljedeća mehanička svojstva za svaki proizvod:
    - najveću vlačnu čvrstoću  $R_{m,max}$  manju od  $350 \text{ N/mm}^2$ ,
    - produljenje nakon loma iznosi:
      - $A \geq 16 \%$  ako je ispitni uzorak uzet usporedno sa smjerom valjanja,
      - $A \geq 14 \%$  ako je ispitni uzorak uzet okomito na smjer valjanja.
- [3]

### 2.2.2 Dimenzije jednostavnih tlačnih posuda

#### Volumen posude

Postoje dvije klase u koje se razvrstavaju jednostavne tlačne posude.

##### Klasa A

Obuhvaća posude čiji je  $PS \cdot V > 50 \text{ bar} \cdot \text{litara}$  i ima tri kategorije:

Kategorija A.1 obuhvaća posude sa  $3000 \text{ bar} \cdot \text{litara} < PS \cdot V < 10000 \text{ bar} \cdot \text{litara}$

Kategorija A.2 obuhvaća posude sa  $200 \text{ bar} \cdot \text{litara} < PS \cdot V < 3000 \text{ bar} \cdot \text{litara}$

Kategorija A.3 obuhvaća posude sa  $50 \text{ bar} \cdot \text{litara} < PS \cdot V < 200 \text{ bar} \cdot \text{litara}$

##### Klasa B

Obuhvaća posude čiji je  $PS \cdot V < 50 \text{ bar} \cdot \text{litara}$ . [3]

## Debljina stijenki

Kad umnožak  $PS$  i  $V$  nije veći od  $3000 \text{ bar} \times L$ , proizvođač mora izabrati jednu od sljedećih metoda opisanih za određivanje debljina stijenki posude.

- Proračunska metoda

Minimalna debljina dijelova pod tlakom mora se računati prema veličini dozvoljenog naprezanja uz sljedeće uvjete:

- proračunski tlak ne smije biti manji od izabranog najvećeg radnog tlaka,
- dozvoljeno glavno membransko naprezanje ne smije biti veće od  $0,6 R_{eT}$  ili  $0,3 R_m$ . Proizvođač posude mora uzeti najmanje vrijednosti  $R_{eT}$  i  $R_m$  za izabrani materijal, garantirane od strane proizvođača materijala, kad određuje dozvoljena naprezanja.

Kad cilindrični dio posude ima jedan ili više uzdužnih zavara koji se ne izvode automatskim postupcima zavarivanja, proračunski određena debljina stijenke mora se pomnožiti s koeficijentom 1,15. [3]

- Eksperimentalna metoda

Debljina stijenki može se odrediti na osnovi tlačne probe na temperaturi okoline, kod koje se posuda izvrgava tlaku koji je najmanje pet puta veći od najvećeg radnog tlaka. Ostatna deformacija kružnosti cilindričnog dijela posude ne smije biti veća od 1%.

Kad je umnožak  $PS$  i  $V$  veći od  $3000 \text{ bar} \times L$  ili kad je najviša radna temperatura veća od  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  debljine stijenki se određuju prema proračunskoj metodi.

Izvedena debljina stijenke cilindričnog dijela i podnica ne smije biti manja od 2 mm za čelične posude, odnosno 3 mm za posude iz aluminija ili aluminijskih legura.

[3]

## 2.3 Pravilnik o aerosolnim raspršivačima

Za potrebe ovoga Pravilnika (NN 45/2014) naziv »aerosolni raspršivač« podrazumijeva svaki spremnik namijenjen za jednokratnu uporabu izrađen od metala, stakla ili plastike i koji sadrži stlačeni, ukapljeni ili pod tlakom otopljeni plin sa ili bez kapljevine, paste ili praha i ima ventil za raspršivanje sadržaja u obliku; koloidne otopine krutih ili tekućih čestica u plinu, pjene, paste, praha ili tekućine. [4]

### 2.3.1 Aerosolni raspršivači izrađeni od metala

Ukupni obujam takvih spremnika ne smije biti veći od 1000 ml.

#### Ispitni tlak spremnika

(a) za spremnike punjene tlakom manjim od 6,7 bara pri 50 °C, ispitni tlak mora biti najmanje 10 bara,

(b) za spremnike punjene tlakom jednakim i većim od 6,7 bar pri 50 °C, ispitni tlak mora biti 50% veći od tlaka u spremniku kod 50 °C.

#### Punjenje

Kod 50 °C tlak u aerosolnom raspršivaču ne smije biti veći od 12 bara.

Međutim, kad aerosolni raspršivač ne sadrži plin ili mješavinu plinova koji su zapaljivi u zraku temperature 20 °C pri normiranom tlaku od 1,013 bara, maksimalan tlak kod 50 °C ne smije biti veći od 13,2 bara. [4]

### **2.3.2 Aerosolni raspršivači izrađeni od stakla**

Takvi spremnici mogu se puniti stlačenim, ukapljenim ili pod tlakom otopljenim plinom. Ukupni obujam takvih spremnika ne smije biti veći od 220 ml.

#### **Obloga**

Obloga spremnika mora biti izvedena kao zaštitni sloj od plastike ili drugog prikladnog gradiva koje sprječava odvajanje staklenih čestica u slučaju njegovog loma. Obloga mora imati takve značajke da spriječi let komadića stakla kada puni aerosolni raspršivač doveden na temperaturu od 20 °C padne na betonsku podlogu s visine od 1,8 m. [4]

#### **Ispitni tlak za spremnik**

(a) spremnici punjeni stlačenim ili pod tlakom otopljenim plinom moraju izdržati ispitni tlak od najmanje 12 bara.

(b) spremnici punjeni ukapljenim plinom moraju izdržati ispitni tlak od najmanje 10 bara. [4]

#### **Punjenje**

(a) aerosolni raspršivači punjeni stlačenim plinom ne smiju se izlagati tlaku većem od 9 bara pri 50 °C.

(b) aerosolni raspršivači punjeni pod tlakom otopljenim plinom ne smiju se izlagati tlaku većem od 8 bara pri 50 °C.

(c) aerosolni raspršivači punjeni ukapljenim plinom ili smjesom ukapljenih plinova ne smiju biti izvrgnuti pri 20 °C tlakovima višim od onih navedenih u slijedećoj tablici 1. [4]

Tablica 1. Ograničenja tlakova u aerosolnim raspršivačima (od stakla) punjenim ukapljenim plinom [4]

Ukupni obujam	Maseni postotak ukapljenog plina u ukupnom punjenju		
	20%	50%	80%
50 do 80 ml	3,5 bar	2,8 bar	2,5 bar
< 80 do 160 ml	3,2 bar	2,5 bar	2,2 bar
<160 do 220 ml	2,8 bar	2,1 bar	1,8 bar

Tablica 1 prikazuje dozvoljene granične tlakove pri 20 °C u ovisnosti o udjelu plina.

### 2.3.2.1 Nezaštićeni stakleni spremnici

Aerosolni raspršivači koji imaju nezaštićene staklene spremnike smiju se puniti isključivo ukapljenim ili pod tlakom otopljenim plinom. Ukupni obujam takvih spremnika ne smije biti veći od 150 ml, a ispitni tlak mora biti najmanje 12 bara.

#### **Punjenje**

(a) aerosolni raspršivači punjeni pod tlakom otopljenim plinom ne smiju se izlagati tlaku većem od 8 bara pri 50 °C,

(b) aerosolni raspršivači punjeni ukapljenim plinom ne smiju biti izvrgnuti pri 20 °C tlaku većem od onog navedenog u tablici 2. [4]

Tablica 2. Dozvoljeni granični tlakovi pri 20 °C u ovisnosti o udjelu ukapljenog plina za nezaštićene staklene spremnike [4]

Ukupni obujam	Maseni postotak ukapljenog plina u ukupnom punjenju		
	20%	50%	80%
50 do 70 ml	1,5 bar	1,5 bar	1,25 bar
< 70 do 150 ml	1,5 bar	1,5 bar	1 bar

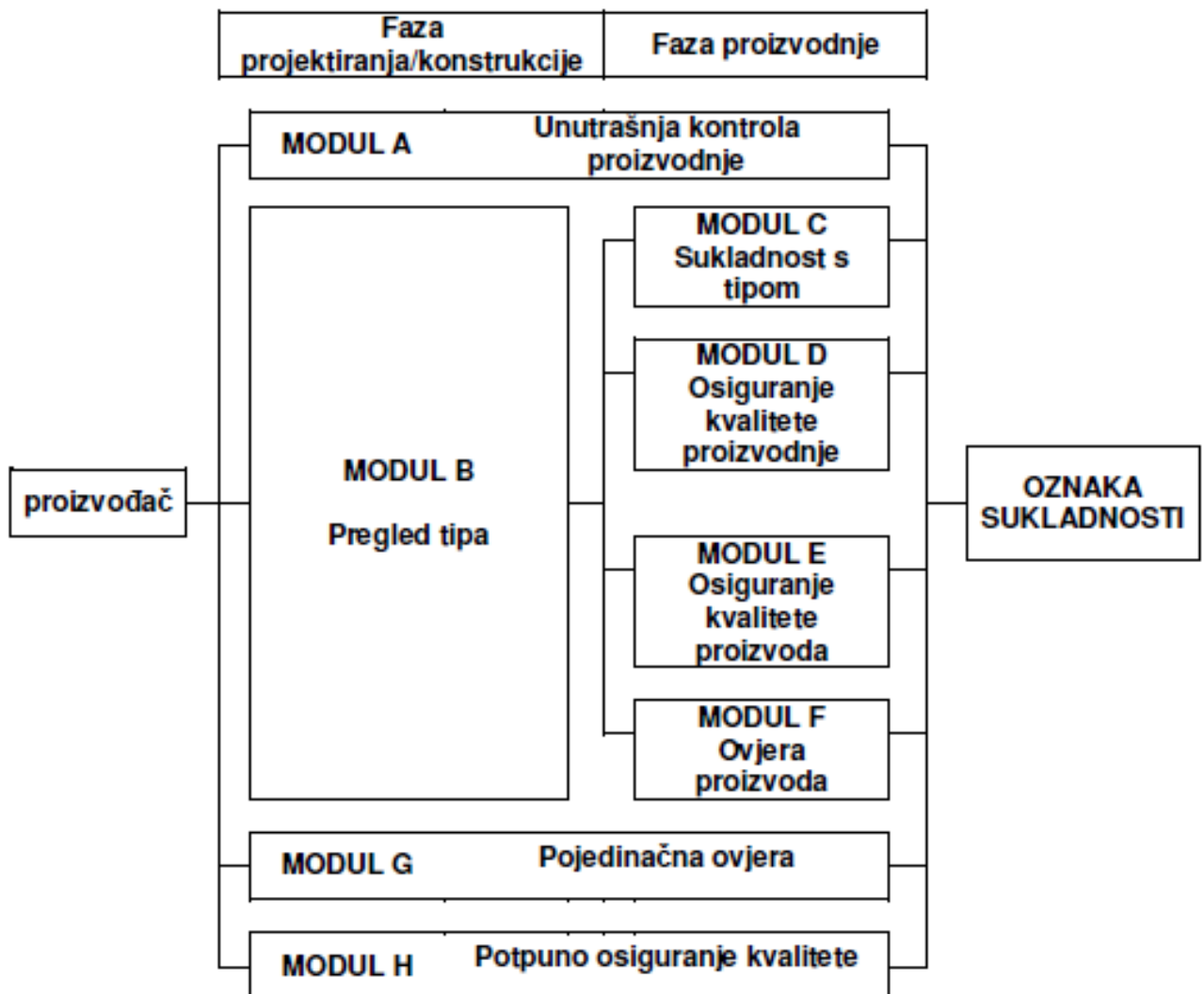
### **2.3.3 Aerosolni raspršivači izrađeni od plastike**

Na aerosolne raspršivače izrađene iz plastike koji se kod puknuća mogu rasprsnuti primjenjuju se iste odredbe kao i za nezaštićene staklene spremnike aerosolnih raspršivača.

Na aerosolne raspršivače izrađene iz plastike koji se kod puknuća ne mogu rasprsnuti primjenjuju se iste odredbe kao i za staklene spremnike aerosolnih raspršivača sa zaštitnom oblogom. [4]

## 2.4 Ocjenjivanje sukladnosti

Ocjenjivanje sukladnosti provodi se putem propisanih postupaka (modula). Postupak provode tijela za ocijenu sukladnosti ovlaštena od ministra nadležnog za gospodarstvo, a na temelju Potvrde o osposobljenosti izdane od Hrvatske akreditacijske agencije. Popis tijela za ocijenu sukladnosti objavljuje se u Narodnim novinama. Ulaskom Hrvatske u EU tijela za ocijenu sukladnosti prijavljuju se Europskoj Komisiji i postaju „Prijavljena tijela“. Moduli za ocijenu sukladnosti prikazani su na slici 3. [1]



Slika 4. Moduli za ocijenu sukladnosti [1]

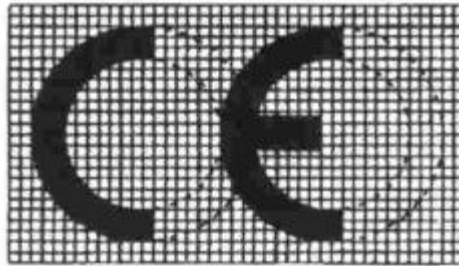


### **2.4.1 Označavanje sukladnosti**

Zajedno s modulima općeg pristupa uveden je jedinstven način označavanja proizvoda oznakom sukladnosti za potrebe direktiva.

#### **Označavanje stabilne opreme pod tlakom**

CE oznaka (prikazana na slici 5) jedina je oznaka koja potvrđuje da je proizvod sukladan zahtjevima direktiva koje se na njega odnose. To znači, ako se na proizvod odnosi više direktiva koje također predviđaju stavljanje CE oznake, da CE oznaka pokazuje da je proizvod sukladan zahtjevima svih primijenjenih direktiva. CE oznaku mora staviti na proizvod proizvođač ili njegov ovlašteni predstavnik ili osoba odgovorna za stavljanje proizvoda na tržište. CE oznaka stavlja se na završetku nadzora nad proizvodnjom. Vrijedi za opremu pod tlakom te jednostavnu tlačnu opremu. [2]



Slika 5. CE oznaka [2]

#### **Označavanje aerosolnih raspršivača**

3 (oznaka obrnuti epsilon, prikazana na slici 6) je oznaka sukladnosti za aerosolne raspršivače. Pretpostavlja se da su zadovoljeni svi propisani zahtjevi kad osoba odgovorna za stavljanje aerosolnih raspršivača na tržište postavi oznaku 3 na proizvod. [4]



Slika 6. Oznaka sukladnosti za aerosolne raspršivače [4]

## 2.5 Norme vezane za zavarivanje opreme pod tlakom

Europske se norme usredotočuju na značajke proizvoda i njihove specifikacije. Primjena normi je dragovoljna. Usklađene Europske norme su podskup Europskih norma koje podupiru pojedinu direktivu. Iako su dragovoljne njihova primjena na proizvod daje pretpostavku sukladnosti čime u znatnoj mjeri olakšavaju proizvođaču dokazivanje sukladnosti s bitnim zahtjevima.

Hrvatske norme koje se odnose na opremu pod tlakom su prihvaćene usklađene europske norme, koje donosi Hrvatski zavod za norme. Popis normi objavljuje Ministarstvo gospodarstva u Narodnim novinama (NN 27/2013). Tablica 3 prikazuje popis hrvatskih normi vezanih za proizvodnju opreme pod tlakom.

Tablica 3. Popis hrvatskih normi vezano za proizvodnju opreme pod tlakom zavarivanjem [5]

<b>HRN EN ISO 9606-1:2014</b>	Provjera osposobljenosti zavarivača – Zavarivanje taljenjem – 1. dio: Čelici
<b>HRN EN ISO 15614-1:2007</b>	Specifikacija i kvalifikacija postupaka zavarivanja za metalne materijale – Ispitivanje postupka zavarivanja – 1. dio: Elektrolučno i plinsko zavarivanje čelika te elektrolučno zavarivanje nikla i legura nikla (ISO 15614-1:2004; EN ISO 15614-1:2004)
<b>HRN EN ISO 15614-2:2007</b>	Specifikacija i kvalifikacija postupaka zavarivanja za metalne materijale – Ispitivanje postupka zavarivanja – 2. dio: Elektrolučno zavarivanje aluminijske i njegovih legura (ISO 15614-2:2005; EN ISO 15614-2:2005)
<b>HRN EN 764-5:2008</b>	Tlačna oprema – 5.dio: Provjera dokumentacije i usklađenosti materijala

<b>HRN EN ISO 9606-2:2007</b>	Provjera osposobljenosti zavarivača – Zavarivanje taljenjem – 2. dio: Aluminij i aluminijske legure (ISO 9606-2:2004; EN ISO 9606-2:2004)
<b>HRN EN ISO 9606-3:2001</b>	Provjera osposobljenosti zavarivača – Zavarivanje taljenjem – 3. dio: Bakar i bakrene legure (ISO 9606- 3:1999; EN ISO 9606-3:1999)
<b>HRN EN ISO 9606-4:2001</b>	Provjera osposobljenosti zavarivača – Zavarivanje taljenjem – 4. dio: Nikal i niklene legure (ISO 9606- 4:1999; EN ISO 9606-4:1999)
<b>HRN EN ISO 9606-5:2001</b>	Provjera osposobljenosti zavarivača – Zavarivanje taljenjem – 5. dio: Titan i titanove legure, cirkonij i cirkonijeve legure (ISO 9606- 5:2000; EN ISO 9606-5:2000)
<b>HRN EN ISO 15613:2008</b>	Specifikacija i kvalifikacija postupaka zavarivanja za metalne materijale – Kvalifikacija pri pokusnome zavarivanju (ISO 15613:2004; EN ISO 15613:2004)
<b>HRN EN ISO 15614- 1:2007/A2:2012</b>	Specifikacija i kvalifikacija postupaka zavarivanja za metalne materijale – Ispitivanje postupka zavarivanja – 1. dio: Elektrolučno i plinsko zavarivanje čelika te elektrolučno zavarivanje nikla i legura nikla (ISO 15614- 1:2004/Amd 2:2012; EN ISO 15614-1:2004/A2:2012)

<b>HRN EN ISO 15614-4:2007</b>	Specifikacija i kvalifikacija postupaka zavarivanja za metalne materijale – Ispitivanje postupka zavarivanja – 4. dio: Završno zavarivanje aluminijskih odljevaka (ISO 15614-4:2005; EN ISO 15614-4:2005)
<b>HRN EN ISO 15614-5:2007</b>	Specifikacija i kvalifikacija postupaka zavarivanja za metalne materijale – Ispitivanje postupka zavarivanja – 5. dio: Elektrolučno zavarivanje titana, cirkonija i njihovih legura (ISO 15614-5:2004; EN ISO 15614-5:2004)
<b>HRN EN ISO 15614-6:2008</b>	Specifikacija i kvalifikacija postupaka zavarivanja za metalne materijale – Ispitivanje postupka zavarivanja – 6. dio: Elektrolučno i plinsko zavarivanje bakra i njegovih legura (ISO 15614-6:2006; EN ISO 15614-6:2006)
<b>HRN EN ISO 15614-7:2008</b>	Specifikacija i kvalifikacija postupaka zavarivanja za metalne materijale – Ispitivanje postupka zavarivanja – 7. dio: Navarivanje (ISO 15614-7:2007; EN ISO 15614-7:2007)
<b>HRN EN ISO 15614-8:2003</b>	Specifikacija i kvalifikacija postupaka zavarivanja za metalne materijale – Ispitivanje postupka zavarivanja – 8. dio: Zavarivanje cijevi na cijevnu stijenu (ISO 15614-8:2002; EN ISO 15614- 8:2002)

<b>HRN EN ISO 15614-11:2003</b>	Specifikacija i kvalifikacija postupaka zavarivanja za metalne materijale – Ispitivanje postupka zavarivanja – 11. dio: Zavarivanje elektronskim snopom i laserom (ISO 15614-11:2002; EN ISO 15614-11:2002)
<b>HRN EN ISO 15620:2002</b>	Zavarivanje – Zavarivanje metalnih materijala trenjem (ISO 15620:2000; EN ISO 15620:2000)
<b>HRN EN ISO 9712:2012</b>	Nerazorno ispitivanje – Kvalifikacija i certifikacija NDT osoblja

### **3. ODGOVORNOSTI ZAVARIVAČKOG I NADZORNOG OSOBLJA U FAZAMA KONTROLE I PROIZVODNJE**

Zavarivanje je poseban proces, koji zahtjeva koordinaciju operacija zavarivanja da bi se utemeljilo pouzdanje u proizvodnju zavarivanjem i pouzdana učinkovitost. To je ključna aktivnost za postizanje željene kvalitete zavarenog spoja. Korištenjem pravilnika o pregledima i ispitivanju opreme pod tlakom te ISO normi postiže se sigurnost i pouzdanost tlačnog sustava. Zadaće i odgovornost koordinacije zavarivanja su propisane normom HRN EN ISO 14731.

Proizvođač je nužan pridržavati se sljedećih zahtjeva:

- broj koordinatora zavarivanja mora biti dovoljan da se pruži adekvatna kontrola, stoga mora biti baziran na broju/dimenzijama radionice, zaposlenika, zavarivača itd.,
- samo jedan "odgovoran koordinator zavarivanja" će biti imenovan, koji će biti odgovoran za sve aktivnosti vezane za proizvodnju zavarivanjem,
- zadaće i odgovornosti svih ostalih uključenih u aktivnosti koordinacije zavarivanja će biti detaljno opisani,
- osoblje koordinacije zavarivanja mora imati adekvatno znanje o zavarivanju i općenito o srodnim postupcima, i detaljno znanje o dodjeljenim zadaćama. [6]

Tipični zadaci koordinatora zavarivanja su:

- pregled ugovora i nacrt projekta,
- procjena zavarljivost i relevantan izbor temeljnog materijala i potrošne robe za zavarivanje,
- procjena za moguće podugovorne stranke,
- planiranje proizvodnje zavarivanjem (i srodnim postupcima),
- rukovođenje opremom,
- aktivnosti vezane za zavarivanje i ispitivanje,
- vođenje dokumenata o kontroli i rukovođenje ISO 3834 sustavom kvalitete.

[6]

Iz toga slijedi da je potrebno adekvatno znanje i iskustvo, koje će biti u skladu sa ISO 14731 normom:

- a) opsežno tehničko znanje,
- b) specifično tehničko znanje,
- c) osnovno tehničko znanje. [6]

### 3.1 Norma HRN EN ISO 3834 - Zahtjevi za kvalitetu zavarivanja taljenjem metalnih materijala

Primjena navedene norme ima za cilj osigurati što veću kvalitetu zavarenih spojeva, a time i kvalitetu konstrukcija jer je zavarivanje jedan od najčešćih načina spajanja čeličnih konstrukcijskih elemenata u nerastavljivu cjelinu. Posljedice zahtjeva za što boljim iskorištenjem materijala su manje težine i cijene konstrukcija, ali i visoko iskorištenje nosećih konstrukcijskih elemenata, a time i zavarenih spojeva.

Norma HRN EN ISO 3834 se bavi zahtjevima za kvalitetu u zavarivanju i pripremljena je kako bi se utvrdile kontrole i postupci, no ona nije namijenjena za sustav upravljanja kvalitetom umjesto ISO 9001, ali je koristan dopunski alat kada proizvođač primjenjuje ISO 9001, a u tom slučaju se udovoljavanje zahtjevima treba zapisati u certifikatima ili dokumentaciji.

Norma HRN EN ISO 3834 dijeli se na šest dijelova pod općim nazivom "Zahtjevi za osiguranje kvalitete kod postupaka zavarivanja taljenjem metalnih materijala":

- HRN EN ISO 3834-1: Zahtjevi za izbor odgovarajuće razine opsežnosti zahtjeva za osiguravanje kvalitete
- HRN EN ISO 3834-2: Opsežni zahtjevi za osiguravanje kvalitete
- HRN EN ISO 3834-3: Standardni zahtjevi za osiguravanje kvalitete
- HRN EN ISO 3834-4: Osnovni zahtjevi za osiguravanje kvalitete
- HRN EN ISO 3834-5: Dokumentacija po kojoj se moraju ispuniti zahtjevi, kako bi se omogućilo usklađivanje sa zahtjevima prema normi HRN EN ISO 3834-2, HRN EN ISO 3834-3, HRN EN ISO 3834-4
- HRN EN ISO 3834-6 Priručnik za uvođenje norme ISO 3834 [7]

### **3.1.1 Norma HRN EN ISO 3834-2 - Zahtjevi za kvalitetu zavarivanja taljenjem metalnih materijala -- 2. dio: Sveobuhvatni zahtjevi za kvalitetu**

Ovaj dio HRN EN ISO 3834 definira sveobuhvatne zahtjeve za kvalitetu zavarivanja taljenjem metalnih materijala, kako u radionicama tako i na terenu. Usklađenost sa ovom normom bi trebala osigurati najveću moguću kvalitetu zavarivanja u proizvodnji.

Ova norma obraća pažnju na sljedeće faktore koji utječu na kvalitetu proizvodnog procesa, a samim time i na kvalitetu proizvoda:

- preispitivanja ugovora i projekta (opće odredbe; preispitivanja ugovora; analiza projekta),
- podugovaranje,
- osoblje za zavarivanje (opće odredbe; zavarivači; osoblje za koordinaciju pri zavarivanju),
- osoblje za kontrolu i ispitivanje (opće odredbe; osoblje za IBR),
- oprema (proizvodna i ispitna oprema; opis opreme; sposobnost opreme: nova oprema; održavanje),
- zavarivačke aktivnosti (plan proizvodnje; specifikacija tehnologije zavarivanja, WPS; kvalifikacija tehnologije zavarivanja; uputstvo za rad; dokumentacija),
- potrošni i pomoćni materijali za zavarivanje (opće odredbe; ispitivanje šarže; skladištenje i rukovanje),
- skladištenje osnovnog materijala,
- toplinska obrada poslije zavarivanja,
- kontrola i ispitivanje koji se odnose na zavarivanje (opće odredbe; kontrola i NDT; kontrola i ispitivanje tokom zavarivanja; kontrola i ispitivanje poslije zavarivanja; status kontrole i ispitivanja),
- neusuglašenost i korektivne mjere,
- umjeravanje,
- identifikacija i sljedljivost,
- zapisi o kvaliteti. [8]



### 3.1.1.1 Područje primjene

Ovaj dio HRN EN ISO 3834 definira sveobuhvatne zahtjeve za kvalitetu zavarivanja taljenjem metalnih materijala u radionicama i na gradilištu. Stoga usklađenost sa zahtjevima iz ovog dijela pruža postizanje najviše razine kvalitete zavarivanjem.

Sveobuhvatni nivo zahtjeva za kvalitetu je primjeren gdje postoje značajni sigurnosni čimbenici s visokim statičkim i dinamičkim opterećenjima i gdje su materijali projektirani za visoku provedbu promjene. Međutim, može biti situacija gdje se zbog prirode konstrukcije ili uporabe novih proizvodnih procesa, umjesto standardnog nivoa odabire sveobuhvatni nivo zahtjeva za kvalitetu. [8]

### 3.1.1.2 Preispitivanje zahtjeva i tehnički pregled

Proizvođač mora pregledati sve ugovorne zahtjeve i bilo koji druge zahtjeve zajedno s tehničkim podacima dobivenim od kupca ili same organizacije kada proizvođač projektira konstrukciju. Također, mora utvrditi da su sve informacije potrebne za izvršenje proizvodnih operacija kompletne i dostupne prije početka posla.

Proizvođač mora potvrditi svoju sposobnost zadovoljavanja svih zahtjeva i treba osigurati odgovarajuće planiranje svih aktivnosti koje se odnose na kvalitetu. Također, proizvođač obavlja preispitivanje zahtjeva kako bi provjerio da je u mogućnosti obaviti posao, da su dostupna dostatna sredstva za postizanje planirane isporuke i da je dokumentacija jasna i nedvosmislena. Treba osigurati da su utvrđene bilo koje razlike između ugovora i bilo kojih prijašnjih navoda i da je kupac obaviješten o bilo kakvim troškovima programa ili inženjerskim izmjenama koje mogu nastati. [8]

## Preisпитivanje zahtjeva

Aspekti koji se razmatraju moraju uzeti u obzir sljedeće:

- a) norme za proizvode koje se koriste zajedno sa svim dodatnim zahtjevima,
- b) zahtjeve zakona i propisa,
- c) sve dodatne zahtjeve koje odredi proizvođač,
- d) sposobnost proizvođača da zadovolji propisane zahtjeve. [8]

## Tehnički pregled

Tehnički zahtjevi koje treba uzeti u obzir uključuju sljedeće:

- a) specifikaciju osnovnih materijala i svojstva zavarenih spojeva,
- b) zahtjeve kvalitete i kriterije prihvatljivosti za zavare,
- c) mjesto, pristupačnost i redosljed zavarivanja, uključujući dostupnost za nadzor ispitivanja metodama bez razaranja,
- d) specifikaciju postupaka zavarivanja (WPS), postupke ispitivanja metodama bez razaranja i postupaka toplinske obrade,
- e) pristup koji će se koristiti za ispitivanje postupaka zavarivanja (WPQR),
- f) osposobljavanje osoblja,
- g) izbor, utvrđivanje i/ili sljedljivost (npr. za materijale, zavare),
- h) dogovore oko kontrole kvalitete, uključujući sudjelovanje nezavisnog nadzornog tijela/inspekcija treće strane,
- i) nadzor i ispitivanje,
- j) podugovaranje,
- k) toplinsku obradu nakon zavarivanja,
- l) ostale zahtjeve povezane sa zavarivanjem, npr. ispitivanje šarže potrošnog materijala, sadržaja ferita zavara, starenje, sadržaj vodika, stalnu potporu, primjena čekićanja/sačmarenja, završnu obradu, profil zavara,
- m) primjenu posebnih metoda (npr. postići potpune provare bez podloške kada se zavaruje jednostrano),
- n) dimenzije i detalje pripreme spoja kompletnog zavara,
- o) zavare koji su izvedeni u radionici, ili na drugom mjestu,
- p) okolišne uvjete koji su bitni za primjenu procesa (npr. vrlo niska temperatura okolišnih uvjeta ili bilo koja potreba nužnosti zaštite zbog nepovoljnih vremenskih utjecaja),
- q) upravljanje nesukladnostima. [8]

### 3.1.1.2 Podugovanje

Kada proizvođač namjerava podugovoriti radove (npr. zavarivanje, nadzor, ispitivanja bez razaranja, toplinska obrada), on treba isporučiti podugovaratelju informacije koje su potrebne za udovoljenje primjenjivim zahtjevima. Podugovaratelj treba predvidjeti takve zapise i poslovnu dokumentaciju koju može odrediti proizvođač.

Podizvođač mora raditi pod nadzorom i odgovornostima drugog proizvođača i u potpunosti se pridržavati odgovarajućih zahtjeva HRN EN ISO 3834-2. Proizvođač mora osigurati da se drugi podizvođač može pridržavati zahtjeva za kvalitetom kako je određeno. Proizvođač koji će podugovaratelju osigurati informacije treba uključiti sve odgovarajuće podatke preispitivanja zahtjeva i tehničkog pregleda. Ako je potrebno, trebaju se odrediti dodatni zahtjevi kako bi se osigurala sukladnost podugovaratelja s tehničkim zahtjevima.

Međutim, proizvođač mora osigurati da drugi podizvođač radi u skladu s navedenim zahtjevima kvalitete i stoga mora provjeriti da je drugi podizvođač:

- u mogućnosti dati evidenciju i dokumentaciju o svom radu po zahtjevima proizvođača,
- u potpunosti usklađen s zahtjevima standarda HRN EN ISO 3834-2.

Usklađenost s ovim zahtjevima može se provjeriti potvrđenom dokumentacijom ili sa provjerom da je dokumentacija navedena u podizvođačkom ugovoru. Osim toga, proizvođač može ocijeniti drugog podizvođača ili zadržati mogućnost da to učini kasnije. [8]

Proizvođač treba osigurati da su bilo koje podugovorene aktivnosti koje se odnose na zavarivanje, uključujući zavarivanje, NDT, nadzor, toplinsku obradu, održavanje opreme i umjeravanje, sukladne sa zahtjevima ugovorne specifikacije. Ako se ne provode ugovorni ili zakonski zahtjevi, proizvođač treba, na svoju osobnu inicijativu osigurati da je drugi podizvođač usklađen sa ISO 3834 na odgovarajućem nivou ili poduzeti mjere kako bi pružio odgovarajuće kontrole za posao koji se izvršava.

### 3.1.1.3 Zavarivačko osoblje

Budući da je zavarivanje poseban proces i posljedice lošeg zavarivanja mogu biti ozbiljne, potrebno je vršiti nadzor kako bi se osigurala pravilna provedba zavarivanja i kako bi se temeljito proveli potrebni nadzori za proizvode koji se izrađuju. Zbog navedenog proizvođač mora imati na raspolaganju dovoljno stručnog osoblja za planiranje, izvođenje i nadzor zavarivačke proizvodnje prema određenim zahtjevima.,

Takvi nadzori trebaju odrediti što je to što se mora kontrolirati, kako se to kontrolira (ako je potrebno, upućivanjem na jedan ili više postupaka ili normi), tko dodjeljuje zadatke i odgovornosti u nadzornom sustavu i kako se pojedini aspekti nadzornog sustava izvješćuju i dokumentiraju.

Koordinacija zavarivanja rješava i izvršava one proizvodne i tehničke aktivnosti koje se poduzimaju u nadzoru zavarivanja. Koordinaciju zavarivanja često obavljaju razne kategorije osoblja, od kojih mnogi nisu tradicionalno smatrani kao dio tima za tehnologiju zavarivanja. [8]

Istaknute su slijedeće točke:

- velike organizacije koje obavljaju opsežne i složene zavarivačke aktivnosti obično zapošljavaju određeni broj osoba koje se isključivo bave nadzorom zavarivanja. Takve osobe mogu imati naziv kao što je *inženjer zavarivanja* ili *tehnolog zavarivanja* i obično su priznate kao koordinatori zavarivanja u punom radnom vremenu.
- u malim organizacijama, slični se poslovi mogu dodijeliti osobama koje imaju druge nazive (npr. voditelj proizvodnje, poslovođa) i koje obavljaju druge zadaće pored koordinacije zavarivanja (koordinatori zavarivanja s nepunim radnim vremenom),
- neke aktivnosti koordinacije zavarivanja koje se obično odnose na skladištenje i rukovanje dodatnim materijalima za zavarivanje te održavanje i umjeravanje opreme, mogu se dodijeliti osobama koje imaju naziv koji ima malo veze sa zavarivanjem,

- neki proizvođači dodjeljuju odgovornosti za neke od detaljnih planiranja zavarivačima ili zavarivačkim operaterima. U takvim slučajevima, proizvođač treba osigurati da zavarivači i zavarivački operateri imaju potrebno znanje i stručnost.
- nadzor aktivnosti pregleda i ispitivanja, što su također aktivnosti koordinacije zavarivanja, obično obavljaju osobe koje nose nazive kao što su inspektor zavarivanja, NDT inženjer ili inženjer kvalitete. Međutim, u malim organizacijama, takve aktivnosti se mogu dodijeliti poslovođama ili drugom osoblju. [8]

#### 3.1.1.4 Koordinator zavarivanja

Koordinacija u zavarivanju je ključni faktor u postizanju željene kvalitete u procesu zavarivanja, stoga proizvođač mora imati na raspolaganju odgovarajuće osoblje za koordinaciju zavarivanja. Takve osobe sa odgovornostima za aktivnosti kvalitete moraju imati dostatna ovlaštenja za izvođenje potrebnih akcija. Zadaci i odgovornosti tih osoba moraju biti jasno definirani. [8]

Koordinatori zavarivanja:

- IWE - međunarodni inženjer zavarivanja
- IWT - međunarodni tehnolog zavarivanja
- IWS - međunarodni specijalist zavarivanja

Norma HRN EN ISO 3834-2 zahtjeva provedbu HRN ISO 14731, koja predstavlja ljudski aspekt kontrole zavarivanja i kao takva je važna norma. U sustavu svaku aktivnost kontrole, npr. kontrola održavanja zavarivačke opreme, obavlja jedna ili više osoba, obično zaposlena kod proizvođača. HRN EN ISO 3834 utvrđuje zahtjeve svakog elementa kontrole zavarivanja.

U dodjeli zadataka i odgovornosti za koordinaciju zavarivanja, proizvođač treba:

- utvrditi poseban sustav kontrole i pripremiti popis svih zadataka i odgovornosti i tko su ti kojima su dodijeljeni,
- pregledati sve popisane zadatke i odgovornosti kako bi se utvrdilo da su sve navedene aktivnosti u ISO 14731 uključene u sustav kontrole i da su oni prikladno dodijeljeni nekoj osobi ili osobama,
- utvrditi kriterije stručnosti u smislu osposobljenosti, iskustva i obuke za sve pozicije koordinacije zavarivanja i
- osigurati da je osposobljenost onih osoba koje su imenovane kao koordinatori zavarivanja putem iskustva, obuke i/ili kvalifikacija odgovarajuća za njihove dodijeljene zadatke. [8]

#### 3.1.1.5 Osoblje za kontrolu i ispitivanje

Proizvođač mora imati na raspolaganju dovoljno stručnog osoblja za planiranje, izvođenje te nadzor ispitivanja i testiranja proizvoda zavarivanja u skladu sa specifikacijama.

Ispitne aktivnosti moraju biti upravljane i kontrolirane od osobe koja ima osnovno znanje o zavarivačkim aktivnostima i dublje znanje o ispitivanjima zavarivanja. Takvim aktivnostima može upravljati koordinator zavarivanja ili kontrolor zavarivanja. Za vizualnu kontrolu (VT) kvalifikacija se ne mora tražiti. Kada se kvalifikacija ne traži sposobnosti osoblja za NDT mora provjeriti proizvođač. [8]

### 3.1.1.6 Planiranje proizvodnje

Prije nego se počne sa proizvodnjom proizvoda, proizvođač mora primjereno planirati proizvodnju. Stavke koje treba razmotriti moraju sadržavati najmanje:

- specifikaciju redoslijeda procesa i operacija po kojima treba izraditi konstrukciju (dijelovi, sklopovi, redoslijede slaganja),
- primjenu zasebnih postupka potrebnih za izradu konstrukcije,
- radni uvjeti (npr. zaštita od vjetra i kiše),
- sljedivost prema WPS-u i povezanim postupcima/uputama,
- specifikacije za kontrolu i ispitivanje, uključujući i angažiranje bilo kojeg nezavisnog ispitnog tijela,
- identifikaciju (po šaržama) komponenata ili dijelova, na pogodan način,
- raspodjelu odgovornosti kvalificiranog osoblja,
- dogovore za ispitivanja u proizvodnji. [8]

Proizvođač treba biti u mogućnosti pokazati pomoću planova i druge dokumentacije (crteži, upute, specifikacije itd.) kako se upravlja i postižu zahtjevi za završetak proizvodnje, NDT i druge odgovarajuće aktivnosti.

### 3.1.1.7 Nadzor i ispitivanje

Da bi se osigurala sukladnost s ugovornim zahtjevima, nadzor i ispitivanje mora se primjenjivati u prikladnim fazama proizvodnog procesa. Mjesto i učestalost takvog nadzora i/ili ispitivanja ovisit će o ugovoru i/ili normama proizvoda, procesa zavarivanja i tipa konstrukcije. Proizvođač može provoditi dodatna ispitivanja bez ograničenja, ali zapisi o takvim ispitivanjima se ne zahtijevaju.

Budući da je zavarivanje poseban proces i posljedice lošeg zavarivanja mogu biti ozbiljne, potrebno je vršiti nadzor kako bi se osigurala pravilna provedba zavarivanja i kako bi se temeljito provedli potrebni nadzori za proizvode koji se izrađuju. Ti nadzori uključuju:

- ovjeravanje postupaka zavarivanja i sposobnosti osoblja za zavarivanje,
- dostupnost, prikladnost i održavanje opreme,
- utvrđivanje zahtjeva za proizvode,
- način na koji se obavlja podugovaranje,
- nivo planiranja proizvodnje,
- skladištenje i rukovanje osnovnog i dodatnog materijala za zavarivanje,
- rad i provedba nadzora,
- utvrđivanje i sljedivost proizvoda i rada u tijeku,
- ispravke nesukladnog proizvoda,
- opseg i pohranjivanje zapisa kvalitete. [8]

### **Nadzor i ispitivanje prije zavarivanja**

Prije početka zavarivanja, mora biti provjereno sljedeće:

- prikladnost i valjanost certifikata o kvalifikaciji zavarivača,
- prikladnost specifikacije postupka zavarivanja,
- utvrđivanje osnovnog materijala,
- utvrđivanje dodatnog materijala za zavarivanje,
- priprema spoja (npr. oblik i dimenzije),
- podešavanje, pritezanje i pripajanje,
- bilo koji posebni zahtjevi iz specifikacije postupka zavarivanja (npr. spriječavanje deformacija),
- pripremljenost radnih uvjeta za zavarivanje, uključujući i okoliš.



### **Nadzor i ispitivanje tijekom zavarivanja**

Tijekom zavarivanja, u prikladnim intervalima ili stalnim nadgledanjem mora se provjeriti sljedeće:

- bitni parametri zavarivanja (npr. struja zavarivanja, napon luka, brzina zavarivanja),
- temperatura predgrijavanja i međuslojna temperatura,
- čišćenje i oblik zavara i sloja metala šava,
- žljebljenje korjena,
- redoslijed zavarivanja,
- pravilna upotreba i rukovanje potrošnim materijalima,
- nadzor deformacija,
- bilo koje ispitivanje, npr. provjera dimenzija.

### **Nadzor i ispitivanje nakon zavarivanja**

Sukladnost s bitnim kriterijima prihvatljivosti nakon zavarivanja, mora se provjeriti :

- vizualnom kontrolom,
- ispitivanjem bez razaranja,
- ispitivanjem razaranjem,
- provjerom oblika, izgleda i dimenzija konstrukcije,
- pregledom rezultata i zapisa o operacijama nakon zavarivanja (npr. toplinska obrada nakon zavarivanja, starenje). [8]

#### *3.1.1.8 Nesukladnosti i korektivne radnje*

Nesukladnost svakog proizvoda se odnosi na greške i odstupanja od ugovora, stoga se moraju poduzeti mjere za nadzor aktivnosti koje ne udovoljavaju specificiranim zahtjevima kako bi se spriječila njihova nenamjenska upotreba. Kada su popravci i/ili ispravke/dorade poduzeti od proizvođača, opis pogodnih postupaka mora biti dostupan na svim radnim mjestima gdje se ista izvode. Kada je popravak izvršen, proizvodi moraju biti ponovo ispitani i testirani u skladu sa prvobitnim zahtjevima. Moraju se poduzeti radnje za spriječavanje ponavljanja nesukladnosti.

[8]

### 3.2 Pravilnik o pregledima i ispitivanju opreme pod tlakom (NN 27/2017)

Ovim se pravilnikom propisuju postupci za stavljanje opreme pod tlakom u uporabu te postupci i rokovi pregleda i ispitivanja opreme pod tlakom u radu. Oprema pod tlakom u ovom je slučaju sva ona oprema na koju se odnose:

- Pravilnik o tlačnoj opremi,
- Pravilnik o jednostavnim tlačnim posudama.

Kao što je već i navedeno oprema pod tlakom se, obzirom na opasnosti po sigurnost ljudi, okoliša i imovine, razvrstava u dvije razine opasnosti:

- oprema pod tlakom niske razine opasnosti,
- oprema pod tlakom visoke razine opasnosti.

S obzirom na te dvije podjele vrše se i opsežnosti i učestalosti pregleda opreme pod tlakom.

#### Oprema pod tlakom niske razine opasnosti:

Vlasnik/korisnik opreme pod tlakom niske razine opasnosti odgovoran je u cijelosti za njezin siguran rad tijekom vijeka uporabe te je dužan provoditi ili dati provesti periodičke preglede prema uputama proizvođača i o tome voditi evidenciju.

[9]

#### Oprema pod tlakom visoke razine opasnosti:

Korisnik opreme pod tlakom visoke razine opasnosti odgovoran je u cijelosti za njezin siguran rad tijekom uporabe kao i za provođenje pregleda i ispitivanja opreme pod tlakom visoke razine opasnosti. [9]

### **3.2.1 Prvi pregled opreme pod tlakom visoke razine opasnosti**

Prvi pregled, u okviru postupka puštanja opreme pod tlakom u rad obavlja ovlašteno inspekcijsko tijelo koje prije prvog pregleda mora ispuniti Evidencijski list.

Tom prilikom ovlašteno inspekcijsko tijelo mora provjeriti sljedeće:

- Isprave o sukladnosti opreme pod tlakom s bitnim sigurnosnim zahtjevima i tehničku dokumentaciju za predmetnu opremu dostavljenu od proizvođača.
- Ispunjenje zahtjeva za postavljanje, puštanje u rad, uporabu i održavanje predmetne opreme pod tlakom.
- Sukladnost postavljanja opreme pod tlakom sa zahtjevima proizvođača.
- Sukladnost sigurnosnog pribora sa zahtjevima proizvođača.
- Stanje vanjskih površina opreme pod tlakom s obzirom na moguća oštećenja.
- Dokumentaciju tehnološke cjeline u čijem je sastavu oprema pod tlakom, osim za opremu kompletiranu za uporabu. [9]

Ovlašteno inspekcijsko tijelo će tražiti i druge preglede i ispitivanja, ako smatra potrebnim. Kad je prvi pregled zadovoljio, ovlašteno inspekcijsko tijelo izdaje i ovjerava vlasniku/korisniku očevidnik pregleda opreme pod tlakom visoke razine opasnosti.

### **3.2.2 Periodički pregled opreme pod tlakom visoke razine opasnosti**

Osnova za sigurnosno tehničku ocjenu opreme pod tlakom visoke razine opasnosti je periodički pregled koji može biti:

- Vanjski pregled,
- Unutarnji pregled,
- Ispitivanje tlakom (tlačna proba). [9]

Prije provedbe periodičkog pregleda ili ispitivanja korisnik je dužan obavijestiti ovlašteno inspeksijsko tijelo o svim nedostacima i eventualnim oštećenjima i kvarovima na opremi pod tlakom visoke razine opasnosti do kojih je došlo između prethodnog i predviđenog periodičkog pregleda.

Tijekom provedbe periodičkog pregleda ili ispitivanja na opremi pod tlakom visoke razine opasnosti potrebno je pridržavati se svih sigurnosnih mjera koje je propisao proizvođač opreme ili ih propisuju drugi važeći propisi ili interni dokumenti korisnika. [9]

#### **3.2.2.1 Vanjski pregled**

Vanjskim se pregledom utvrđuje stanje opreme pod tlakom, kontrolira se stanje vanjskih površina, sigurnosna i druga oprema te stanje radne okoline i mjesto postavljanja opreme pod tlakom. Kontrolira se dokumentacija o radu opreme, izvršenih radova redovnog održavanja i servisiranja opreme prema uputama proizvođača.

Vanjski je pregled u pravilu vizualan pregled. Ukoliko vizualnim pregledom nije moguće utvrditi stanje opreme pod tlakom i dati sigurnosno tehničku ocjenu ili se utvrde oštećenja i nedostaci na opremi mogu se, kada je to potrebno, provesti i drugi pregledi i ispitivanja. [9]

Vanjski se pregled cjevovoda provodi radi sigurnosno tehničke ocjene vanjskog stanja cjevovoda u smislu utvrđivanja sljedećih parametara:

- uporabe u skladu s namjenom,
- utvrđivanja trenutnog stanja u odnosu na stanje zahtijevano projektnom dokumentacijom,
- održavanja cjevovoda,
- stanja sigurnosnog pribora i druge zaštitne opreme.

Vanjski se pregled provodi u pravilu na cjevovodu u radu. Djelomični vanjski pregled se prihvaća ukoliko se na osnovi njega po analogiji može utvrditi sigurnosno tehničko stanje cijelog cjevovoda. Pri tome se moraju pregledati dovoljno veliki reprezentativni dijelovi cjevovoda. [9]

#### *3.2.2.2 Unutarnji pregled*

Unutarnji pregled opreme pod tlakom nije potrebno provesti ukoliko ovlašteno inspeksijsko tijelo utvrdi da su obavljene odgovarajući pregledi i ispitivanja na osnovi kojih se sa prihvatljivom sigurnošću može utvrditi stanje unutarnjih površina.

Prilikom unutarnjeg pregleda ovlašteno inspeksijsko tijelo provjerava stanje unutarnjih površina izvrgnutih tlaku s obzirom na moguće pojave korozije, pukotina, udubljenja, ispupčenja, slojevitosti, te utjecaj radnog medija na unutarnje površine. Unutarnji se pregled u pravilu obavlja kao i vanjski, te se po potrebi proširuje odgovarajućim ispitivanjima drugim priznatim metodama.

Komponente opreme pod tlakom koje nije moguće pregledati iznutra podvrgavaju se vanjskom pregledu površina i, prema potrebi, mjerenju debljine stjenka, ispitivanju tlakom i drugim ispitivanjima bez razaranja. Ukoliko postoji opravdana sumnja o postojanju oštećenja koja nije moguće otkriti standardnim postupcima potrebno je provesti dodatne preglede i ispitivanja. [9]

### 3.2.2.3 Ispitivanje tlakom

Ispitivanje tlakom provodi se pod nadzorom ovlaštenog inspekcijskog tijela po istom postupku i na isti način kao na novoj tlačnoj opremi. Za vrijeme tlačenja oprema se pregledava s obzirom na moguće pojave pukotina, propuštanja, deformacija. Oprema je pod ispitnim tlakom dok se ne obavi cjelokupan pregled, a ne smije biti manje od 10 minuta. Nakon završenog ispitivanja tlakom oprema se pregledava s obzirom na vidljive promjene oblika.

Ispitivanje tlakom mora se provesti ukoliko rezultati vanjskog i unutarnjeg pregleda opreme pod tlakom ne omogućavaju zadovoljavajuću sigurnosno tehničku ocjenu. Ispitivanje tlakom može se provesti s kapljevinom (hidraulična tlačna proba) ili plinom (pneumatska tlačna proba) gdje se ispitni tlak određuje prema tlaku na koji je podešen sigurnosni ventil na tlačnoj opremi ili sklopu. [9]

## 4. EKSPERIMENTALNI DIO

U eksperimentalnom dijelu zadatka potrebno je analizirati primjenu proizvodnih normi i regulativa na realnom proizvodu, odnosno potrebno je ispitati primjenu normi i regulativa pri izgradnji nove linije cjevovoda na već postojeći sustav u rafineriji Rijeka. Krajnji cilj projektiranja cjevovodne linije je dobivanje certifikata o sukladnosti od nadležnog tijela za ispitivanje, u konkretnom slučaju završnu kontrolu izvršit će tvrtka TPK-ZAVOD d.d. (Certifikacijski odjel).

Certifikat sukladnosti donosi se na temelju ispunjenja sljedećih stavki iz Pravilnika o tlačnoj opremi:

- Materijal,
- Slijedivost materijala,
- Atesti dodatnih materijala,
- Odobrenje proizvođača prema HRN EN ISO 3834-2,
- Atesti postupaka prema HRN EN ISO 15614-1,
- Kvalifikacija zavarivačkog osoblja prema HRN EN ISO 9606-1,
- Potvrde NDT osoblja, nivo 2, prema HRN EN ISO 9712,
- Izvješća nerazornih ispitivanja,
- Zapisi o toplinskoj obradi,
- Umjeravanje mjerne i ispitne opreme,
- Vizualni pregled/ Dimenzionalna provjera,
- Označavanje/ Natpisna pločica,
- Analiza opasnosti,
- Izjava o sukladnosti. [10]

#### 4.1 Postupak projektiranja cjevovoda

Prilikom projektiranja cjevovoda potrebno je paziti na svaki mogući detalj kako bi konačni proizvod zadovoljio zahtjevane parametre pritom pazeći da se prate odredbe i naputci dani u normama i pravilnicima na koje se ovaj sustav poziva.

Sam početak projektiranja cjevovoda kreće od dobivanja suglasnosti Ministarstva graditeljstva za izvođenje radova na navedenoj konstrukciji. Također, poželjno je da tvrtka priloži uvjerenja (certifikate) o sposobnosti tvrtke za izvođenje radova prema HRN EN ISO 9001, HRN EN ISO 14001, HRN EN ISO 29001 te OHSAS 18001 kojima garantiraju zahtjevanu kvalitetu te očuvanje okoliša.

Certifikacija sustava proizvodnje provodi se ocjenom dokumentacije sustava i pregledom proizvodnog pogona za sve vrste zavarenih konstrukcija i proizvoda. Nakon ispunjavanja zahtjeva za certificiranjem dogovara se termin pregleda. Pregledom se provjerava zadovoljavanje zahtjeva norme i to pregledom dokumentacije (zapisa, obrazaca) i proizvodnog procesa. Na osnovi provedenog pregleda obrađivač sastavlja završno izvješće te daje preporuku za certifikaciju. Ako je ocjena dokumentacije i uspostavljenog sustava zadovoljavajuća, izdaje zahtjevatelju Certifikat o sposobnosti za izvođenje zavarivačkih radova. Na slici 7 prikazan je certifikat tvrtke Monter SM d.d. kojim se potvrđuje njihova osposobljenost za izvršavanje zavarivačkih radova prema norma HRN EN ISO 3834-2.

Također, prije početka radova potrebno je donijeti rješenje o imenovanjima odgovornih osoba izvođača radova.



CERTIFIKAT CERTIFICATE

# CERTIFIKAT CERTIFICATE




**TPK-ZAVOD d.d. Certifikacijski odjel, tijelo za ocjenu sukladnosti opreme pod tlakom potvrđuje osposobljenost proizvođača za izvođenje zavarivačkih radova**  
*TPK-ZAVOD d.d. Certification department, conformity assessment body for pressure equipment certifies welding capability of the manufacturer*


<b>Proizvođač/Adresa:</b> <i>Manufacturer/Address:</i>	<b>MONTER STROJARSKE MONTAŽE d.d.</b> Velimira Škorpika 28 10000 Zagreb
<b>Prema zahtjevima norme:</b> <i>According to requirements of standard:</i>	<b>HRN EN ISO 3834-2:2007</b>
<b>Za područje aktivnosti:</b> <i>For the scope of activities:</i>	<b>Izrada i montaža cjevovoda, posuda pod tlakom i čeličnih konstrukcija</b> <i>Production and installation of pipelines, pressure vessels and steel structures</i>
<b>Sukladno ispitnom izvještaju br.:</b> <i>According to examination report No.:</i>	<b>IZ-CT 002/15</b>
<b>Dodjeljuje se certifikat broj:</b> <i>Assigning the Certificate No.:</i>	<b>NB 2473 CT 002/15</b>
<b>Za mjesto proizvodnje:</b> <i>For manufacturing plant:</i>	<b>MONTER STROJARSKE MONTAŽE d.d.</b> Velimira Škorpika 28 10000 Zagreb

**Certifikat vrijedi do navedenog datuma te ostaje na snazi pod uvjetom zadovoljavajućih rezultata nadzornih pregleda.**  
*Certificate is valid until stated date only if satisfactory surveillance audit results are provided.*

<b>Vrijedi do:</b> <i>Valid until:</i>	<b>15.07.2018.</b>
<b>Zagreb, 16.07.2015.</b>	

TPK – ZAVOD d.d. Certifikacijski odjel Silavska avenija 20 BB-10000 Zagreb Tel: 01/2409-628 Fax: 01/2408-032 tpk-zavod@tpk-zavod.hr www.tpk-zavod.hr	<b>TPK – ZAVOD d.d.</b> <b>Certifikacijski odjel</b> <i>Certification department</i> Tijelo za ocjenu sukladnosti opreme pod tlakom <i>Conformity assessment body for pressure equipment</i> <b>NB 2473</b>	48011-HAA  EPLE
---	--	--

*Zdravko Škečić, dipl.ing.*



Slika 7. Certifikat o osposobljenosti proizvođača za izvođenje zavarivačkih radova  
[10]

#### 4.1.1 Izrada i izdavanje postupka

U okviru postupka prilaže se pisani dokument koji daje potpune kratke i jasne upute kako izvoditi i kontrolirati slijed aktivnosti te se utvrđuju odgovornosti za njegovu ispravnu primjenu i provedbu.

Pojedini postupak procesa treba biti opisan u radnoj uputi koja treba sadržavati sljedeće stavke:

**Svrha** – iskaz koji ističe cilj zbog čega treba poduzeti opisane aktivnosti

**Područje primjene** – određuje područje aktivnosti, naziv objekta, tip ili klasu proizvoda na koji se odnosi pripremljeni postupak

**Referentni dokumenti** – dokumenti ili norme iz kojih proizlazi potreba propisivanja određenih aktivnosti u obliku postupka.

**Definicije i kratice** – iskaz o značenju ključnih riječi i skraćenice postupka.

**Odgovornost** – iskaz o tome tko je nositelj odgovornosti za izvođenje određenih aktivnosti i poslova.

**Provedba postupka/radne upute** – postupne i jasne upute te objašnjenja tko i što treba činiti, kada, gdje i kako će se raditi. Koji će se materijali, oprema, dokumenti koristiti i kako će se kontrolirati, nadzirati i izvještavati.

**Drugi primjenjivi dokumenti** – nije ih obvezno navoditi, po potrebi, navode se dokumenti na koje se odnosni dokument poziva kod provođenja aktivnosti radi nadopunjavanja i pojašnjenja.

**Prilozi** – Ona objektivna evidencija korištenjem koje se potvrđuje da je aktivnost, propisana i kontrolirana odnosnim postupkom, provedana u skladu sa zahtjevima istog.

Nakon iznad opisanih aktivnosti radna verzija se dostavlja svima koji vrše pregled i odobravanje te svim direktorima, voditeljima sektora ili odjela koji su vezani na aktivnosti navedene u postupku.

Sve radne upute/postupci izrade izrađuju se sukladno normama za kvalitetu HRN EN ISO 9001, HRN EN ISO 29001, HRN EN ISO 14001 te OHSAS 18001.

## 4.2 Karakteristike cjevovoda i medija

### 4.2.1 Karakteristike cjevovoda

Kako se cjevovod sastoji od više komponenata, za ispitivanje sukladnosti prema pravilnicima i normama izabrani su cijevi 12" (323,8 mm), 10" (273 mm), 6" (168,3 mm) i 4" (114,3 mm). U katalogu mehaničkih svojstava za cjevovod navedena je oznaka standarda za čelik A106 po ASTM, koja prema normi HRN CR ISO 15608 pripada grupi materijala 1.2. [10]

Tablica 4 prikazuje kemijski sastav čelika A106. Po kemijskom sastavu čelik spada u skupinu ugljičnih i nisko legiranih čelika. Nizak sadržaj ugljika povisuje čeliku tvrdoću, vlačnu čvrstoću i granicu razvlačenja, a smanjuje žilavost i zavarljivost.

Tablica 4. Kemijski sastav čelika A106 [10]

Komponenta	% maseni
Ugljik	0,30 maks
Mangan	0,29 – 1,06
Fosfor	0,035 maks
Sumpor	0,035 maks
Silicij	0,10 min
Krom	0,40 maks
Bakar	0,40 maks
Molibden	0,15 maks
Nikal	0,40 maks
Vanadij	0,08 maks

Zbog povećanja čvrstoće, otpornosti prema trošenju i granice razvlačenja kod ove vrste čelika treba biti zadovoljen uvjet da je udio silicija min. 0,1 %. Također čelik A106 ima zadane vrijednosti štetnih elemenata mangana, fosfora i sumpora. Povišeni udio mangana čeliku povisuje prokaljivost i otpornost od zakaljivanja kod zavarivanja. Tablica 5 daje vrijednosti mehaničkih karakteristika (gustoće, modula elastičnosti, tvrdoće, žilavosti, vlačne i tlačne čvrstoće, koeficijenta toplinskog širenja, specifičnog toplinskog kapaciteta i izduženja) čelika A106.

Tablica 5. Mehaničke karakteristike čelika A106 [10]

Veličina	Iznos
Gustoća, kg/m <sup>3</sup>	7,872 x 10 <sup>3</sup>
Modul elastičnosti, GPa	200
Tvrdoća, HV	174
Žilavost	295
Tlačna čvrstoća, MPa	415
Vlačna čvrstoća, MPa	240
Elongacija ili izduženje, %	21
Koeficijent toplinskog širenja, °C <sup>-1</sup>	11,7 x 10 <sup>-6</sup>
Specifični toplinski kapacitet, J/kgK	486
Toplinska vodljivost, W/m*K	48,7

U tablici 6 je naveden i podatak za ispitni ili maksimalni tlak cjevovoda. To je tlak pod kojim se cjevovodu ispituju mehanička svojstva. Ispitni tlak je tlak koji može izdržati cjevovod da ne dođe do njegova oštećenja, a koje može imati za posljedicu propuštanje medija u atmosferu.


Tablica 6. Ispitni/ maksimalan tlak cjevovoda [10]

Dimenzije cijevi, inch (mm)	Ispitni/maksimalni tlak
12" (323,8 mm)	5,4 / 3,5
10" (273 mm)	5,4 / 3,5
6" (168,3 mm)	10,5 / 7,0

Prema Pravilniku o tlačnoj opremi materijal za cjevovode treba biti:

- dovoljno plastičan i žilav,
- imati odgovarajuću otpornost na krti lom,
- biti kemijski otporan na fluid za koji je namijenjen te
- biti otporan starenju. [2]

Za svaki materijal treba postojati posebno odobrenje (slika 8) koje potvrđuje navedene karakteristike te da je navedeni materijal podoban kao osnovni materijal za izgradnju cjevovodnih linija.

 <b>MONTER</b> STROJARSKE MONTAŽE D.D.	<b>POSEBNO ODOBRENJE MATERIJALA</b>	
	PARTICULAR MATERIAL APPRAISAL	
Doc.: ZOK-2785	Revizija: 0	Datum: 15.03.2017.
PROIZVOĐAČ TLAČNE OPREME Pressure Equipment Manufacturer	Monter – Strojarke montaže d.d. Velimira Škorpika 28, Zagreb	
<b>Tlačna oprema / Pressure Equipment</b>		
Naziv projekta / Project name	Izgradnja jedinice za rekuperaciju plina baklji (FGRS) u RNR	
Tip opreme / Equipment Type	Cjevovodi / Pipelines	
Tvornički broj / Serial Number	Tlačni krug br. 1 i Tlačni krug br.2	
Odobrenje konstrukcije / Design Approval	POK NB 2473 008/17	
<b>Materijal / Material</b>		
Kvaliteta / Grade	A 106	
Specifikacija materijala / Material Specification	1.2	
Grupa prema HRN CR ISO 15608 / Grade	3.1	
Certifikat / Certificate	Cijevi	
Proizvod / Product	CIJEV 323,80 X 10,31	
Raspon dimenzija i šarža / Dimension range & Heat No.	CIJEV 273,0 X 9,27	
Šarže prema listi ugrađenog materijala.	CIJEV 168,3 X 7,11	
	CIJEV 114,3 X 6,02	
	CIJEV 26,67 X 3,91	
<b>Područje primjene / Application range</b>		
Primjena / Application	Za cjevovode/ For pipelines	
Primjenjeni kod / Design code	NN 79/16 (PED 2014/68/EU)	
Min. dopuštena temp. / Min. allowable temp. (TS)	0°C	
Max. dopuštena temp. / Max. allowable temp. (TS)	80°C / 233°C	
Max. dozvoljeni pritisak / Max. allowable pressure (PS)	3,5 bar / 7 bar	
Radni medij / Working medium	Plin, loživi plin	
<b>Dodatni zahtjevi / Additional requirements</b>		
Dodatna ispitivanja / Additional tests	NA	
Ograničenja / Restrictions	NA	
Napomena / Remarks	NA	
Prilozi / Enclosure	Certifikati osnovnog materijala / Certificate of base material	

Slika 8. Posebno odobrenje materijala (str. 1/2) [10]



Doc.: ZOK-2785

Revizija: 0

Datum: 15.03.2017.

**Sukladnost s bitnim zahtjevima za materijala prema Pravilniku o tlačnoj opremi (NN 79/16)**

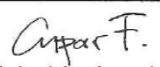
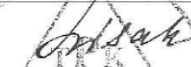
Compliance with Essential Safety Requirements for material acc. to regulation of PE (NN 79/16)

Svojstva / Prema Properties / acc.	Zahtjevi / Specifikacije, dokumenti Requirements / Specification, documents	Ispunjeno Fulfilled
Prikladna svojstva čvrstoće / Dodatak I-4.1a Appropriate properties of strenght / Annex I-4.1a	Odgovarajuća svojstva za sve ispitne i radne uvjete / SM,IC,PK,OK Appropriate properties for all test and working conditions / SM,IC,PK,OK	X
Prikladna svojstva istezanja / Dodatak I-4.1a, 7.5 Sufficient ductility / Annex I-4.1a, 7.5	Istezljivost za čelik A >= 14% / SM,IC In steel A min. 14% elongation / SM,IC	X
Prikladna svojstva žilavosti / Dodatak I-4.1a, 7.5 Sufficient toughness / Annex I-4.1a, 7.5	Udarni rad loma za čelik KV >= 27J na 20°C ili najnižoj radnoj temperaturi / SM,IC Impact strength in steel KV min. 27J at 20°C or lowest operating temp. / SM,IC	X
Nije značajno podložan starenju / Dodatak I-4.1c Not significantly affected by aging / Annex I-4.1c	Nema određenih kvantitativnih zahtjeva / SM No specific quantitative requirements specified / SM	X
Prikladan za obrađivanje / Dodatak I-4.1d Suitable for intended processing / Annex I-4.1d	Odgovarajući postupci obrade / PK, SM Suitable processing procedures / PK, SM	X
Ovlaštenje proizvođača materijala / Dodatak I-4.3 Qualification of Material Manufacturer / Annex I-4.3	Odgovarajući sustav osiguranja kvalitete s preuzimanjem materijala od strane ovlaštenog tijela / IC Appropriate quality assurance with material related assessment by competent body / SM	X
Tip inspekcijskog certifikata / Dodatak I-4.3 Inspection certificate type / Annex I-4.3	Kat I – certifikat potvrđuje sukladnost sa specifikacijom Kat. II, III, IV – certifikat o posebnoj kontroli materijala 3.1 ili 3.2 / IC Cat. I – certificate confirms compliance with specif. Cat II, III, IV – certificate of specific product control 3.1 or 3.2 / IC	X

SM – Specifikacija materijala / Material specification  
 IC – Inspekcijski certifikat / Inspection Certificate  
 PK – Primjenjeni kod / Applicable Design Code  
 OK – Odobrenje konstrukcije / Design Approval

**Tijelo za ocjenu sukladnosti / Notified Body**

Naziv TOS-a / Name of Notify Body	TPK Zavod
Identifikacijski broj TOS-a / Ident. No. of Notify Body	2473
Ocjena / Evaluation	Zadovoljava

Proizvođač / Manufacturer		TOS / Notify Body	
Ime / Name	 Žig i potpis odg. osobe Stamp and signature	Ime / Name	 Žig i potpis odg. osobe Stamp and signature
Filip Cupar, mag. ing. stroj.		Svitlana Lisak, dipl.ing.stroj. IWE	
Datum / Date		Datum / Date	
15.03.2017.		15.03.2017.	



Str. 2 / 2

Slika 9. Posebno odobrenje materijala (str. 2/2) [10]

Izvođač treba napraviti pozitivnu identifikaciju materijala za sve legirane čelike na način da primjeni prikladan uređaj uz odobrenje nadzornog inženjera, u slijedećim slučajevima:

- kod zaprimanja materijala u skladište izvođača radova slučajnim odabirom proizvoda bez obzira na dimenzije, nazivni promjer, debljinu stjenke, klasu i vrstu proizvoda u opsegu do 1% ukupno isporučenog materijala,
- ugrađeni materijal treba biti ispitan u opsegu 100% da se eliminira mogućnost zamijene materijala,
- kod materijala na kojem nije dobro čitljiva oznaka materijala i šarže. [10]

#### 4.2.2 Karakteristike medija

Kroz cjevovodne linije prolaze ulazne i izlazne komponente jedinice za rekuperaciju baklji. Ulazni mediji su plin iz sustava baklji i svježja voda, dok su izlazni mediji rekuperirani plin, procesna voda te lagani ugljikovodici.

- Plin iz sustava baklji

Značajke plina iz sustava baklji prikazane su u tablici 7.

Tablica 7. Značajke plina iz sustava baklji [10]

<b>Maseni protok</b>	2736,45 kg/h
<b>Stvarni volumen</b>	3816,02 m <sup>3</sup> /h
<b>Tlak (na usisu kompresora)</b>	0,07 bar-g
<b>Donja kalorijska vrijednost</b>	35,72 MJ/Nm <sup>3</sup>
<b>Prosječna molekularna težina</b>	16,29 kg/kmol
<b>Stvarna gustoća</b>	0,72 kg/m <sup>3</sup>
<b>Temperatura plina iz sustava baklji na ulazu u jedinicu</b>	20 °C
<b>Cp/Cv</b>	1,24
<b>Tlak isporuke rekuperiranog plina na granici jedinice</b>	4,5 bar-g
<b>Temperatura isporuke rekuperiranog plina</b>	45,92 °C

Komponente plina iz sustava baklji prikazane su u tablici 8.

Tablica 8. Komponente plina iz sustava baklji [10]

<b>Komponente</b>	<b>Maseni protok kg/h</b>
<b>Kisik</b>	5,91
<b>Voda</b>	0,00
<b>Dušik</b>	161,39
<b>Vodik</b>	208,50
<b>Sumporovodik</b>	1,14
<b>Ugljični dioksid</b>	9,61
<b>Ugljični monoksid</b>	0,00
<b>Metan</b>	377,49
<b>Etilen</b>	20,73
<b>Etan</b>	131,33
<b>Propilen</b>	137,13
<b>Propan</b>	174,83
<b>1-Buten</b>	125,36
<b>Izobutan</b>	183,55
<b>N-Butan</b>	98,61
<b>1-Penten</b>	226,16
<b>Izopenten</b>	190,28
<b>N-Pentan</b>	43,63
<b>N-Heksan</b>	110,02
<b>C 5+</b>	530,76
<b>Ukupno</b>	2736,45



- Svježa voda

Značajke svježe vode prikazane su u tablici 9.

Tablica 9. Značajke svježe vode [10]

<b>Maseni protok</b>	300,00 kg/h
<b>Stvarni volumen</b>	0,3 m <sup>3</sup> /h
<b>Temperatura</b>	20 °C
<b>Tlak</b>	7 bar-g
<b>Prosječna molekularna masa</b>	18,01 kg/kmol
<b>Stvarna gustoća</b>	997,84 kg/m <sup>3</sup>
<b>pH</b>	Održavati na 7-8
<b>Kloridi</b>	Max 50-100 ppm

- Rekuperirani plin

Iz sustava baklji odlazi u rafinerijski sustav loživog plina. Značajke rekuperiranog plina prikazane su u tablici 10.

Tablica 10. Značajke rekuperiranog plina [10]

<b>Maseni protok</b>	2792,97 kg/h
<b>Stvarni volumen</b>	820,39 m <sup>3</sup> /h
<b>Temperatura</b>	45,92 °C
<b>Tlak</b>	4,5 bar-g
<b>Prosječna molekularna masa</b>	16,33 kg/kmol
<b>Stvarna gustoća</b>	3,40 kg/m <sup>3</sup>

Udio pojedinih komponenta u rekuperiranom plinu prikazan je u tablici 11.

Tablica 11. Udio pojedinih komponenti u rekuperiranom plinu [10]

<b>Komponente</b>	<b>x, %</b>	<b>m, kg/h</b>
<b>Kisik</b>	0,11	6,02
<b>Voda</b>	1,83	56,40
<b>Dušik</b>	3,36	160,97
<b>Vodik</b>	60,62	208,40
<b>Sumporovodik</b>	0,02	1,17
<b>Ugljični dioksid</b>	0,13	9,79
<b>Ugljični monoksid</b>	0,00	0,00
<b>Metan</b>	13,76	377,49
<b>Etilen</b>	0,43	20,63
<b>Etan</b>	2,55	131,15
<b>Propilen</b>	1,91	137,46
<b>Propan</b>	2,32	174,99
<b>1-Buten</b>	1,30	124,76
<b>Izobutan</b>	1,85	183,90
<b>N-Butan</b>	1,00	99,40
<b>1-Penten</b>	1,88	225,47
<b>Izopentan</b>	1,55	191,27
<b>N-Pentan</b>	0,37	45,66
<b>N-Heksan</b>	0,75	110,55
<b>C 5+</b>	4,26	527,52
<b>Ukupno</b>	100,00	2792,97

- Lagani ugljikovodici

Izdvajaju se preljevom u separatoru plina/tekućine. Značajke ugljikovodika prikazane su u tablici 12.

Tablica 12. Značajke laganih ugljikovodika [10]

<b>Maseni protok</b>	0,00 kg/h
<b>Stvarni volumen</b>	0,00 m <sup>3</sup> /h
<b>Temperatura</b>	45,95 °C
<b>Tlak</b>	4,5 bar-g
<b>Prosječna molekularna masa</b>	16,29 kg/kmol
<b>Stvarna gustoća</b>	200,25 kg/m <sup>3</sup>

- Procesna voda

Izdvaja se u separatoru plina/tekućine od laganih ugljikovodika. Značajke procesne vode prikazane su u tablici 13.

Tablica 13. Značajke procesne vode [10]

<b>Maseni protok</b>	243,49 kg/h
<b>Stvarni volumen</b>	0,25 m <sup>3</sup> /h
<b>Temperatura</b>	45,92 °C
<b>Tlak</b>	4,5 bar-g
<b>Prosječna molekularna masa</b>	18,01 kg/kmol
<b>Stvarna gustoća</b>	989,59 kg/m <sup>3</sup>

Procesna voda se sastoji uglavnom od vode, a ugljikovodici su mogući u tragovima.

Prema pravilniku o tlačnoj opremi navedeni fluidi pripadaju grupi opasnih fluida (Grupa 1), kategorija II.

### 4.3 Uvjeti na granici postrojenja

Uvjeti rada tlačne opreme prikazani su u tablici 14.

Tablica 14. Uvjeti rada tlačne opreme [10]

	Temperatura	Tlak
<b>Jedinice</b>	°C	bar-g
<b>Ulazna komponenta</b>		
• Plin iz sustava baklji	20,0	0,07
• Svježa voda	28,0	7,00
<b>Izlazna komponenta</b>		
• Rekuperirani plin	45,92	4,5
• Lagani ugljikovodici	45,92	4,5
• Procesna voda	45,92	4,5
<b>Uvjeti na mjestu rada</b>		
<b>Temperatura (°C)</b>		
• Max temperatura okoline		40
• Min temperatura okoline		-15
• Min proračunska temperatura (tlačne opreme)		-15
• Najmanja dopuštena radna temperatura cjevovoda		0
• Normalna temperatura okoline		20
<b>Vlažnost (%)</b>		
• Max vlažnost		90
• Min vlažnost		20
• Prosječna vlažnost		60
<b>Oborine (mm)</b>		
• Godišnji prosjek oborina		1434
• Max količina oborina u jednom danu		261
<b>Atmosferski tlak (mbar)</b>		
• Max tlak		1040
• Normmalni tlak		1013
• Min tlak		980

#### 4.4 Zavarivanje cjevovoda

Zavarivanje predstavlja osnovni način spajanja cijevi u cjelokupan cjevovod. Prilikom zavarivanja treba voditi računa o niz parametara, poput:

- pripreme spoja,
- postupka zavarivanja,
- vrste dodatnog materijala (elektrode i zaštitni plin),
- kvalitete i atesta zavarivača,
- načinu izvođenja,
- pripremi spoja,
- temperaturi predgrijavanja i međuprolaza,
- pripremi spoja, itd.

Izdavanjem radnih uputa za zavarivanje propisane su sljedeće stavke:

- dozvoljeni postupci zavarivanja:
  - Zavarivanje netaljivom elektrodom u zaštitnoj atmosferi inertnih plinova (TIG-141),
  - Elektrolučno ručno zavarivanje obloženim elektrodama (REL-111),
  - Zavarivanje pod prahom (EPP-121).
  - Drugi postupci zavarivanja (npr. sa plazmom i sl.) mogu se primijeniti samo uz dopuštenje investitora odnosno nadzornog inženjera investitora i ovisno o postupku i predloženoj primjeni može se zahtijevati ispitivanje u smislu potvrđivanja ispravnosti postupka zavarivanja (PQR). [10]
- ograničenja zavarivanja:
  - Postupak sa kisik-acetilenom (plinsko zavarivanje - 311) se može primijeniti samo za ugljične čelike, grupa materijala 1 za cjevovode nazivnog promjera DN 50 i manje, sa debljinom stijenke 7,6 mm ili manje.
  - Postupak sa elektrolučnim zavarivanjem u zaštiti inertnih plinova ili plinova koji nisu inertni - mješavina plinova, MAG-135 (MIG-131, MAG-135-CO2) i postupak elektrolučnog zavarivanja punjenom elektrodom

žicom u zaštiti aktivnog plina – 136 (FCAW-Flux Cored Arc Welding process) može se primijeniti za korijenski zavar na jednostranim, u radioni pripremljenim sučeonim zavarom ako će biti napravljeno ultrazvučno ispitivanje u opsegu 100% na deset od prvih pedeset zavara koje napravi pojedini zavarivač kao dodatnu zahtijevanu kontrolu. U slučaju negativne ocjene jednog ili više zavara potrebno je napraviti ponovo potvrđivanje postupka zavarivanja i reatistiranje zavarivača.

- Postupak MAG-135 i postupak 136 (FCAW) ne smije se primijeniti za korijenski zavar na jednostranom T spoju ili kutnom spoju (npr. spoj odvojka ili weldoleta).

Atesti postupaka zavarivanja trebaju biti u skladu sa normom HRN EN ISO 15614-1 (Specifikacija i kvalifikacija postupaka zavarivanja za metalne materijale -- Ispitivanje postupka zavarivanja -- 1. dio: Elektrolučno i plinsko zavarivanje čelika te elektrolučno zavarivanje nikla i legura nikla).

Prema normi HRN EN 3834-2 zavarivači i zavarivački operateri trebaju biti osposobljeni putem odgovarajućeg ispita. U petom dijelu ove norme su utvrđeni su ISO dokumenti (prikazani u tablici 15) prema kojima se treba uskladiti kako bi se ispunili zahtjevi za kvalitetom.

Tablica 15. ISO dokumenti za certificiranje zavarivačkog osoblja [8]

Proces zavarivanja	ISO dokumenti
<b>Elektrolučno zavarivanje</b>	ISO 9606-1, ISO 9606-2, ISO 9606-3, ISO 9606-4, ISO 9606-5, ISO 14732, ISO 15618-1, ISO 15618-2
<b>Zavarivanje elektronskim snopom</b>	ISO 14732
<b>Lasersko zavarivanje</b>	ISO 14732
<b>Plinsko zavarivanje</b>	ISO 9606-1

Uobičajeno se provjera osposobljenosti zavarivača provodi po točno određenom standardu, najčešće se upotrebljava HRN EN 9606-1 koji pruža certificiranje zavarivača za zavarivanje čelika taljenjem kod kojeg elektrodu ili gorionik vodi ručno.

#### **4.4.1 HRN EN ISO 9606-1**

Ovaj dio standarda ISO 9606 propisuje zahtjeve za ispitivanje osposobljenosti zavarivača kod zavarivanja čelika taljenjem. Standard daje grupu tehničkih pravila za sistematsko kvalifikacijsko ispitivanje zavarivača i osigurava takve kvalifikacije koje će biti jedinstveno prihvaćene, nezavisno od vrste proizvoda, lokacije i ispitivača ili ispitnog tijela. Kod ispitivanja zavarivača naglasak se stavlja na sposobnost zavarivača da ručno upravljaju elektrodom, gorionikom za zavarivanje ili gorionikom za plinsko zavarivanje i da tako ostvare zavareni spoj prihvatljive kvalitete. On ne pokriva potpuno mehanizirane ili automatske postupke zavarivanja. [11]

Norma HRN EN ISO 9606-1 obuhvaća sljedeće ručne ili djelomično mehanizirane postupke zavarivanja:

- 111 Ručno elektrolučno zavarivanje
- 114 Elektrolučno zavarivanje samozaštitom praškom punjenom žicom
- 121 Zavarivanje sa žicom pod zaštitom praška
- 125 Zavarivanje pod zaštitom praška s praškom punjenom žicom
- 131 MIG zavarivanje punom žicom
- 135 MAG zavarivanje krutom žicom
- 136 MAG zavarivanje praškom punjenom žicom
- 138 MAG zavarivanje metalnim prahom punjenom žicom
- 141 TIG zavarivanje punom žicom ili šipkom
- 142 TIG zavarivanje bez dodatnog materijala
- 143 TIG zavarivanje s praškom punjenom žicom ili šipkom
- 145 TIG zavarivanje primjenom reducirajućeg plina i pune žice ili šipke
- 15 Elektrolučno zavarivanje plazmom
- 311 Zavarivanje kisikom i acetilenom

Kvalifikacija zavarivača temelji se na utjecajnim varijablama, za svaku utjecajnu varijablu definirano je područje kvalifikacije (valjanosti) po kojoj je zavarivač kvalificiran. Ako kasnije izvodi zavarivačke poslove izvan tog područja, mora ponovno raditi ispitivanje. U nastavku su detaljno definirana područja kvalifikacije za određene varijable

Osnovne varijable su:

- postupci zavarivanja,
- tip proizvoda; ploča ili cijev,
- vrsta zavara,
- grupa dodatnog materijala,
- tip dodatnog materijala,
- dimenzije: debljina materijala, vanjski promjer cijevi,
- položaj zavarivanja,
- detalj zavara: materijalna podloga npr. keramika, plinska podloga, prašak podloga, potrošni umetak, zavarivanje s jedne strane, zavarivanje s obje strane, jedan prolaz, više prolaza, zavarivanje u lijevo, zavarivanje u desno.

[11]

Ispitni zavareni uzorak mora biti napravljen na ploči ili na cijevi. Primjenjuju se sljedeći kriteriji:

- zavari na cijevima koje su većeg vanjskog promjera od 25 mm, pokrivaju zavare na pločama,
- zavari na pločama pokrivaju zavare na cijevima, ako je vanjski promjer cijevi veći od 500mm,
- zavari na pločama pokrivaju zavare na okruglim cijevima vanjskog promjera cijevi većeg od 75 mm kod PA, PB I PC pozicija zavarivanja. [11]

Certifikat je ovjerenje da je zavarivač uspješno položio ispit osposobljenosti, a na njemu su zabilježeni svi bitni podaci. Ako ispitni uzorak nije prošao bilo koji od potrebnih testova, sertifikat se ne izdaje. Sertifikat se izdaje pod isključivom odgovornošću ispitivača ili ispitnog tijela; oni imaju odgovornost da su svi bitni podaci upisani u sertifikat.



U certifikatu su zabilježene i sljedeće, manje bitne varijable:

- vrsta struje i polaritet
- grupa osnovnog materijala
- zaštitni plin.

Općenito, za svaki ispitni uzorak izdanje se zasebni certifikat o osposobljenosti zavarivača. Na slici 10 prikazan je certifikat prema normi HRN EN ISO 9606-1 kojim se potvrđuje kvalifikacija zavarivačkog osoblja tvrtke Monter SM d.d.

**TPK – ZAVOD ZA ENERGETSKU I PROCESNU OPREMU d.d.**  
Energy & process equipment applied research centre  
Slavonska avenija 20 10000 ZAGREB, HRVATSKA

**CERTIFIKAT O KVALIFIKACIJI ZAVARIVAČA**  
WELDER'S QUALIFICATION TEST CERTIFICATE

1. **Norma:** HRN EN ISO 9606-1 141 T BW FM3 S e10,97 D168,3 PH ss nb  
2. **Opis:** WPS-TIG-001 38 Certifikat  
3. **Tipka za zavarivanje:** WPS-TIG-001 38 Certifikat  
4. **Čvrstoća zavarivača (kg):** ENR 2 38 Certifikat  
5. **Ime zavarivača:** CZ-3025-16  
6. **Vrsta ispitivanja:** Osobna ispitivanja  
7. **Broj ispitivanja:** 38  
8. **Datuma i mjesta rođenja:** Monter - Strojarske montaže d.d.  
9. **Zapečten kod:** Vahovina Škorićeva 28, Zagreb  
10. **Program / norma za ispitivanje:** HRN EN ISO 9606-1:2014  
11. **Stručna naziva:** -  
12. **Job knowledge:** -

	Ispitni uvjeti Test data	Područje kvalifikacije Range of variables
13. Postupak zavarivanja Welding process	141 (TIG)	141, 142, 143, 145
14. Način pripreme posude u st. liniji Preparation	-	-
15. Lik ili cijev Pipe or pipe	T	T, P
16. Vrsta zavara Type of joint	BW	BW
17. Grupa(i) osnovnog materijala Basic metal group(s)	6.2 (ASTM A335 Gr. P22) HRN EN ISO TR 15608-2:14, ISO TR 20173:2008	-
18. Vrsta(i) dodatnog materijala Filler material group(s)	FM3	FM1, FM2, FM3
19. Osnovni dodatni materijal Filler metal element	S (Böhler CR2-IG) EN ISO 21662-A: W Cr-Mo2 S	S, M
20. Zaštitni plin i postak Shielding gas / flux	Ar (Ar 4.8) HRN EN ISO 14178:2008	-
21. Preglednik Auditor	-	-
22. Vrsta struje i polaritet Type of power and polarity	DC (-)	DC (-)
23. Debljina materijala (mm) Material thickness (mm)	10,97	3,0-21,94
24. Debljina zavoja (mm) Deposited thickness (mm)	10,97	3,0-21,94
25. Vanjski promjer cijevi (mm) Outside pipe diameter (mm)	168,3	≥ 84,15
26. Polica(i) zavarivanja Welding position	PH HRN EN ISO 9417:2013	PA, PE, PF, PH
27. Dijebljenje podloge (debeljina zavara) Groove / Penetration (Weld width) Jedna a) ili b) vrsta zavoja zavariva Single joint / Weld joint	ss nb	ss nb, ss mb, ts, ss gb, ss fb
28. Dodatak ispitivanja izvan opsega Isu kombinacijom sa završenim zavarivanjem Supplementary test with test In conjunction with a test with qualification:	<input type="checkbox"/> Da / Yes <input checked="" type="checkbox"/> Ne / No	39. Završeno: Issued date: 04.02.2016. 40. Izdano: Issued date: 18.02.2016.
30. Vrsta ispitivanja Type of test	Ispitivanje ispitivanja Test result	41. Ispitivač / Examiner: 42. Dobio / Approved by: 43. Svrstano / Class, diploma: 44. Mjesto / Place: WPE / WWP-C
31. Vrsta ispitivanja Type of test	Ispitivanje ispitivanja Test result	45. Dobio / Approved by: 46. Mjesto / Place: WPE / WWP-C
32. Procjena kvalitete Quality assessment	Ispitivanje ispitivanja Test result	47. Dobio / Approved by: 48. Mjesto / Place: WPE / WWP-C
33. Procjena kvalitete Quality assessment	Ispitivanje ispitivanja Test result	49. Dobio / Approved by: 50. Mjesto / Place: WPE / WWP-C
34. Stavljeno Signed	Ispitivanje ispitivanja Test result	51. Dobio / Approved by: 52. Mjesto / Place: WPE / WWP-C
35. Vrijedi od / Valid from	Ispitivanje ispitivanja Test result	53. Dobio / Approved by: 54. Mjesto / Place: WPE / WWP-C
36. Maksimalna vrijednost Maximum value	Ispitivanje ispitivanja Test result	55. Dobio / Approved by: 56. Mjesto / Place: WPE / WWP-C
37. Procjena prema točki norme Evaluation according to standard clause	9.3 - a) <input checked="" type="checkbox"/> b) <input type="checkbox"/> c) <input type="checkbox"/>	57. Dobio / Approved by: 58. Mjesto / Place: WPE / WWP-C

06-42-01 (9606-1), rev.01

**TPK – ZAVOD d.d.**  
Certifikacijski odjel  
Tijelo za ocjenu sukladnosti  
Conformity assessment body

17024-HAA  
17024-HAA  
TPK

**TPK – ZAVOD**  
IA EN ISO 9001:2015, EN ISO 9001:2015, EN ISO 9001:2015  
Zagreb, Slavonska avenija 20


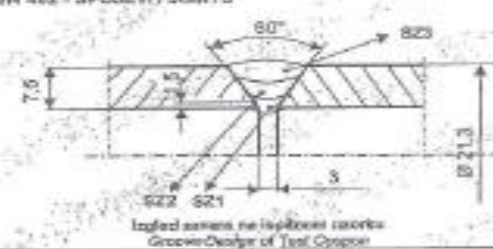
Slika 10. Certifikat kvalifikacije zavarivačkog osoblja [10]

#### **4.4.2 Atestacija postupka zavarivanja**

Atestacija postupka zavarivanja (PQR) provodi se prema normi HRN EN ISO 15614-1 (Specifikacija i kvalifikacija postupaka zavarivanja za metalne materijale - Ispitivanje postupka zavarivanja - 1. dio: Elektrolučno i plinsko zavarivanje čelika te elektrolučno zavarivanje nikla i legura nikla). Svi postupci zavarivanja trebaju biti odobreni od nadzornog inženjera investitora prije početka aktivnosti opisanih tim postupcima. Slika 11 prikazuje atestaciju postupka TIG zavarivanja za čelik A 106.

Zavarivanje se ne smije početi prije nego je Specifikacija postupka zavarivanja odobrena od strane nadzornog inženjera. Svaki zavar koji je napravljen prije pregleda i odobrenja nadzornog inženjera je predmet neprihvatanja tako napravljenog zavara. [10]

Ispitivanje žilavosti zavara u sredini zavara i u blizini površine zavara sa zarezom kod linije taljenja se zahtjeva za čelike čija je debljina stjenke veća od 5 mm za ugljične čelike sa najmanjom granicom tečenja iznad  $315 \text{ N/mm}^2$ .

<b>QW - 483 - CERTIFIKAT O KVALIFIKACIJI POSTUPKA ZAVARIVANJA</b> <b>WELDING PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (WPQR)</b> Registracijski broj / Certificate No. TO-108 C 08439		Strana 1 of 2 Revizija / Datum: 14.10.2009.	
Naziv tvrtke: <b>Molier Strujarske Montaže d.d.</b> Company Name: <b>Šokrićeva 28, 10000 Zagreb, Hrvatska</b>		Izvješće br.: <b>274A/09</b> Report No.:	Datum: <b>14.10.2009.</b> Date:
pWPS broj: <b>2203-12</b> pWPS No.:		Revizija: <b>0</b> Revision No.:	Datum: <b>06.05.2009.</b> Date:
Postupak(i) zavarivanja: <b>TIG (GTAW)</b> Welding process(es):		Tip(cel): <b>ručno</b> Type(s):	
<b>QW 482 - SPOJEVI / JOINTS</b>  <p>Imped. završna na ispitnom uzorku Groove/Depth of Test Coupon</p>		<b>QW 483 - OSNOVNI MATERIJALI / BASE METALS</b> Spec. Materijal: <b>A 106</b> <small>Mat. Spec.</small> Material Spec.: <b>A 106</b> Tip ili Klasa: <b>Gr.B</b> <small>Mat. No.</small> Type or Grade: <b>Gr.B</b> P. Br. <b>1</b> <small>W.P. No.</small> P. No. <b>1</b> <small>W.P. No.</small> Debljina ispitnog uzorka: <b>7,5 mm</b> Thickness of Test Coupon: Promjer ispitnog uzorka: <b>Ø 21,3 mm</b> Diameter of Test Coupon: Datum: <b>Maximalna debljina prolaza 3mm!</b> Other:	
<b>QW 484 - DODATNI MATERIJALI / FILLER METALS</b> SFA Specifikacija: <b>5.28</b> SFA Specification: AWS Klasifikacija: <b>ER 70S - A1</b> AWS Classification: F broj: <b>8</b> Filler Metal - F No.: A broj: <b>1</b> Welding Electrode - A No.: Dimenzije dodat. mater.: <b>Ø 2,4 mm</b> Size of Filler Metal: Debljina reznice zavara: <b>t= 7,5 mm</b> Weld Metal Thickness: Ostalo: <b>S21 = S23 - ER 70S-A1 = DWG-IG (BCH-3R)</b> Other:		<b>QW 487 - TOPL. OBRADA / PWHT</b> Temperatura: _____ Temperature: Vrijeme držanja: _____ Time: Datum: _____ Date:	
<b>QW 485 - POLOŽAJI / POSITIONS</b> Položaj zavarivanja: <b>6G</b> Working Position: Smjer zavarivanja: <b>Prema gore</b> Welding Progression / Up/Down: Ostalo: _____ Other:		<b>QW 488 - PARAMETRI ZAVAR. / EL. CHARACTERISTICS</b> El. Struja: <b>DC</b> <small>Current</small> Polarnost: <b>+- Pol</b> Jak. Struje: <b>104-170</b> <small>Amper</small> Napon: <b>11-13</b> <small>Volta</small> Promjer (Ø) Wulfa na ul. Turpinov. Svjetla: <b>Ø 2,4 mm; E WCe- 2</b>	
<b>QW 489 - PREDGRJAVANJE / PREHEAT</b> Temperatura - minimalna: <b>60°C</b> Preheat Temperature - min.: Maksimalna temperatura: <b>Max. 250 °C</b> Interpass Temperature - max.: održavanje temp. predgrjavanja: <b>Ne</b> Preheat Maintenance: Ostalo: _____ Other:		<b>QW 410 - TEHNIKA RADA / TECHNIQUE</b> Brzina zavar. <b>5 cm/min</b> <small>Welding Speed</small> Ribanje: _____ Oscilacije: Pravočinjski ili nihanjski: <b>Pravočinjski i nihanjski (3x2el.)</b> String or weave bead: Višestojno ili jednostojno: <b>Višestojno</b> Single or Multiple Pass: Jedan ili više el. kablova: <b>Jedan</b> Single or Multiple Electrode: Ostalo: _____ Other:	

Slika 11. Atestacija postupka TIG zavarivanja [10]

## 4.5 Toplinska obrada

Toplinska obrada nakon zavarivanja treba biti u skladu sa normama navedenim u ovoj specifikaciji i zahtjevima ove specifikacije. Pisana procedura koja opisuje opće zahtjeve za toplinsku obradu nakon zavarivanja treba biti dostavljena na pregled i odobrenje investitoru odnosno nadzornom inženjeru.

Prema Pravilniku o tlačnoj opremi kada postoji opasnost da proizvodni postupak promijeni svojstva materijala do te mjere da se ugrozi sigurnost tlačne opreme, mora se primijeniti odgovarajuća toplinska obrada u pojedinoj fazi proizvodnje.

Procedura toplinske obrade treba sadržavati opis opreme, način grijanja, poziciju i vrstu opreme za grijanje, mjerenje temperature i pozicije termoparova (termometara). Prije početka obavljanja toplinske obrade, izvođač treba pripremiti popis sa prikazanim svim spojevima ili dijelovima za koje je potrebna toplinska obrada i dostaviti ga investitoru na pregled.

Za ugašene i umirene ili normalizirane i umirene čelike, temperatura toplinske obrade treba biti najmanje 20 °C niža od temperature transformacije strukture čelika. Brzina zagrijavanja i hlađenja treba biti prema zahtjevima primijenjenih normi ako drugačije nije naznačeno. Temperatura toplinske obrade kod spajanja različitih materijala treba biti definirana u konzultaciji sa investitorom.

Ako je definirana temperatura toplinske obrade različitih materijala (npr. za Cr-Mo čelike, gdje je razlika 80 °C ili više), međusloj dovoljne debljine treba biti kvalitete boljeg materijala. Taj dio treba biti toplinski obrađen na temperaturi koja je odabrana temperaturom boljeg materijala.

Sav materijal potreban za zavarivanja (elektrode, prah za zaštitu luka, materijal za određivanje temperature i sl.) treba ukloniti sa opreme nakon završetka zavarivanja i prije toplinske obrade ili tlačne probe. Postupak toplinske obrade treba biti u skladu sa primijenjenim normama. Kod postupka toplinske obrade treba koristiti umjerene (kalibrirane) mjerače temperature sa zapisom mjerene temperature (pisačem).

Nakon završetka toplinske obrade, svi termometri trebaju biti uklonjeni i površinu koja je bila toplinski obrađena treba očistiti do čiste metalne površine. Zavarivanje i grijanje nakon završetka toplinske obrade nije dozvoljeno bez odobrenja investitora. Najveća dozvoljena odstupanja od propisane temperaturi unutar grijane zone u postupku toplinske obrade ne smije biti veća od 30 °C. [10]

#### 4.7 Metode nerazornih ispitivanja

Nerazorna ispitivanja vrlo su značajna za praćenje kvalitete sustava u proizvodnji (zavarivanje, strojne i toplinske obrade, itd.) i posebno tijekom eksploatacije (petrokemijska i energetska postrojenja, nuklearna postrojenja, itd.), a sve u svrhu pronalaženja nepravilnosti nastalih uslijed tehnoloških ili eksploatacijskih uvjeta.

Detekcija nepravilnosti se temelji na određenom odzivu od nepravilnosti. Ovisno o primjenjenom fizikalnom principu i ispitnim parametrima može se govoriti i o odzivu materijala (strukture). Stoga se nerazorna ispitivanja primjenjuju u cilju pronalaženja nepravilnosti (pogrešaka) i karakterizacije materijala.

Metode nerazornih ispitivanja dijele se na:

- Površinska metoda – detekcija površinskih nepravilnosti
- Ispitivanje penetrantima (PT),
- Ispitivanje magnetskim česticama (MT).
- Volumna metoda – detekcija nepravilnosti u materijalu,
- Ispitivanje ultrazvukom (UT),
- Radiografsko ispitivanje (RT),
- Termografija (IR),
- Vizualno ispitivanje (VT).

Na temelju zahtjeva projekta potrebno je izvršiti vizualnu, penetrantsku, magnetsku te na poslijetku radiografsku kontrolu, čije su prednosti i nedostaci navedeni u tablici 16. Prije početka NDT ispitivanja potrebno je dobiti uvjerenja o cetrificiranosti osoblja koje će vršiti navedena ispitivanja. Prema zahtjevima projekta NDT osoblje treba posjedovati Level 2 prema normi HRN EN ISO 9712.

Tablica 16. Prednosti i nedostaci NDT metoda [12]

<b>Vrsta metode</b>	<b>Prednosti</b>	<b>Nedostaci</b>
<b>Vizualna metoda</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- niža cijena</li> <li>- prenosivost</li> <li>- trenutni rezultati</li> <li>- minimalna obuka</li> <li>- minimalna priprema objekta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- samo površinski i veliki diskontinuiteti</li> <li>- površinska interpretacija</li> <li>- ogrebotina</li> </ul>
<b>Penetrantska metoda</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- prenosivost</li> <li>- niža cijena</li> <li>- detekcija malih diskontinuiteta</li> <li>- kratko trajanje ispitivanja</li> <li>- minimalna obuka</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- samo površinski defekti</li> <li>- otežana detekcija na hrapavim površinama</li> <li>- detaljna priprema površine</li> <li>- potreban direktan vizualni kontakt</li> </ul>
<b>Magnetska metoda</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- prenosivost</li> <li>- niža cijena</li> <li>- detekcija malih diskontinuiteta</li> <li>- trenutni rezultati</li> <li>- umjerena obuka</li> <li>- površinski i podpovršinski diskontinuiteti</li> <li>- brzina</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- površina mora biti dostupna</li> <li>- otežana detekcija na hrapavim površinama</li> <li>- detaljna priprema površine</li> <li>- samo feromagnetski materijali</li> <li>- ovisnost detekcije o orijentaciji defekta</li> <li>- potrebna demagnetizacija</li> </ul>
<b>Radiografska metoda</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- površinski i diskontinuiteti unutar materijala</li> <li>- inspekcija teško dostupnih dijelova</li> <li>- permanentni zapis</li> <li>- minimalna priprema</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- opasnost po zdravlje</li> <li>- visoka cijena</li> <li>- mala brzina</li> <li>- ovisnost detekcije o orijentaciji defekta</li> <li>- vrlo visoka obučenost i iskustvo</li> </ul>

#### **4.7.1 Vizualna kontrola**

Svrha vizualne kontrole je definirati vrste grešaka prihvatljivosti zavarenih spojeva uzimajući u obzir pogreške oblika zavarenih spojeva, odnosno pogreške koje se mogu utvrditi vizualnom kontrolom.

#### **Vizualno ispitivanje prije zavarivanja**

Ako je potrebno provesti vizualno ispitivanje prije zavarivanja tada je potrebno pripaziti na slijedeće:

- a. oblik i dimenzije pripreme zavarenog spoja koje moraju odgovarati specifikacijama,
- b. površine koje trebaju biti spojene i susjedne površine moraju biti očišćene,
- c. dijelovi koji se spajaju moraju biti fiksirani u položaju prema nacrtima.

Naročitu pozornost treba obratiti postupcima kontrole prije zavarivanja jer su oni u većem dijelu zavarivačkog pogona znatno zanemareni.

#### **Vizualno ispitivanje tijekom zavarivanja**

Ako je potrebno, obavlja se vizualni pregled zavarenog spoja tijekom postupka zavarivanja kako bi se ustanovilo:

- a. da se svaki prolaz očisti prije novog prolaza, posebice obraćajući pozornost na spojeve između dodatnog materijala i osnovnog materijala,
- b. da nema vidljivih nepravilnosti (šupljina i pukotina); ako takve nepravilnosti postoje trebaju se poduzeti mjere za njihovo otklanjanje prije novog prolaza,
- c. da je prijelaz između dodatnog i osnovnog materijala takvog oblika da se može postići odgovarajuće rastaljivanje novog prolaza,
- d. da je dubina i oblik žlijeba u skladu s propisanom dubinom i oblikom žlijeba tako da bi se osiguralo kompletno odstranjivanje dodatnog materijala. [10]



## Vizualno ispitivanje nakon zavarivanja

Gotovi zavareni spoj ispituje se da bi se utvrdilo da li odgovara dopuštenim graničnim vrijednostima nepravilnosti u zavarenim spojevima prema normi HRN EN ISO 5817:2008. Zavareni spoj prvo se pregledava da bi se utvrdilo da li je sva troska odstranjena bilo ručnim ili mehaničkim putem.

### 4.7.2 Penetrantska kontrola

Svrha ove procedure je definiranje uvjeta i koraka kod ispitivanja obojenim ili fluorescentnim, vodom perivim ili otapalom odstranjivim penetrantima zavarenih spojeva i površina izradaka na kojima se otkrivaju diskontinuiteti otvoreni na površinu. Ovom metodom otkrivaju se diskontinuiteti poput pukotina, poroznosti, naljepljivanja, hladnih zavara itd.

U okviru laboratorija za ispitivanje bez razaranja, TPK-ZAVOD-a, provelo se ispitivanje tekućim penetrantima na zavarenim spojevima. Za organizaciju ispitivanja, izbor opreme te kompletan nadzor odgovoran je voditelj laboratorija. NDT laboranti 1. stupnja odgovorni su za provođenje ispitivanja, a za ocjenu nalaza i izradu izvješća odgovorni su 2. i 3. stupanj.

#### Slijed ispitivanja:

**Priprema površine** – zadovoljavajući rezultati se mogu postići na površinama zavara bez posebne obrade površine. Ako su u pitanju grublje površine, ispitna površina može se pripremiti četkanjem ili vodenim pjeskarenjem. Također potrebno je odstraniti sve tragove ulja, masti, boja, premaza, prašine i ostalih nečistoća koje bi mogle utjecati na rezultate.

**Nanošenje penetranta** – ukoliko se zahtjeva normalna osjetljivost nanositi će se obojeni penetrant, a pri zahtjevu za veću osjetljivost fluorescentni. Vrijeme penetriranja iznosi 5 do 60 minuta, za ovaj slučaj je 10 minuta za područje temperatura 10 °C do 52 °C i 20 minuta između 5 °C i 10 °C. Izvan ovih temperaturnih područja ne smije se obavljati penetrantska kontrola. TPK-ZAVOD

koristi vodom perive ili odstranjivačem uklonjive obojene tekuće penetrante. Prema HRN EN ISO 3452-1 (Tablica 1) to su penetranti tipa II (obojeni), odstranjivač tipa E (voda i otapalo) i razvijatelj tipa E (rastvoren u otapalu).

**Odstranjivanje suviška penetranta s površine** – po isteku vremena penetriranja, sav penetrant se odstranjuje s ispitne površine ili uporabom čiste vode te čišćenjem tkaninom ili brisanjem čistom krpom pa potom navlaženom krpom.

**Nanošenje razvijачa** – razvijatelj treba nanijeti u jednakomjernom sloju pri čemu debljina mora biti optimalna. Vrijeme razvijanja je od 10 do 30 minuta, konkretno u ovom slučaju 20 minuta.

**Promatranje** - ispitnu površinu treba promatrati od samog početka nanošenja razvijачa kada se on suši te do isteka vremena razvijanja kada se vrši konačna ocjena nalaza. Ukoliko su indikacije nejasne, razvijanje se može produžiti.

**Pregled i bilježenje indikacija** – po isteku vremena razvijanja vrši se konačna interpretacija nalaza. Indikacije se dijele na relevantne kao što su pukotine, poroznosti, naljepljivanja i slični diskontinuiteti koji mogu ugroziti izradak ili konstrukciju te na nerelavantne poput otisaka prstiju, indikacija geometrije, itd. Nerelevantne indikacije nije potrebno bilježiti, dok je relevantne potrebno ocijeniti sukladno kriterijima prihvatljivosti. Za promatranje indikacija treba koristiti prijenosnu svjetiljku koja osigurava svjetlost dovoljne jačine za normalno uočavanje penetrantskih indikacija na etalonu osjetljivosti. Kod promatranja i ocjenjivanja penetrantskih indikacija treba koristiti lupu povećanja 3 do 5 puta. Ispitna površina mora se promatrati pod dnevnim ili umjetnim bijelim svjetlom, pri čemu osvjetljenje površine kaoja se ispituje ne smije biti manja od 500 lx. Provjera osvjetljenosti provodi se Lux-metrom.

**Završno čišćenje** – ispitnu površinu nakon ispitivanja potrebno je temeljito očistiti. [10]

U izvještaj se unose samo relevantne indikacije veće od 1,5 mm te se klasificiraju s obzirom na njihov oblik, na okrugle i linearne. Okrugla indikacija je ona koja ima obli ili eliptičan oblik pri čemu je njena duljina manja ili jednaka trostrukoj širini. Linearna indikacija je ona koja ima duljinu veću od trostruke širine.

Ispitna površina mora biti bez:


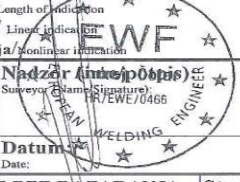
- relativnih linearnih indikacija,
- relativnih okruglih indikacija većih od 5 mm,
- četiri ili više relativnih okruglih indikacija u liniji odvojenih 1,5 mm ili manje.

Neprihvatljive indikacije se moraju ukloniti ili smanjiti na prihvatljive. Kriterij prihvatljivosti treba biti u skladu s normom HRN EN 13480-5, Tablica 17 (Level 1).

Tablica 17. Kriterij prihvatljivosti indikacija [13]

Vrsta indikacije	Kriterij prihvatljivosti		
	Level 1	Level 2	Level 3
Linearna indikacija (l - duljina indikacije)	$l \leq 2$	$l \leq 4$	$l \leq 8$
Nelinearna indikacija (d – dimenzija glavne osi)	$d \leq 4$	$d \leq 6$	$d \leq 8$

Na slici 12 prikazano je izvješće penetrantskog ispitivanja tvrtke TPK-ZAVOD d.d.

 <b>TPK-ZAVOD</b> Slavonska avenija 20 ZAGREB HR V A T S K A		<b>IZVJEŠĆE</b> <b>PENETRANTSKOG ISPITIVANJA</b> REPORT OF LIQUID PENETRANT EXAMINATION			IZVJEŠĆE TPK-ZAVOD BR.: REPORT TPK-ZAVOD No.: IZVJEŠĆE BR./REPORT No.: <b>038-RPT-079-16</b>								
<b>Naručitelj:</b> Customer: <b>MONTER STROJARSKE MONTAŽE d.d. Zagreb</b>		<b>Ugovor br.:</b> Contract No.: -		<b>Objekt:</b> Object: <b>CJEVOVODI SUSTAVA BAKLJE</b>									
<b>Dio objekta:</b> Part of object: <b>ZAVARENI SPOJEVI</b>		<b>Narudžba br.:</b> Order No.:		<b>Ivornički br.:</b> Factory No.: <b>S 2785</b>									
<b>Projekt:</b> Project: <b>6-3-012 STANICE ZA REKUPERACIJU PLINA IZ SUSTAVABAKLJE I REVITALIZACIJA SUSTAVA RAFINERIJSKOG PLINA</b>		<b>Radni nalog:</b> Work order: <b>038 – 16</b>		<b>Korisnik:</b> User: <b>INA d.d. RAFINERIJA NAFTE RIJEKA</b>									
<b>Crtež broj:</b> Drawing No.: <b>DG – 015</b>		<b>Postupak ispitivanja:</b> Examination procedure: <b>PPT-04-E2-16 / Rev. 0</b>		<b>Norma ili standard ispitivanja:</b> Code of examination: <b>HRN EN ISO 3452-1 :2013</b>									
<b>Radna uputa:</b> Working instruction: /		<b>Dnevnik br.:</b> Log book No.: /		<b>Kriterij prihvatljivosti:</b> Acceptability code/standard: <b>HRN EN 13480-5:2012/A1:2012</b> <b>HRN EN ISO 23277 / level 1 :2015</b>									
<b>Opseg ispitivanja:</b> Scope of examination: <b>100 %</b>		<b>Vrijeme ispitivanja:</b> Time of examination: <b>NAKON ZAVARIVANJA</b>		<b>Ispitani dio:</b> Part of examination: <b>ZAVARENI SPOJ</b>									
<b>Stanje površine:</b> Surface condition: <b>ČETKANO</b>		<b>Temperatura ispitivanja:</b> Temperature of examination: <b>10</b> [°C]		<b>Penetrant:</b> Liquid penetrant: <b>Tip/Boja: II-RED</b> <b>Oznaka: Helling – U 88</b> <b>Sign: Kontrastrot</b> <b>Proizvođač/šarža: Helling – R27479</b>									
<b>Čistač:</b> Cleaner: <b>Tip: E</b> <b>Oznaka: Helling – U 87</b> <b>Sign: Reiniger</b> <b>Proizvođač/šarža: Helling – R29636</b>		<b>Razvijlač:</b> Developer: <b>Tip: e</b> <b>Oznaka: Helling – U 89</b> <b>Sign: Entwickler</b> <b>Proizvođač/šarža: Helling – R28010</b>		<b>Nanošenje penetranta:</b> Penetrant build-up application: <b>KISTOM/WITH BRUSH</b>									
<b>Nanošenje čistača/ odstranjivača:</b> Cleaner build-up application: <b>KRPOM/ WITH CLOTH</b>		<b>Nanošenje razvijlača:</b> Developer build-up application: <b>PRSKANJEM/SPRAYING</b>		<b>Vrijeme prodiranja [min]:</b> Penetration time [min]: <b>15</b>									
<b>Vrijeme sušenja [min]:</b> Drying time [min]: <b>10</b>		<b>Vrijeme razvijanja [min]:</b> Developing time [min]: <b>10</b>		<b>Oprema za osvjetljenje:</b> Lighting equipment: <b>DAILY LIGHT/LAMP 100W</b>									
<b>Intenzitet rasvjete:</b> Light intensity: <b>&gt; 500 lx</b>		<b>Osjetljivost:</b> Test block: <b>PPS-04-04-E/Rev.01</b>		<b>Granica registriranja:</b> Registration limit: <b>l≥2; d≥4</b>									
<b>Zavar; Osn. materijal / Weld; Base material</b>				<b>Nalaz / Finding of examination</b>									
Oznaka Sign	Dimenzije Dimensions [mm]	Pozicija Position	Ozn. zav. Welder stamp	Gr. br. Def. No.	Položaj / Location			Klasifikacija indikacija Classification of indications		Δl/ΔØ [mm]	Nalaz Evaluation of finding		Napomena Remark
					X/N [mm]	YL [mm]	YD [mm]	l	d		A	NA	
1 M	Ø 60,3 x 5,54	DG-015	K.V.								X		06.02.17
16 M	Ø 60,3 x 5,54	DG-015	L.J.								X		06.02.17
22 M	Ø 60,3 x 5,54	DG-015	L.J.								X		06.02.17
36 M	Ø 60,3 x 5,54	DG-015	K.V.								X		06.02.17
<b>Napomena / Remark:</b>													
<b>Simboli / Symbols:</b> X/N - Udaljenost od referentne točke / Distance from referent point YL - Udaljenost od simetrale zavara lijevo / Distance from centerline of weld - left YD - Udaljenost od simetrale zavara desno / Distance from centerline of weld - right A - Prihvatljivo / Acceptable NA - Nije prihvatljivo / Not acceptable R - Oznaka "nakon popravka" / Sign for "After Repairation" l - Linearna indikacija / Linear indication d - Nelinearna indikacija / Nonlinear indication													
<b>Ispitao (ime/potpis/nivo):</b> Examined (Name/Signature/Level): <b>M. Pavlek PT2 ; I. Jelić</b>				<b>Odobrio (ime/potpis/nivo):</b> Approved (Name/Signature/Level): <b>Verica Terek, dipl.ing. PT3</b>				<b>Nadzor (ime/potpis):</b> Supervisor (Name/Signature): <b>R. EWE/0466</b>				17025-HAA 	
<b>Datum:</b> Date: <b>06.02.2017.</b>				<b>Datum:</b> Date: <b>13.03.2017.</b>				<b>Datum:</b> Date:					
<b>Obrazac:</b> Form: <b>RPT1-04-AE3</b>				<b>LABORATORIJ ZA ISPITIVANJE BEZ RAZARANJA</b> LABORATORY FOR NONDESTRUCTIVE TESTING				<b>Strana:</b> Page: <b>1</b> <b>od:</b> <b>1</b>					

Umnožavanje ili distribuiranje ovog dokumenta nije dozvoljeno! / Changing and copying of this document without authorization is not approved!

Slika 12. Izvješće penetrantskog ispitivanja [10]

### 4.7.3 Magnetska kontrola

Svrha ove procedure je definiranje uvjeta i koraka kod ispitivanja suhim ili suspendiranim, obojanim ili fluorescentnim magnetskim česticama zavarenih spojeva na kojima se otkrivaju diskontinuiteti otvoreni na površinu upotrebom magnetnog jarma. Ovom metodom će se otkrivati diskontinuiteti poput pukotina, poroznosti, naljepljivanja i slično na feromagnetskim materijalima.

Za ispitivanje prema ovom postupku mogu se koristiti magnetski jarmovi istosmjerne ili izmjenične struje te permanentni magnetski jarmovi. Magnetske čestice koje se upotrebljavaju pri ispitivanju mogu biti suhe (u prahu) ili suspendirane u uljnim suspenzijama ili vodi. Za suspendirane čestice u vodi temperatura površine ne bi smjela prelaziti 57°C, a suhe čestice je moguće upotrebljavati do 300°C.

Prije upotrebe potrebno je provjeriti silu magnetizacije jarmova pri maksimalnom razmaku polova koja će se upotrebljavati. Jarmovi za izmjeničnu struju moraju ostvariti silu za podizanje tereta od 4,5 kg, dok jarmovi za istosmjernu struju i permanentni jarmovi moraju ostvariti silu za podizanje tereta od 18 kg.

Ispitna površina mora biti osvijetljena bijelom svjetlom minimalnog intenziteta 1000 lx pri korištenju obojenih čestica, a pri upotrebi fluorescentnih čestica površina treba biti zatamnjena i ozračena UV svjetlom minimalnog intenziteta 1000  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ .

#### Slijed ispitivanja:

**Priprema površine** – ukoliko je potrebno, površinu je moguće pripremiti brušenjem i četkanjem.

**Magnetizacija** – zavar i zonu utjecaja topline je potrebno magnetizirati u najmanje dva međusobno okomita smjera.

**Nanošenje čestica** – čestice je potrebno nanositi na cijelu ispitnu površinu za vrijeme magnetizacije. Po prestanku nanošenja čestica, potrebno je nastaviti magnetizaciju još barem dvije sekunde kako se eventualne indikacije ne bi izbrisale zbog ocjeđivanja suspenzije.

**Interpretacija rezultata** – pri interpretaciji je potrebno imati na umu da je područje oko polova magneta od 25 mm premagnetizirano te se u tom području indikacije ne smiju interpretirati. Indikacije se, poput onih kod penetrantske kontrole, dijele na relevantne i nerelevantne te se samo relevantne indikacije ocjenjuju sukladno kriterijima prihvatljivosti.

**Završno čišćenje i demagnetizacija** – ispitnu površinu po završetku ispitivanja potrebno je očistiti od suspenzije i čestica te zaštititi od korozije. Ukoliko ispitni dio ide na daljnju operaciju zavarivanjem potrebno je provjeriti da li je prisutan zaostali magnetizam te izvršiti demagnetizaciju. [10]

Kriterij prihvatljivosti indikacija jednak je onome kod penetrantske kontrole (tablica 16).

Izvješće provedenog magnetskog ispitivanja prikazano je na slici 13.

TPK-ZAVOD Slavonska avenija 20 ZAGREB HR V A T S K A		IZVJEŠĆE MAGNETSKOG ISPITIVANJA REPORT OF MAGNETIC PARTICLE EXAMINATION			IZVJEŠĆE TPK-ZAVOD BR.: REPORT TPK-ZAVOD No.:								
					IZVJEŠĆE BR./REPORT No.: 38-RMT-018-16								
Naručilac: Customer:	MONTER - STROJARSKE MONTAŽE d.d., Ul. Velimira Škorpita 28, 10000 Zagreb			Radni ulog: Work order:	38 - 16								
Objekt: Object:	JEDINICA ZA REKUPERACIJU PLINA BAKLJI			Narudžba br.: Contract/Order No.:	6407 MP od 31.03.2016.								
Dio objekta: Part of object:	OSLONCI CIJEVI SKLOP POZ. OC-S5			Tvornički br.: Factory No.:	/								
Projekt: Project:	IZGRADNJA JEDINICE ZA REKUPERACIJU PLINA BAKLJI U RAFINERJI NAFTE RIJEKA			Crtež broj: Drawing No.:	DG-411								
Korisnik: User:	INA INDUSTRIJA NAFTE d.d., Av. Velebita Koljevića 10, 10000 Zagreb			Mjesto ispit.: Place of examination:	Teren / On site								
Postupak ispitivanja: Examination procedure:	PMT-03-E / Rev.05		Norma ispitivanja: Code of examination:	HRN EN ISO 17638:2010									
Opseg ispitivanja: Scope of examination:	5 %		Razina kvalitete zavarar: Quality level of welder:	HRN EN1090-2:2012(ENXC3) HRN EN ISO 5817:2014(B)									
Vrijeme ispitivanja: Time of examination:	Nakon zavarivanja After welding		Kriterij prihvatljivosti: Acceptability criteria/code:	HRN EN ISO 13278:2015(2X)									
Radna uputa: Work instruction:	/		Duevak br.: Logbook No.:	/									
Ispitani dio: Part of examination:	Katali završeni spoji Fillet weld		Materijal: Material:	S235JR									
Tehnika ispitivanja: Inspection technique:	KONTRASTNA		Stanje površine: Surface condition:	ČETKANO-ODMAŠČENO (NR.107)									
Tehnika magnetiziranja: Magnetization technique:	MAGNETNI JARAM		Dozvoljena debljina premaza: Allowable coating thickness:	<50µm									
Struja magnetiziranja: Magnetization current:	IZMJENIČNAJAC		Oprema za ispit. proizvođač/ser. broj: Magnetization equipment - manufacturer/ser. No.:	Razmak polova [mm]: Pole/rod distance [mm]:	170								
Napon [V]: Voltage [V]:	42		TIEDE TWM 42/ 0137690	Test podizanja [kg]: Lift test [kg]:	≥ 4,5								
Jakost struje [A]: Current rating [A]:	12		Jakost magnetskog polja [kA/m]: Strength of magnetic field [kA/m]:	Vrijeme magnetiziranja [s]: Magnetization time [s]:	> 5								
Magnetske čestice - proizvođač: Magnetic particle - manufacturer:	HELLING		Tip/vrsta magnet. čestica/čest.:	Vel. čestica [µm]: Magnetic particle size [µm]:	Temeljan boja: Paint primer: 2 Nr.104A/S								
Oprema za osvjetljenje - proizvođač: Illumination equipment - manufacturer:	LAMPA 100W		Jačina UV osvjetljenja [µW/cm²]: Intensity of UV illumination [µW/cm²]:	Osvjetljenje [lx]: Illumination [lx]: /									
Indikator magnetskog polja: Magnetic field indicator:	BERTHOLD		Korak magnetiziranja: Step of magnetization:	Granica registriranja [mm]: Registration limit [mm]: /									
Zavar; Osn. materijal / Weld; Base material			Nalaz / Finding of examination										
Oznaka Slip	Dimenzije Dimensions [mm]	Pozicija Position	Ozn. zav. welder stamp	Gr. br. Def. No.	Položaj / Location			Klasifikacija indikacija Classification of indication		Δl [mm]	Nalaz Evaluation of finding		Napomena Remark
					X/N [mm]	YL [mm]	YD [mm]	l	d		A	NA	
1	204x115,25x10	DG-411	/								X		
17	Ø219,1x10	DG-411	/								X		
24	Ø219,1x10	DG-411	/								X		
26	HE 100 B	DG-411	/								X		
Napomena / Remark:													
Simboli / Symbols:				X/N - Udaljenost od referentne točke / Distance from reference point YL - Udaljenost od simetrične završne lijeve / Distance from symmetrical line of weld - left YD - Udaljenost od simetrične završne desne / Distance from symmetrical line of weld - right l - Duljina indikacije / Length of indication d - Nepravilna indikacija / Non-linear indication l - Linearna indikacija / Linear indication									
Espitao (ime/potpis/stupanj): Examiner (Name/signature/level):			Odobrio (ime/potpis/stupanj): Approved (Name/signature/level):			Nadzor (ime/potpis): Supervisor (Name/signature):			17020-HAA EWI				
D. Copak, MT2			V. Terak dipl. ing., MT3			[Signature]			[Stamp]				
Datum: Date:			Datum: Date:			Datum: Date:							
26.09.2016.			11.10.2016.										
Obrazac: Form:			RMT1-03-AE4 LABORATORIJ ZA ISPITIVANJE BEZ RAZARANJA LABORATORY FOR NONDESTRUCTIVE TESTING						Strana Page: 1 od of 1				

Rezultati ispitivanja relevantni su samo za ispitane uzorke / predmete. Uvođenje je dozvoljeno jedino u slučaju, djelomično usklađivanje je zabranjeno.  
Test results are only valid for the items tested. Reproduction is approved only in full version, partially reproduction is prohibited.

Slika 13. Izvješće magnetskog ispitivanja [10]

#### **7.6.4 Radiografska metoda**

U tvrtci TPK-ZAVOD d.d. također se provodi i radiografsko ispitivanje za čiju je provedbu odgovoran voditelj laboratorija. NDT laboranti 1. stupnja odgovorni su za provođenje ispitivanja, a za ocjenu nalaza i izradu izvješća odgovorni su 2. i 3. stupanj koji su kvalificirani i certificirani prema HRN EN ISO 9712.

Za potrebe radiografskog ispitivanja u skladu sa HRN EN ISO 17636-1 koristit će se sljedeća oprema:

- Mobilni uređaj: GAMMAVOLT SU50 NUCLEAR GmbH – minimalna debljina za čelik je 19 mm.
- Mobilni uređaj: GAMMAVOLT SU50 N – minimalna debljina za čelik je 10 mm.

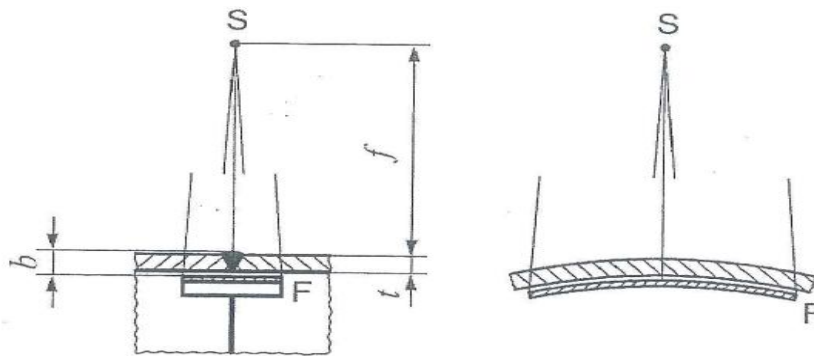
Laboratorij za NDT će koristiti filmove u skladu s HRN EN ISO 11699-1. Pregled i ocjena radiograma provodi se u iluminatoru, koji omogućuje pregled filmova sa zacrnjenjem do  $D= 4.0$  u skladu s HRN EN 25580. Mjerenje zacrnjenja na filmu obavlja se denzitometrom (provjera denzitometra radi se u skladu s HRN EN ISO 11699-2). [10]



### Provedba ispitivanja

**Stanje površine** – zavar i osnovni materijal uz zavar (min. 25 mm) mora biti očišćen od masnoća, prljavštine, okujine i špricanja uslijed električnog luka. Ukoliko je potrebno, prije snimanja ispitivanu površinu treba obrusiti ili pjeskariti te vizualno provjeriti.

**Snimanje filma** - korištena tehnika snimanja je tehnika jednostruke stijenke (slika 14), a kada tu tehniku nije moguće koristiti, koristi se tehnika dvostruke stijenke (HRN EN ISO 17636-1).



Slika 14. Tehnika jednostruke stijenke [10]

**Kemijska obrada filma** – zadatak kemijske obrade je pretvorba latentne slike u stalnu sliku snimljenog objekta. Osnovni koraci u postupku kemijske obrade filma su:

- Razvijanje (5 – 7 min)
- Prekidanje razvijanja (obična voda, 2 minute)
- Fiksiranje
- Ispiranje filma (stajaća voda)
- Sušenje (na zraku)

**Ocjena kvalitete radiograma** – pomoću žičanih indikatora kvalitete snimke (IKR) (postavlja se na zavar tako da žice stoje okomito na zavar u skladu s HRN EN ISO 19232-1)

**Procjena indikacija** – interpretacija radiograma obuhvaća sljedeće:

- Pregled filma (čistoća i oštećenost) te potrebne identifikacijske oznake,
- Procjena prihvatljivosti utvrđenih indikacija,
- Mjerenje zacrnjenja na mjestu IKR-a,
- Određivanje vidljive žice,

- Utvrđivanje i identifikacija grešaka u zavarenom spoju. [10]



Zacrnenje se očitava na filmu na mjestu zavara sa zahtjevanom vidljivom žicom. Granice zacrnjenja prikazane su u tablici 18, ISO 17636, a za odabranu klasu B (zbog veće osjetljivosti u odnosu na klasu A) zacrnjenje treba biti  $\geq 2,3$ .

Tablica 18. Granice zacrnjenja obzirom na izabranu klasu [14]

Klasa	Minimalno zacrnjenje
A	2,0
B	2,3

Kriterij prihvatljivosti treba biti sukladan zahtjevima norme HRN EN 13480-5, Tablica 16 (Level 2).

Izvešće provedenog radiografskog ispitivanja prikazano je na slici 15 i 16.

TPK-ZAVOD Slavonska avenija 20 ZAGREB HR V A T S K A		IZVJEŠĆE RADIOGRAFSKOG ISPITIVANJA REPORT OF RADIOGRAPHIC EXAMINATION				IZVJEŠĆE TPK-ZAVOD BR.: REPORT TPK-ZAVOD No.:					
						IZVJEŠĆE BR./REPORT No.:					
						38-RRT-007-16					
Naručitelj: Customer:		MONTER - STROJARSKE MONTAŽE d.d., Ul. Velimira Škorpika 28, 10000 Zagreb			Radni nalog: Work order:						
Objekt: Object:		JEDINICA ZA REKUPERACIJU PLINA BAKLJI			Naružba br.: Contract/Order No.:						
Dio objekta: Part of object:		CJEVOVOD - IZOMETRIJA LINIJE: 320-12"-BD-203-A01G25A			Tvornički br.: Factory No.:						
Projekt: Project:		IZGRADNJA JEDINICE ZA REKUPERACIJU PLINA BAKLJI U RAFINERIJU NAFTE RIJEKA			Crtež broj: Drawing No.:						
Korisnik: User:		INA INDUSTRIJA NAFTE d.d., Av. Većeslava Holjevca 10, 10000 Zagreb			Mjesto ispit.: Place of examination:						
Postupak ispitivanja: Examination procedure:		PRT-01-E / Rev.2			Norma ispitivanja: Code of examination:						
Opseg ispitivanja: Scope of examination:		10 %			Razina kvalitete zavara: Quality level of welds:						
Vrijeme ispitivanja: Time of examination:		NAKON ZAVARIVANJA AFTER WELDING			Kriterij prihvatljivosti: Acceptability code/standard:						
Radna uputa: Work instruction:		/			Dnevnik br.: Logbook No.:						
Način ispit.: Test type:	Način spajanja: Weld joint:	Oblik spoja: Weld shape:	Dimenzija: [mm] Dimension:	Postupak zavarivanja: Welding process:	Materijal: Material:	Stanje površine: Surface condition:					
1	BW	V	Ø323,9 x 9,53	141	ASTM A106 Gr.B	ZAVARENO/welded					
2											
3											
4											
Klasa ispitivanja Examination class:	Tehnika ispitivanja: Exposure arrangement:	Broj eksp. po zavaru: No. exp. per weld:	Br. filmova po eksp.: No. films per exp.:	Indik. kvalit. radiograma: (IKR) IQI - type:	Stupanj kvalitete radiograma: (SKR) Wire No.:	Položaj IKR-a: IQI - position:	Začrtnjenje: Density:				
1	B	Fig.5	1	3	W10 FE EN	W 15	NA STR.FILMA/FILM SIDE				
2							≥ 2,3				
3											
4											
Klasa filma: Film class:	Oznaka filma: Film sign.:	Film / Film Proizvođač Producer	Šarža Batch	Dimenzije filma: [mm] Film dimensions:	Prednja folija: [mm] Front screen/thick.:	Stražnja folija: [mm] Back screen/thick.:	Način razvijanja: Film developing type:				
1	C4	D5	AGFA 5850030	100x480	Pb 0,027	Pb 0,027	RUČNO/MANUAL				
2											
3											
4											
Izvor ionizir. zračenja Radiation source (X / γ - zrake / ray)	Veličina izvora: [mm] Source size:	Napon: [kV] Tube voltage:	Struja: [mA] Tube current:	Aktivnost: [GBq] Activity:	Vrijeme ekspozicije: [min] Exposition time:	Izvor-objekt udalj.: [mm] Source-object dist.:	Objekt-film udalj.: [mm] Object-film. dist.:				
1	Ir192/88.1748	NUCLEAR	2x2,97	/	/	758	0,5	161,95	9,53		
2											
3											
4											
Napomena: Remark:											
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>TPK-ZAVOD Slavonska avenija 20 ZAGREB</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>EWF ANDREJ ČOTAR WELDING ENGINEER</p> </div> </div>											
Ispitao (ime/potpis/stupanj): Examined (Name/Signature/Level):		D. Copak, RT2 / N. Večerić, RT2		Odobrio (ime/potpis/stupanj): Approved (Name/Signature/Level):		V. Terek, dipl.ing., RT3		Nadzor (ime/potpis/stupanj): Surveyor (Name/Signature):		17025-HAA	
Datum: Date:		03.10.2016.		Datum: Date:		11.10.2016.		Datum: Date:			
Obrazac: Form:		RRT1-01-AE3		LABORATORIJ ZA ISPITIVANJE BEZ RAZARANJA LABORATORY FOR NONDESTRUCTIVE TESTING				Strana: Page:		1 od 2	

Rezultati ispitivanja odnose se samo na ispitane uzorke / predmete. Umnožavanje je dozvoljeno jedino u cijelosti, djelomično umnožavanje je zabranjeno.  
Test results relate only to the items tested. Reproduction is approved only in full version, partially, reproduction is prohibited.

Slika 15. Izvješće radiografskog ispitivanja (str. 1/2) [10]



## 4.7 Antikorozivni sustav

Na građevini će se primijeniti sustav zaštite od korozije prema HRN EN ISO 12944-5 (Boje i lakovi - Zaštita od korozije čeličnih konstrukcija zaštitnim sustavima boja - 5. dio: Zaštitni sustavi boja). Korozivnost okoliša određuje se prema kategorijama prikazanim u tablici 19.

Tablica 19. Kategorije korozivnosti okoliša [15]

Kategorija korozivnosti	Vanjski okoliš
C1 Jako niska	-
C2 Niska	Lagano onečišćena atmosfera, uglavnom ruralna područja
C3 Srednja	Industrijska i urbana atmosfera s prosječnom razinom onečišćenja sumpornim oksidom (IV). Priobalna područja niskog saliniteta.
C4 Visoka	Industrijska i priobalna područja srednjeg saliniteta
C5-I Jako visoka (industrija)	Industrijska područja s vrlo visokom vlažnošću i agresivnom atmosferom
C5-M Jako visoka (morski okoliš)	Industrijska područja s vrlo visokom vlažnošću i agresivnom atmosferom

### 4.6.1 Priprema cjevovoda za AKZ

Prije nanošenja sustava antikorozivne zaštite, cjevovode je potrebno očistiti pjeskarenjem na zahtjevani stupanj čistoće.

Određivanje stupnja čistoće površine ovisi o:

- vrsti i stanju metalne površine,
- sredstvu za premaz,
- uvjetima eksploatacije. [15]

Prije postupka pjeskarenja sa površine se moraju ukloniti sva ulja i masti pomoću prikladnog otapala. Praksa je pokazala da pjeskarenjem nije u svakom slučaju potrebno ukloniti hrđu i okujinu do stupnja Sa 3 (tablica 20), već je dovoljno izvršiti čišćenje do stupnja Sa 2 ½ koji zadovoljava za mnoge vrste premaza, koji se koriste za zaštitu od korozije. [10]

Tablica 20. Standardni stupnjevi primarne pripreme površine metodom abrazivnog čišćenja [15]

<b>Sa 3</b>	<p><b>Čišćenje mlazom abraziva do vizualno čistog čelika</b></p> <p>Prilikom pregleda bez uporabe povećala, na površini ne smije biti vidljivog prisustva ulja, masnoća, onečišćenja, okujine, hrđe, premaza i stranih tijela. Površina mora imati ujednačenu metalnu boju.</p>
<b>Sa 2 ½</b>	<p><b>Vrlo temeljito čišćenje mlazom abraziva</b></p> <p>Prilikom pregleda bez uporabe povećala, na površini ne smije biti vidljivog prisustva ulja, masnoća, onečišćenja, okujine, hrđe, premaza i stranih tijela. Bilo koji otisci onečišćenja smiju biti prisutni samo u vidu laganih mrlja nalik na točkice ili pruge.</p>
<b>Sa 2</b>	<p><b>Temeljito čišćenje mlazom abraziva</b></p> <p>Prilikom pregleda bez uporabe povećala, na površini ne smije biti vidljivog prisustva ulja, masnoća, onečišćenja, okujine, hrđe, premaza i stranih tijela. Bilo koji ostaci onečišćenja moraju dobro prijanjati. Okujina, hrđa ili premaz smatraju se slabo prijanjajućim ukoliko ih je moguće odstraniti podizanjem pomoću tupe špatule.</p>
<b>Sa 1</b>	<p><b>Lagano čišćenje mlazom abraziva</b></p> <p>Prilikom pregleda bez uporabe povećala, na površini ne smije biti vidljivog prisustva ulja, masnoća, onečišćenja, okujine, hrđe, premaza i stranih tijela.</p>

Vijek trajanja sustava premaza je pretpostavljeni vremenski protok od trenutka prvog nanošenja do prvog održavanja. HRN EN ISO 12944 specificira tri vremenska okvira koji kategoriziraju trajnost:

- NIZAK – L (trajnost 2 do 5 godina),
- SREDNJI – M (trajnost 5 do 15 godina),
- VISOK – H (trajnost više od 15 godina). [15]

#### 4.6.1 Izvedba premaza

Prije nanošenja premaza površine je potrebno odmastiti brisanjem čistim krpama ili četkama natopljenim propisanim organskim rastvaračima. Antikorozivna zaštita se ne smije izvoditi ako je temperatura okoline manja od 10 °C te relativna vlažnost veće od 85%. Nanošenje temeljnog sloja se mora provesti odmah nakon postupka pjeskarenja. [10]

Kao antikorozivna zaštita primjenit će se sustav zaštite bojom prema zahtjevima prikazanim u tablici 21.

Tablica 21. Sustav antikorozivne zaštite [10]

	Izolirani dio	Neizolirani dio
<b>Priprema površine HRN EN ISO 8501</b>	Čišćenje površine izvesti pjeskarenjem do stupnja Sa 2,5	
<b>Temeljni premaz</b>	1x80 μm dvokomponentni cink-silikatni premaz (HEMPEL, GALVOSIL 15700)	1x80 μm epoksi poliuretanski premaz bogat cinkom (HEMPEL, HEMPADUR 15570)
<b>Međusloj</b>	-	2x60 μm HEMPEL, HEMPADUR MASTIC 45580
<b>Završni premaz</b>	,-	1x80 μm epoksi poliuretanski premaz (HEMPEL, HEMPADUR 55210)

AKZ – izolirani dio - ukupna debljina suhog premaza 80  $\mu\text{m}$ .

AKZ – neizolirani dio – ukupna debljina suhog premaza 200  $\mu\text{m}$  (temeljni + završni premaz).

Svaki od korištenih premaza treba imati uvjerenje o kvaliteti kojim se garantira njihova kvaliteta i trajnost.

#### *4.6.1.1 Temeljni premaz*

Svi temeljni premazi, radionički i na radilištu, nanose se kistom, ako nije drugačije specificirano. Antikorozivno zaštitno djelovanje temeljnog premaza traje 6 – 12 mjeseci, što ovisi o atmosferskim uvjetima prije montaže te o vrsti pigmenta i smole iz koje su premazi proizvedeni. Radionički premaz treba biti kompatibilan sa slijedećim predviđenim premazima, koji se nanose na gradilištu nakon montaže. Pigmenti, olovni ORTOPLUMBAT i cinkov Zn-KROMAT u temeljnoj boji, imaju funkciju inhibitora korozije. Cink u prahu kao pigment u temeljnim premazima djeluje kao katodna zaštita. Debljina sloja svakog premaza mjeri se odgovarajućim mjeračima debljine sloja (Elcometar ili sl.). [10]

#### *4.6.1.2 Pokrivni premazi*

Pokrivni premazi se nanose na temeljni premaz u određenom broju slojeva što ovisi o sustavu zaštite od korozije. Kod opisa svakog sustava zaštite od korozije opisan je pokrivni premaz. [10]

Izvještaj o kontroli AKZa je prikazan na slici 17.



MONTER ISTOUPNIJE MONTERE DO.		IZVJEŠTAJ O KONTROLI ANTIKOROZIVNE ZAŠTITE REPORT ABOUT THE CONTROL OF CORROSION PROTECTION		Dokument br. DG-2785 Document no.		Rev. 1	
Inventor/Client: <b>INA D.D. Zagreb</b>		Nadac/Contractor:		Narudžba/Order: <b>S-2785</b>		Lokacija/Location: <b>RADIONICA MSM</b>	
Projekt: Projekt: <b>Jedinica za rekuperaciju plina (FGRS) u RNR</b>				Datum: Date:		Str. n. Page: <b>1</b>	
BNR		IZOMETRIJA LINIJE: <b>320-10"-BD-202-A01G25A</b>				VANJSKI PREMAZ	
Crtač br./Drawing no. <b>DG-010</b>		List br.: 1,2,3,4,5					
Datum: Date: <b>29.09.2016.</b>		Vrijeme: Time: <b>14:30</b>		Datum: Date: <b>29.09.2016.</b>		Vrijeme: Time: <b>14:30</b>	
A. ELCOMETER MODEL T456F1S - ZA ISPITIVANJE DEBLJINE PREMAZA							
PODZASTAVAK ZA IZVJEŠTAJ O KONTROLI ANTIKOROZIVNE ZAŠTITE							
Kontrola Control	Nagovjesta/premaza Preparation/Coating	Mjerni postupak Measurement method	Mjerenje debljine Thickness measurement		Usporedna kontrola Comparative control		Napomena Remarks
			Usporedna kontrola Comparative control	Usporedna kontrola Comparative control	Usporedna kontrola Comparative control	Usporedna kontrola Comparative control	
Priprema površine (vizualna kontrola) Surface preparation (visual control)	C4-S4.12; ISO 12944-5	Sa 2,5					
Temeljni premaz (mikroni) Base coat (microns)	HEMPADUR 15570	80 µm	> 80 µm	OK			
Međupremaz (mikroni) Middle coat (microns)	HEMPADUR MASTIC 45880	120 µm	> 120 µm	OK			
Završni premaz (mikroni) Last coat (microns)	HEMPATHANE TOPCOAT 55210 RAL9010 (bijela)	80 µm	> 80 µm	OK			
Ukupna debljina premaza (mikroni) Total coat thickness (microns)		280 µm	> 280 µm	OK			
Vizualna ocjena Visual grade		Odsutost rupa, rubeza, kratera, zrnačak mjehova, pukotina/ absence of holes, craters, bubbles, cracks		OK			Ujednačen sloj/Equalized film
Napomena/Remark:							
Pripremio/Prepared:		Odobrio/Approved of:		Nadac/Superior:			
Mladen Horvatin		Darko Čubravic		GLOBINA OŠEĆANJE STRAJANJE			
Datum/Date:		Datum/Date:		Datum/Date:			
29.09.2016.		29.09.2016.		25.09.2016.			
Potpis/Signature:		Potpis/Signature:		Potpis/Signature:			

Slika 17. Izvještaj o kontroli antikorozivne zaštite [10]

## 4.8 Završno ocjenjivanje

Prema Pravilniku o tlačnoj opremi tlačna se oprema mora podvrgnuti završnom ocjenjivanju i to:

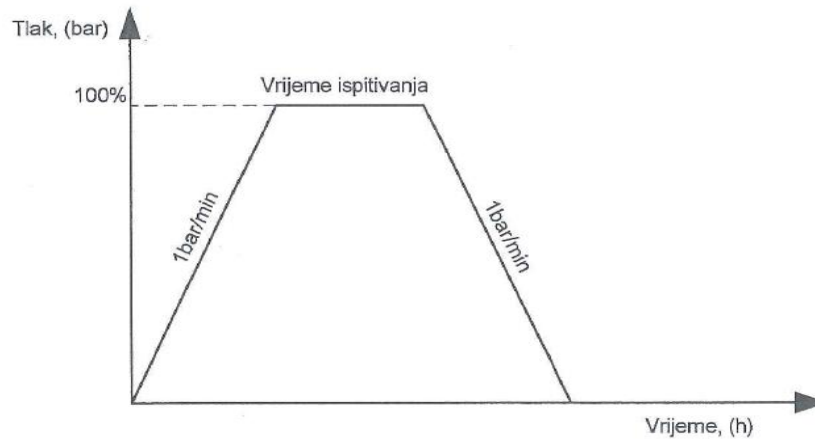
- **Završna inspekcija**

Tlačna oprema mora proći završnu inspekciju kojom se vizualno, te provjerama pratećih dokumenata, ocjenjuje njezina sukladnost sa zahtjevima ovoga Pravilnika. Mogu se uzeti u obzir ispitivanja provedena za vrijeme proizvodnje. Dok god je to potrebno iz sigurnosnih razloga završna se inspekcija može provesti na vanjskoj i unutarnjoj strani svakog dijela opreme, a prema potrebi i za vrijeme proizvodnje (npr. kada to više nije moguće izvršiti za vrijeme završne inspekcije). [2]

- **Tlačna proba**

Prema Pravilniku o tlačnoj opremi završno ocjenjivanje tlačne opreme mora uključivati ispitivanje otpornosti na tlak, ova tehnologija se odnosi na ispitivanje na čvrstoću. [2]

Prije provedbe tlačne probe potrebno je provjeriti da li su svi spojevi izrađeni pravilno. Od nadzornog inženjera je potrebno dobiti ovlaštenje za početak ispitivanja. Tlačna proba provodit će se na način da se povisi tlak 1 bar/min dok se ne dosegne ispitni tlak propisan projektom za cijeli cjevovod. Postignuti ispitni tlak potrebno je održati dok se ne pregledaju svi spojevi, a minimalno 1 sat. Nakon toga tlak je potrebno smanjivati 1 bar/min (slika 18). [10]



Slika 18. Tijek tlačne probe [10]

Mjerenje se obavlja korištenjem dva manometra (ispitnim i kontrolnim) odgovarajućeg mjernog područja i podjele mjerne skale. Manometri moraju imati pravovaljano izvješće o ispitivanju izdano od ovlaštene institucije. Smatra se da je ispitivanje na čvrstoću uspješno ako se ustanovi da nema propuštanja na spojevima te ako nema pada tlaka na ispitnom i kontrolnom manometru. Uspješnost ispitivanja potvrđuje se zapisnikom o izvršenom ispitivanju. [10]

- **Kontrola sigurnosnih uređaja**

Kod sklopova, završno ocjenjivanje mora također uključivati provjeru sigurnosnih uređaja čija je namjena utvrditi potpunu sukladnost sustava. [2]

#### 4.9 Analiza rizika

Kritične aktivnosti u sustavu potrebno je predvidjeti prije početka projektiranja cjevovoda te napraviti analizu rizika kako bi se upozorilo na eventualnu opasnost te usmjeriti kako tu opasnost izbjeći. U tablici 22 prikazana je analiza rizika za izgradnju tlačne opreme (cjevovoda) u rafineriji Rijeka.

Tablica 22. Analiza rizika [10]

Br.	Uzrok opasnosti	Posljedica	Opasnost	Rješenje problema
1	<b>Prekoračenje unutrašnjeg projektnog tlaka</b>	- nenormalne promjene oblika  - izazvana naprezanja prelaze maksimalna dopuštena naprezanja	- slom materijala  - slom opreme	- kod projektiranja uzeti su u obzir svi zahtjevi propisa i liste podataka  - instaliranje sigurnosne opreme
2	<b>Prekoračenje maksimalne ili minimalne temperature u cjevovodu</b>	- moguće puzanje materijala  - slom materijala kod previsokih/preniskih temperatura	- trajne deformacije tlačnih dijelova  - slom materijala	- odabran odgovarajući materijal obzirom na temperaturu stijenke cjevovoda  - instaliranje sigurnosne opreme
3	<b>Osjetljivost na krti lom</b>	- uzrokuje stvaranje pukotina	- slom zavarenih spojeva i materijala	- odabir materijala obzirom na mehaničke karakteristike, kemijsku otpornost i starenje
4	<b>Tlak visine stupca medija kod radnih i ispitnih uvjeta</b>	- uzrokuje povećanje projektnog tlaka na tlačnim dijelovima	- nedovoljna debljina  - moguće deformacije tlačnih dijelova	- u proračunu uzete vrijednosti povećanj tlaka koje su dodane na projektni tlak

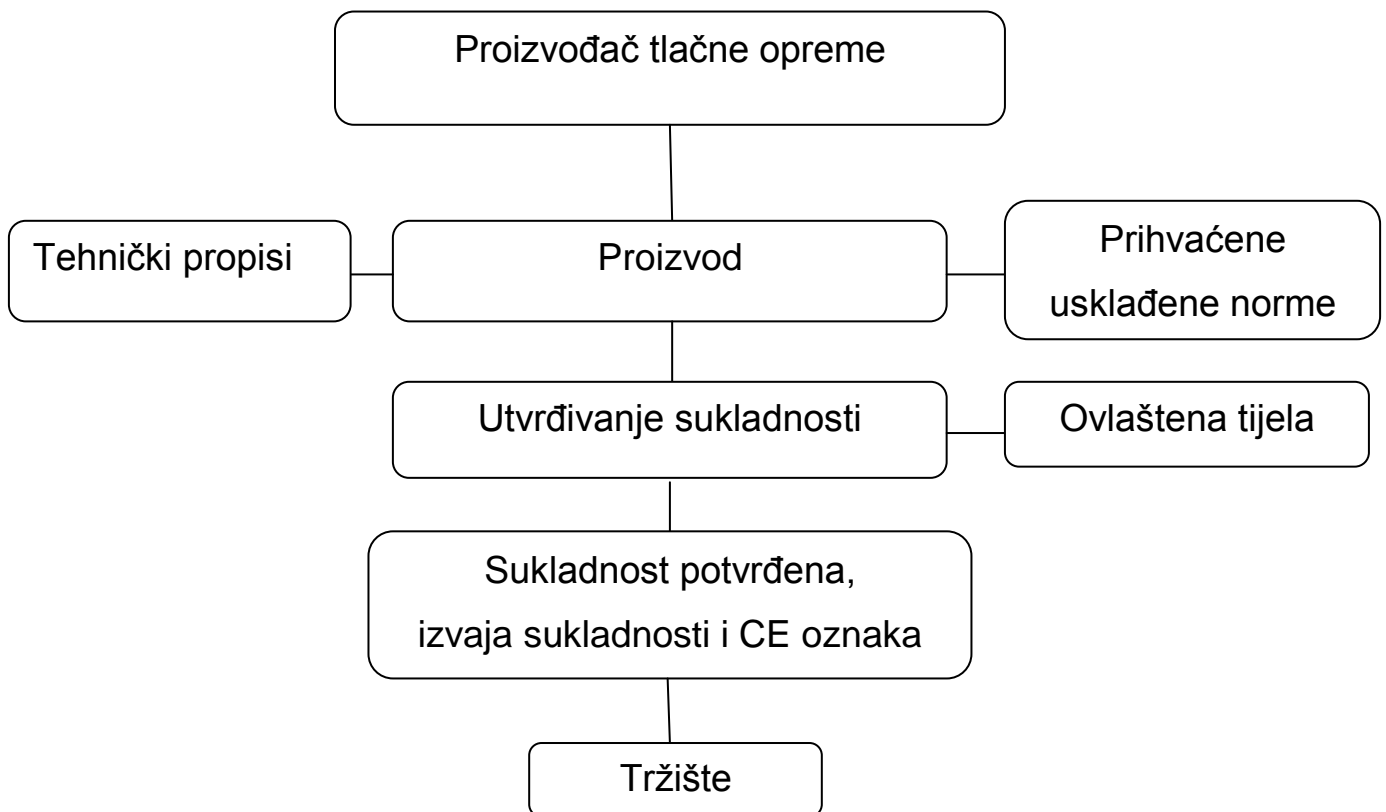
5	<b>Varijabilnost opterećenja</b>	- uzrokuje povećanje projektnog tlaka na tlačnim dijelovima	- nestabilnost cjevovoda  - moguće deformacije cjevovoda	- kod projektiranja uzeta u obzir sva varijabilna opterećenja
6	<b>Dinamički tlak fluida</b>	- izaziva moguće oscilacija, vibracije i poremećaj gibanja	- oštećenje cjevovoda i konstrukcije	- analizom naprezanja spriječeno prekoračenje maks. dopuštenih sila, momenata i pomaka
7	<b>Masa fluida za vrijeme radnih i ispitnih uvjeta</b>	- povećava težinu cjevovoda	- slom i kolaps materijala	- kod projektiranja uzeti su u obzir vrijednosti koje se odnose na te uvjete
8	<b>Naprezanje zbog opterećenja od potresa</b>	- moguće vibracije i oscilacije opreme i konstrukcije	- oštećenje cjevovoda, opreme i konstrukcije	- analizom naprezanja spriječeno prekoračenje maks. dopuštenih sila, momenata i pomaka
9	<b>Sile i momenti zbog oslonca i/ili nosača i prikljušenih cjevovoda</b>	- naprezanja prelaze maks.dopušteno naprezanje  - nenormalne promjene oblika	- trajne deformacije  - kolaps materijala	- analizom naprezanja spriječeno prekoračenje maks. dopuštenih sila, momenata i pomaka
10	<b>Korozija ; unutarnja i vanjska</b>	- nagrizanje materijala i smanjenje debljine stijenke	- oštećenje unutrašnjih/vanjskih površina	- odabir materijala i dodatka na koroziju  - zaštita unutrašnjih/vanjskih površina
11	<b>Abrazija (krute čestice u cjevovodu)</b>  <b>Erozija (vlaga,sunce)</b>  <b>Kavitacija (turbulencija)</b>	- nagrizanje i trošenje materijala	- oštećenje vanjskih i unutrašnjih površina	- pravilno projektiranje i odabir materijala  - dodatak na koroziju i habanje  -pogodni premazi unutarnjih/vanjskih površina  - ugradnja filtera

12	<b>Zamor materijala od:</b> - kolebanje tlaka (stalno i/ili cikličko) - vibriranje cjevovoda -pumpi/ <b>kompresora</b>	- uzrokuje naprezanja koja prelaze maks.dopušteno naprezanje - uzrokuje broj ciklusa koji prelaze dopušten broj ciklusa	- trajne deformacije - slom materijala - kolaps materijala	- proračun u skladu sa standardima za projektiranje i kriterijima baziranim na eksperimentima i iskustvu - kontrolirano pokretanje i zaustavljanje u skladu sa uputama za korištenje
13	<b>Opterećenje zbog gibanja cjevovoda</b>	- naprezanja prelaze maks.dopuštena naprezanja - moguće deformacije zavarenih i/ili prirubničkih spojeva	- moguće trajne deformacije - kolaps materijala - propuštanje zavarenih i/ili prirubničkih spojeva	- analizom naprezanja spriječeno je prekoračenje maks.dopuštenih sila, momenata i pomaka
14	<b>Opterećenje i nestabilnost prilikom transporta predfabriciranih segmenata</b>	- snažan dinamički udar prilikom pada zbog nepravilnog rukovanja - krivo fiksiranje na transportnom vozilu	- moguće trajne deformacije cjevovoda - povrede na radu	- pridržavanje uputa za rukovanje i transport - koristiti odgovarajuće točke za dizanje - transport izvršavaju kompetentne osobe
15	<b>Opasnost zbog medija i unutrašnjeg tlaka kod otvaranja/zatvaranja cjevovoda</b>	- nepravilno otvaranje/zatvaranje ventila - opasnost od zaglavljivanja mehaničkih uređaja - otvaranje cjevovoda pod tlakom	- povreda i trovanje osoba - oštećenje cjevovoda i/ili komponenta cjevovoda	- poštivanje instrukcija danih u uputama za montažu, korištenje i održavanje - poštivanje obavijesti o opasnosti
16	<b>Opasna akumulacija zapaljive mješavine gorivih tvari</b>	- opasnost za osobe - opasnost za materijal/konstrukciju	- ozljeda osoba i oštećenje konstrukcije	- periodička kontrola i održavanje cjevovoda i opreme

17	<b>Statički elektricitet, udar groma</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- opasnost za osobe</li> <li>- opasnost za materijal/konstrukciju</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ozljeda osoba i oštećenje konstrukcije i elemenata</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- uzemljenje cjevovoda</li> </ul>
18	<b>Nekontrolirano ispuštanje stlačenih fluida:</b>  <b>-sigurnosni ventili</b>  <b>- ispuštanje na priključcima</b>  <b>- tip brtve na prirubnica</b>  <b>- pritezanje brtvi</b>  <b>- momenti, sile na prirubnici priključka</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- opasnost za osobe</li> <li>- opasnost za materijal i konstrukciju</li> <li>- kriva dimenzija sigurnosnog ventila</li> <li>-krivi stop i mehanički uređaj</li> <li>- krivo pritezanje prirubničkih spojeva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ozljeda osoba i oštećenje materijala i konstrukcije</li> <li>- korozija konstrukcije</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pravilno projektiranje sigurnosnih ventila i prirubnice</li> <li>- pravilno pritezanje prirubnice</li> <li>- striktno poštivanje regulative, zakona, instrukcija uključenih u upute za korištenje i održavanje</li> <li>- poštivanje svih znakova opasnosti</li> </ul>
19	<b>Rizik od vatre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- opasnost za osobe i konstrukciju</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- povreda osoba i okoline</li> <li>- oštećenje dijelova cjevovoda i opreme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- predviđena zaštita od požara</li> <li>- predvidjeti zaštitu vanjskih površina od vatre</li> <li>- u slučaju požara opremu kontrolirati, a ocjenu materijala treba dati treća strana</li> </ul>
20	<b>Opasnost od dreniranja</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- opasnost za svojstva materijala</li> <li>- opasnost za osobe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- povreda osoba</li> <li>- slom materijala</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- predvidjeti uređaje da se spriječe ozljede osoba</li> <li>- odgovarajuća kontrola uređaja za drenažu</li> <li>- osigurati da pogon i održavanje provode stručne osobe</li> <li>- pridržavanje uputa za rukovanje</li> </ul>

#### 4.9 Ocjenjivanje sukladnosti

Kako bi se proizvod mogao staviti na tržište, odnosno u funkciju, potrebno je da proizvođač utvrdi sukladnost svog proizvoda na temelju prihvaćenih normi i tehničkih propisa. Nakon toga, ovlaštena tijela također utvrđuju sukladnost proizvoda te ukoliko je proizvod sukladan na njega se postavlja CE oznaka sukladnosti. Shema je prikazana na slici 19.



Slika 19. Shema stavljanja tlačne opreme na tržište [16]



Primjer izjave sukladnosti tvrtke Monter SM d.d. za liniju cjevovoda prikazan je na slikama 20 i 21.

	
<b>IZJAVA O SUKLADNOSTI</b> <i>EC DECLARATION OF CONFORMITY</i>	
Broj dokumenta / Document number:	S-2785-1
Proizvođač / The Manufacturer:	<b>MONTER-STROJARSKE MONTAŽE d.d.,</b> Velimira Škorpika 28, 10090 Zagreb
<p>Ovime izjavljuje, da je tlačna oprema u skladu s Pravilnikom o tlačnoj opremi (NN 79/16)</p> <p><i>Herewith declares, that the pressure equipment is in compliance with Pressure equipment regulation (NN 79/16)</i></p>	
Naziv / Name /	Cjevovodi jedinice za rekuperaciju plina baklji (FGRS) u RNR
Nazivni promjer (DN) / Nominal Diameter (DN) /	280, 250
Tvornički broj / Manufacturer No. /	Tlačni krug 1 320-10"-BD-201-A01G25A
Najveći dopušteni tlak PS / Max allowable pressure PS /	3,5 bar
Min./maks. dopuštena temperatura TS / Min./max. Allowable temperature TS /	0°C / +233°C
Ispitni tlak PT / Test pressure PT /	5,4 bar
Ispitni medij / Pressure test medium /	VODA
Radni fluid / Operating fluid /	PLIN IZ VELIKE BAKLJE
Grupa fluida / Fluid group	1
Kategorija / Category /	II
Godina proizvodnje / Year of Manufacture /	2016 / 2017

Slika 20. Izjava sukladnosti tvrtke Monter SM d.d. (str. 1/2) [10]



Tijelo za ocjenu sukladnosti / Engaged Notified Body / :	TPK-ZAVOD d.d. Slavonska avenija 20, HR-10000 Zagreb
Identifikacijski br. TOŠ-a / Notified Body id. No. / :	NB 2473
Postupak ocjene sukladnosti / Applied conformity assessment procedures / :	Kategorija II, Modul G
Potvrda o odobrenju konstrukcije / Design examination certificate No. / :	POK NB 2473 006/17
Certifikat o sukladnosti / Certificate of conformity No. / :	NB 2473 TO-C-S 023/17 linija 201
Izvešće o tlačnoj probi br. / Test report No. /	2
Primjenjeni propisi, norme i tehničke specifikacije: / Applied regulations, standards and technical specification /	NN 79/16 (PED 2014/68/EU)

15.03.2017.

Datum  
Date

TPK-ZAVOD - Strojarska montaža  
za opću industriju  
Zagreb, V. Bilcaka 28

Direktor tehničkog sektora  
Technical director

Slika 21. Izjava sukladnosti tvrtke Monter SM d.d. (str. 2/2) [10]

Tijelo za ocjenu sukladnosti, TPK-ZAVOD d.d., potvrđuje sukladnost certifikatom na slici 22.

CERTIFIKAT

# CERTIFIKAT O SUKLADNOSTI

## CERTIFICATE OF CONFORMITY



Prema Pravilniku o tlačnoj opremi (NN 79/16) i Direktivi 2014/68/EU (PED)  
 According to Pressure Equipment Regulation (Official Gazette No. 79/16) and Directive 2014/68/EU (PED)

<b>Certifikat broj:</b> <i>Certificate No.:</i>	<b>NB 2473 TO-C-S 023/17</b>
<b>Proizvođač/Adresa:</b> <i>Manufacturer/Address:</i>	<b>MONTER - STROJARSKE MONTAŽE d.d.</b> <b>Velimira Škorpika 28</b> <b>10000 Zagreb</b>
<b>Ispitano prema modulu:</b> <i>Tested according to module:</i>	<b>G</b>
<b>Ispitni izvještaj broj:</b> <i>Test report number:</i>	<b>TO-I-ZP 023/17</b>
<b>Opis tlačne opreme:</b> <i>Description of pressure equipment:</i>	<b>Izgradnja jedinice za rekuperaciju pliza baklji (FGRS)</b> <b>Cjevovod: 320-10<sup>m</sup>-BD-201-A01G25A</b>
<b>Tvornički broj:</b> <i>Fabrication number:</i>	<b>320-10<sup>m</sup>-BD-201-A01G25A</b>
<b>Kategorija/grupa fluida:</b> <i>Category/fluid group:</i>	<b>II, 1</b>
<b>Mjesto proizvodnje:</b> <i>Manufacturing plant:</i>	<b>INA d.o.o. RAFINERIJA NAFTE RIJEKA</b> <b>Urinj b.b., 51221 Kostrena</b>

Ovim se potvrđuje da rezultati ispitivanja na navedenoj tlačnoj opremi zadovoljavaju zahtjeve Pravilnika o tlačnoj opremi (NN 79/16) i Direktive 2014/68/EU (PED).  
 Tlačna oprema označena je identifikacijskom oznakom:  
*Herewith it is certified that the test results of subject pressure equipment conform to the requirements of Pressure Equipment Regulation (Official Gazette No. 79/16) and Directive 2014/68/EU (PED).  
 Pressure equipment is designated with identification mark:*

CE NB 2473

Zagreb, 20.03.2017.

TPK - ZAVOD d.d.  
 Certifikacijski odjel  
 Slavonska avnija 20  
 HR-10000 Zagreb  
 Tel: 01/2409-628  
 Fax: 01/2408-032  
 tpk-zavod@tpk-zavod.hr  
 www.tpk-zavod.hr

**TPK - ZAVOD d.d.**  
**Certifikacijski odjel**  
*Certification department*  
 Tijelo za ocjenu sukladnosti opreme pod tlakom  
*Conformity assessment body for pressure equipment*

17085-HAA



3143



Zdravko Skočić, dipl.ing.

Slika 22. Certifikat o sukladnosti [10]

Prikazani certifikat dobiven je prilikom završnog preuzimanja tlačne opreme, odnosno kada je utvrđeno da su na cjevovodu ispunjeni svi zahtjevi za tlačnu opremu prikazani na slici 23, a njihova ispunjenost prikazana je u datom eksperimentalnom dijelu.

		<b>TPK – ZAVOD d.d.</b> <b>ZAGREB</b> <b>Certifikacijski odjel</b>		TPK – ZAVOD d.d. Certifikacijski odjel Stavovska avenija 20 10000 ZAGREB Tel: 01/2409-628; Fax: 01/2408-032 tpk-zavod@tpk-zavod.hr www.tpk-zavod.hr	
<b>IZVJEŠTAJ O ZAVRŠNOM PREUZIMANJU TLAČNE OPREME</b> <i>FINAL ASSESMENT REPORT FOR PRESSURE EQUIPMENT</i>					
Proizvodni broj: <i>Manufacturing number:</i>		320-10 <sup>o</sup> -BD-202-A01G25A	Narudžba br.: <i>Order No.:</i>		7547 MP od 12.09.2016.
			Izveštaj br. <i>Report No.:</i>		TO-I-ZP 024/17
	<b>Tehnička dokumentacija/ispitivanja/rezultati</b> <i>Technical documentation/examinations/results</i>	Ispunjavao <i>Fulfilled</i>	Nije primjenjivo <i>Not applicable</i>	Prilog <i>Annex</i>	Napomena <i>Remarks</i>
1.	Materijal <input type="checkbox"/> EN <input type="checkbox"/> EAM <input checked="" type="checkbox"/> PMA <i>Materials</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.	Sjedišnost materijala <i>Material suitability</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.	Odobrenje proizvođača prema HRN EN ISO 3834-2 <i>Approval of the manufacturer</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4.	Ispitivanja na uzorku <i>Tests on the sample</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.	Atesti dodatnih materijala <i>Certificates of welding consumables</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6.	Kvalifikacija zavarivačkog osoblja prema HRN EN ISO 9606-1 <i>Qualification of welding personnel</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7.	Atesti postupaka HRN EN ISO 15614-1 <i>Qualification of welding procedures</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8.	Dodatna proizvodna ispitivanja prema ASME B.31.3 <i>Production test</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9.	Potvrde NDT osoblja nivo 2 prema HRN EN ISO 9712 <i>Certificates of NDT personnel level 2</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10.	Izvešća nerazornih ispitivanja (NDT) <i>NDT test reports</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11.	Zapisi o toplinskoj obradi <i>Heat treatment records</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12.	Umjeravanje mjerne i ispitne opreme <i>Calibration of measuring and test equipment</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13.	Vizualni pregled / Dimenzionalna provjera <i>Visual examination / Dimensional check</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14.	Označavanje (Natpisna pločica) <i>Marking (Label)</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15.	Analiza opasnosti <i>Hazard analysis</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16.	Uputa za upotrebu dostupna <i>Operating instructions available</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17.	Reparature i zapisi o nesukladnostima <i>Repair and nonconformity records</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18.	Izjava o sukladnosti / Ovjera konstrukcije <i>Declaration of conformity / Draft</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Napomena: - <i>Note:</i>					

Slika 23. Ispunjenost zahtjeva za tlačnu opremu [10]

## 5. POBOLJŠANJA U SUSTAVU ZAVARIVANJA, KONTROLE I NADZORA

### Poboljšanje sustava zavarivanja

Kvaliteta zavarenih spojeva ovisi o velikom broju faktora, poput: osnovnog i dodatnog materijala, postupka zavarivanja, zavarivačkog osoblja, pogona za zavarivanje, okolinskih utjecaja i niza drugih. Osiguranje kvalitete pri zavarivanju može se postići samo ako se u obzir uzmu svi relevantni utjecaji. Da bi osigurali kvalitetu svojih proizvoda, tvrtka Monter SM d.d. već je odavno usvojila sustav upravljanja kvalitetom prema normi HRN EN ISO 9001. Međutim, ako se pogleda sadržaj ove norme može se vidjeti da one sadrže sustav općih točaka, primjenjivih na bilo koju industriju. Očigledno je da takav sustav kvalitete ne može biti efikasno primjenjen u zavarivačkoj djelatnosti te se zbog toga oslanja i na normu HRN EN ISO 3834, normu razvijenu s ciljem da se fokusira samo na kvalitetu u zavarivačkoj djelatnosti i da odredi osnovne zahtjeve koji će omogućiti zavarivanje na tehnički zadovoljavajući način.

Poboljšanje sustava prilikom zavarivanja odnosilo bi se najviše na zavarivačko osoblje, odnosno zaštitu njihovog zdravlja. Nažalost, pri zavarivanju nastaju i brojne ozljede i natprosječno obolijevanje radnika. Znači, najveći zavarivački problemi nisu u tehničkom izvođenju zavarivanja i postizanju odgovarajuće kvalitete zavarenih spojeva, već u očuvanju zdravlja zavarivača. Iako, prema viđenom, tvrtka Monter SM d.d. svom zavarivačkom osoblju pruža adekvatnu zaštitu, u smislu adekvatne obuće, odjeće, zaštitne kacige, ventilacije sustava, no ipak ne postoji niti jedan dokument u Hrvatskoj (osim OHSAS 18001 - Sustav upravljanja zaštitom na radu i zdravljem zaposlenika) koji konkretno štiti zdravlje zavarivačkog osoblja koje je svakodnevno izloženo dimu, buci, štetnim tvarima, opasnosti od električnog udara, itd.

## **Poboljšanje kontrole i nadzora**

Uspješno zavarivanje u tehničkom i poslovnom smislu se ne može postići bez posebne pažnje i adekvatne kontrole. Neprovođenjem ovih mjera povećava se rizik od štete, koja se može manifestirati u nepotrebnim popravcima, kašnjenjima i propalim poslovima. Cijena popravka jednog loše izvedenog zavarenog spoja može biti mnogo puta veća od izvođenja originalnog zavara. Zato je kod zavarivanja, možda više od bilo koje druge aktivnosti, važno da se proizvod zavari iz prve. Usvajanjem norme HRN EN ISO 3834 tvrtka Monter SM d.d. osigurava da se obrati adekvatna pažnja na sve segmente kontrole, prikladne poduzetim aktivnostima pri zavarivanju. Usklađenost sa HRN EN ISO 3834 može osigurati dobar okvir za unapređenje interne discipline, kontinuirani napredak i poboljšanja u tehničkoj efikasnosti i efektivnosti troškova zavarivanja.

Iako su projektom propisane određene kontrole i nadzori te veći dio njih, vezano za zavarivanje, prati normu HRN EN ISO 3834-2 (kontrole i pregledi prije, za vrijeme i nakon zavarivanja te određivanje adekvatnih osoba za taj rad), preporuča se da se u projekt uvede i Pravilnik o pregledima i ispitivanju opreme pod tlakom (NN 27/2017) koji temeljno navodi potrebne preglede za siguran rad tlačne opreme. Pozivom na Pravilnik tvrtka Monter SM d.d. pružila bi dodatnu sigurnost svojim investitorima u smislu smanjenja rizika i boljeg ispunjenja zahtjeva te na taj način još bolje konkurirala u proizvodnji tlačne opreme.

## 6. ZAKLJUČAK

Tlačna oprema je zbog svojih specifičnosti, posebice opasnosti po ljude, životinje i materijalna dobra te okoliš, oduvijek bila dobro obrađena zakonskim propisima i stručnim preporukama. Prilikom projektiranja cjevovoda najvažniji je cilj pružiti zahtjevanu kvalitetu jer nam ona omogućuje stvaranje dobre konkurentnosti na tržištu i mogućnost dobivanja novih i većih poslova.

Projektiranje tlačne opreme predstavlja dugotrajan i opsežan posao gdje nema mjesta pogreškama. Kao što je prikazano u eksperimentalnom dijelu, praćen je sustav izgradnje jedinice za rekuperaciju baklji u rafineriji Rijeka, točnije, praćene su linije cjevovoda koje odводе/dovode prisutne medije baklji. Pri projektiranju cjevovoda važno je držati se određenih uputa koje donose pravilnici i norme za navedeni proizvod jer se jedino na taj način može pružiti zahtjevana kvaliteta i trajnost sustava.

Tvrtka Monter SM d.d prilikom projektiranja linija cjevovoda oslanja se na Pravilnik o tlačnoj opremi te nizu hrvatskih ISO normi poput HRN EN ISO 3834-2 (Zahtjevi za kvalitetu zavarivanja taljenjem metalnih materijala -- 2. dio: Sveobuhvatni zahtjevi za kvalitetu), HRN EN ISO 9606-1 (Provjera osposobljenosti zavarivača -- Zavarivanje taljenjem -- 1. dio: Čelici ), HRN EN ISO 9001 (Sustavi upravljanja kvalitetom - Zahtjevi), HRS CEN ISO/TS 29001 (Industrija nafte, petrokemije i prirodnog plina -- Područje-posebni sustavi upravljanja kvalitetom -- Zahtjevi za organizacije koje isporučuju proizvode i usluge), itd.

Praćenjem dane dokumentacije te njihovom usporedbom sa navedenim pravilnicima i normama ustanovljeno je da je stupanj provedbe i ispunjenja prvotnih zahtjeva vrlo visok, da se poštuju kriteriji prihvatljivosti navedeni putem pravilnika i normi te da su moguće kritične aktivnosti u sustavu eliminirane postavljanjem analize rizika. Na samom kraju eksperimentalnog dijela certifikatom o sukladnosti kojeg izdaje nadležno tijelo za ocjenu sukladnosti sustava, TPK-ZAVOD d.d., potvrđuje se da je tvrtka Monter SM d.d. ispunila očekivane zahtjeve za kvalitetu i sigurnost te je samim time cjelokupan projekt dobio potvrdnu ocjenu za puštanje u rad.

## 7. LITERATURA

- [1] Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva : Zbirka naputaka iz područja opreme pod tlakom, Zagreb, 2009. , posjećeno: 14.05.2017.  
[http://www.em.com.hr/images/symposiums/tlacna\\_oprema/naputak6TO.pdf](http://www.em.com.hr/images/symposiums/tlacna_oprema/naputak6TO.pdf)
- [2] Ministarstvo gospodarstva: Pravilnik o tlačnoj opremi, NN 79/2016, posjećeno: 22.05.2017.  
[http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016\\_09\\_79\\_1804.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016_09_79_1804.html)
- [3] Ministarstvo gospodarstva: Pravilnik o jednostavnim tlačnim posudama, NN 27/2016 , posjećeno: 13.06.2017.  
[http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016\\_03\\_27\\_791.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016_03_27_791.html)
- [4] Ministarstvo gospodarstva: Pravilnik o aerosolnim raspršivačima, NN 45/2014, posjećeno: 11.06.2017.  
[http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014\\_04\\_45\\_839.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_04_45_839.html)
- [5] Ministarstvo gospodarstva: Popis hrvatskih norma za primjenu pravilnika o tlačnoj opremi, NN 27/2013, posjećeno: 28.05.2017.  
[http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013\\_03\\_27\\_460.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_03_27_460.html)
- [6] HRN EN ISO 14731:2008 - Koordinacija zavarivanja -- Zadaci i odgovornosti
- [7] HRN EN ISO 3834:2008 - Zahtjevi za kvalitetu zavarivanja taljenjem metalnih materijala
- [8] HRN EN ISO 3834-2:2008 - Opsežni zahtjevi za osiguravanje kvalitete
- [9] Ministarstvo gospodarstva: Pravilnik o pregledima i ispitivanju opreme pod tlakom, NN 27/2017, posjećeno: 01.06.2017.  
[http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017\\_03\\_27\\_617.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_03_27_617.html)
- [10] Dokumentacija tvrtke Monter SM d.d.
- [11] HRN EN ISO 9606-1:2014 - Provjera osposobljenosti zavarivača -- Zavarivanje taljenjem -- 1. dio: Čelici
- [12] Markučić D.: Metode nerazornih ispitivanja, autorizirana predavanja, FSB, 2008.



- [13] HRN EN 13480-5:2012 - Metalni industrijski cjevovodi -- 5. dio: Pregled i ispitivanje
- [14] HRN EN ISO 17636:2014 - Nerazorno ispitivanje zavarenih spojeva -- Radiografsko ispitivanje
- [15] HEMPEL – Odabir odgovarajućeg sustava premaza; Smjernice za zaštitu u skladu sa ISO 12994
- [16] Švaić S.: Europske smjernice i norme za tlačnu opremu, autorizirana predavanja, FSB