

# Proces izrade tlačne posude

---

Ričko, Ante

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/um:nbn:hr:122:713599>

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

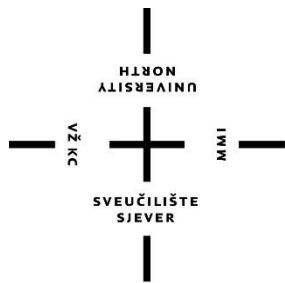
Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-15**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





# Sveučilište Sjever

Završni rad br. 365/PS/2021

## Proces izrade tlačne posude

Ante Ričko, 3604/336

Varaždin, rujan 2021. godine





# Sveučilište Sjever

**Proizvodno strojarstvo**

**Završni rad br. 365/PS/2021**

## **Proces izrade tlačne posude**

**Student**

Ante Ričko, 3604/336

**Mentor**

doc.dr.sc. Matija Bušić

## Prijava završnog rada

### Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za strojarstvo

STUDIJ preddiplomski stručni studij Proizvodno strojarstvo

PRIступник Ante Ričko | IMBAG 3604/336

DATUM 23.08.2021. | KOLEGI Tehnologija III

NASLOV RADA Proces izrade tlačne posude

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Pressure vessel production process

MENTOR dr. sc. Matija Bušić | ZVANJE docent

ČLANOVI POVJERENSTVA 1. doc.dr.sc. Tomislav Veliki, predsjednik povjerenstva

2. doc. dr. sc. Matija Bušić, mentor, član povjerenstva

3. doc. dr. sc. Zlatko Botak, član povjerenstva

4. dipl. ing. stroj. Marko Horvat, zamjenSKI član povjerenstva

5. \_\_\_\_\_

### Zadatak završnog rada

BROJ 365/PS/2021

OPIS

U završnom radu potrebno je prikazati cijelokupni proces proizvodnje tlačne posude. Navesti zahtjeve naručitelja proizvoda i zakonsku regulativu koja obuhvaća posude pod tlakom. Opisati izradu tehničke dokumentacije koja je potrebna za proizvodnju navedenog proizvoda. Opisati nabavu i predobradu materijala, obradu odvajanjem čestica, plan montaže i zavarivanje proizvoda. Detaljno opisati tehnologije zavarivanja koje se koriste, specifikacije postupka zavarivanja te ispitivanje zavarenih spojeva. Opisati provođenje zaštite od korozije, inspekcijsku kontrolu i tlačnu probu izvedenu na proizvodu. Na kraju donijeti zaključak o odabranom slijedu proizvodnje, korištenim tehnologijama te samo ekonomičnosti proizvodnje. U radu je potrebno navesti korištenu literaturu te eventualno dobivenu pomoć.

ZADATAK URUČEN

13.09.2021.

POTPIS MENTORA

M. Bušić



Varaždin, rujan 2021. godine



## Sveučilište Sjever



SVEUČILIŠTE  
SJEVER

### IZJAVA O AUTORSTVU I SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tudihih radova (knjiga, člancaka, doktorskih disertacija, magisterskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navedenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tudihih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tudihih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, ANTE RICKO (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskeg (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom PROCES IZRADA TLAČNE POSUDE (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tudihih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Ante Ricko  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljaju se na odgovarajući način.

Ja, ANTE RICKO (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskeg (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom PROCES IZRADA TLAČNE POSUDE (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Ante Ricko  
(vlastoručni potpis)

## **Predgovor**

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom trogodišnjeg studija.

Zahvaljujem se mentoru doc.dr.sc. Matiji Bušiću koji mi je odobrio izradu ovog završnog rada te pomogao svojom stručnom pomoći i korisnim savjetima.

Također se zahvaljujem tvrtki PROJEKT BIRO Marciuš d.o.o na ukazanom povjerenju u vođenju ovog projekta, a posebnu direktoru Luki Marciušu, bacc.ing.mech. koji mi je pomogao i vodio me kroz sve faze projekta.

Isto tako se zahvaljujem mojoj obitelji koji su mi uvijek bili podrška i potpora kroz 3 godine studija.

## **Sažetak**

Tema ovog završnog rada je prikaz kompletne izrade tlačne posude zapremnine  $5\text{ m}^3$  prema zahtjevanoj normi („PED 2014/68/EU“). Proces se sastoji od izrade 3D modela te izrade svih sklopnih i pozicijskih nacrta, nabave materijala. Nadalje će biti opisani postupci zavarivanja, postupci nerazornih ispitivanja i tlačna proba. Sva ovdje prikazana dokumentacija mora biti odobrena od strane tijela za ocjenu sukladnosti. Također, bit će prikazan finalni proizvod prije isporuke.

Ključne riječi: tlačna posuda, norma, nacrt, nerazorna ispitivanja, dokumentacija

## **Abstract**

The idea of this final paper is to present the complete production of a pressure vessel with a volume of  $5\text{ m}^3$  according to the required standard („PED 2014/68/EU“). The process consists of making a 3D model and making all assembly and position drawings, procurement of materials, further described will be the welding procedures, non-destructive testing procedures and pressure testing. All documentation presented here must be approved by the Notified Body. Also, the final product will be displayed before delivery.

Keywords: pressure vessel, standard, drawing, non-destruction testing, documentation

## **Popis korištenih kratica**

SPV	eng. Simple Pressure Vessel (Jednostavna tlačna posuda)
PED	eng. Pressure Equipment Directive (Direktiva o tlačnoj opremi)
CE	fra. Conformité Européenne (Europska sukladnost)
NPS	eng. Nominal pipe size
REL	Ručno elektrolučno zavarivanje
MIG	eng. Metal Inert Gas
MAG	eng. Metal Active Gas
TIG	eng. Tungsten Inert Gas
SAW	eng. Submerged Arc Welding
BW	eng. Butt weld (Sučeljeni spoj)
FW	eng. Fillet weld (Kutni spoj)
WPS	eng. Welding Procedure Specification
WPQR	eng. Welding Procedure Qualification record
Ar	Argon
CO <sub>2</sub>	Ugljikov dioksid
NDT	Non Destructive Testing

# Sadržaj

<b>1. UVOD .....</b>	<b>10</b>
<b>2. TLAČNE POSUDE .....</b>	<b>11</b>
2.1.    INSPEKCIJSKO TIJELO ZA OCJENU SUKLADNOSTI .....	12
2.2.    PED MODUL .....	12
<b>3. IZRADA TEHNIČKE DOKUMENTACIJE .....</b>	<b>13</b>
3.1.    O PROIZVODU „DRAIN VESSEL 5 M <sup>3</sup> “ .....	13
3.2.    KONSTRUIRANJE I IZRADA PRORAČUNA .....	13
3.3.    IZRADA 3D MODELIA .....	16
3.3.1.    Konstrukcija plašta sa podnicama .....	18
3.3.2.    Konstrukcija sedla .....	18
3.3.3.    Konstrukcija priključaka .....	19
3.3.4.    Konstrukcija ulaznih otvora i podiznih uški .....	20
3.3.5.    Konstrukcija unutarnjih elemenata .....	20
3.4.    IZRADA SKLOPNOG NACRTA.....	21
<b>4. PROIZVODNJA .....</b>	<b>22</b>
4.1.    POPIS MATERIJALA.....	22
4.2.    PRIPREMA MATERIJALA .....	23
4.3.    ZAVARIVANJE .....	23
4.3.1.    Postupak 121 SAW zavarivanja i parametri zavarivanja plašta .....	24
4.3.2.    Postupak 141+111 zavarivanja i parametri zavarivanja prirubnica na cijevi $\geq \varnothing 84,15\text{ mm}$ ..	25
4.3.3.    Parametri zavarivanja prirubnica na cijevi promjera $\geq \varnothing 38\text{ mm}$ .....	26
4.3.4.    Parametri zavarivanja cijevi promjera $\geq \varnothing 84,15\text{ mm}$ na plašt .....	27
4.3.5.    Parametri zavarivanja cijevi promjera $\geq \varnothing 38\text{ mm}$ .....	28
4.3.6.    Postupak 135 i parametri zavarivanja ojačanja na ulazne otvore .....	28
4.3.7.    Parametri zavarivanja za kutne zavare .....	29
<b>5. KONTROLA NERAZORNIM ISPITIVANJIMA .....</b>	<b>31</b>
5.1.    VIZUALNA KONTROLA .....	31
5.2.    MAGNETSKA KONTROLA .....	31
5.3.    RADIOGRAFSKA KONTROLA.....	32
5.4.    ULTRAZVUČNA KONTROLA.....	32
<b>6. HIDROSTATSKA TLAČNA PROBA .....</b>	<b>34</b>
<b>7. FINALNI PROIZVOD.....</b>	<b>36</b>
<b>8. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>39</b>
<b>9. LITERATURA .....</b>	<b>40</b>
<b>PRILOZI.....</b>	<b>43</b>

# **1. Uvod**

Odabirom ove teme bio je cilj je bio iskoristiti stečena znanja tijekom trogodišnjeg obrazovanja, osim teorijskog dijela obuhvaćen je i praktični dio. Problematika ovog projekta su zastarjeli nacrti klijenta stari 15-20 godina pa se stoga kreće od samog početka, izrade 3D modela na temelju čega će se raditi sklopni i pozicijski nacrti, angažiranja inspekcijskog tijela za ocjenu sukladnosti, odobravanja same konstrukcije tlačne posude, izrade novih proračuna, procedura i svega usko povezanog s time. Na trenutnom gradilištu došlo je do zatajenja u radu spremnika, što zbog starosti, što zbog neispravnosti kod montaže i instalacije spremnika. U postrojenju se nalazilo petstotinjak tlačnih posuda gdje je sad aktivno i funkcionalno ~10%, koji su bili zapremnine od 5 m<sup>3</sup>, 25 m<sup>3</sup>, 60 m<sup>3</sup>, 105 m<sup>3</sup>, 1000 m<sup>3</sup> pa sve do 60 000 m<sup>3</sup>. Zadatak je da se uz pomoć tijela za ocjenu sukladnosti konstruira posuda zapremnine 5 m<sup>3</sup>, kako ne bi došlo do istog zatajanja sustava te kako bi osigurali rad u pojačanim uvjetima. Projekt je zadan od strane poduzeća PROJEKT BIRO Marciuš d.o.o. i on je u potpunosti završen.

Faze izrade tlačne posude su sljedeće:

1. Angažiranje inspekcijskog tijela za ocjenu sukladnosti
2. Izrada tehničke dokumentacije
  - 2.1. Konstruiranje i izrada proračuna
  - 2.2. Izrada 3D modela
  - 2.3. Izrada sklopnih i pozicijskih nacrtava
  - 2.4. Izrada reznih lista
3. Odobrenje nacrtava od strane inspekcijskog tijela za ocjenu sukladnosti
4. Proizvodnja
  - 4.1. Narudžba materijala i izrada sljedivosti materijala
  - 4.2. Strojna obrada materijala
  - 4.3. Postupci zavarivanja (izrada zavarivačkih mapa, WPS, WPQR)
  - 4.4. Montaža
  - 4.5. Sačmarenje/pjeskarenje
  - 4.6. Bojanje
5. Nerazorna ispitivanja
6. Hidrostatska proba uz prisutstvo inspekcijskog tijela za ocjenu sukladnosti
7. Završna kontrola
8. Isporuka

## 2. Tlačne posude

Tlačna oprema je uvijek bila opasna zbog uvjeta rada pod tlakom pa su zbog toga propisani zakonski uvjeti kojih se sve države unutar EU moraju pridržavati. Donesene su dvije preporuke kojima se tvrtka mora voditi od konstruiranja, proizvodnje i ocjenjivanja sukladnosti pa sve do eksploracije:

- „Jednostavne tlačne posude“ SPV
- „Tlačna oprema“ PED

Konstruiranje, proizvodnja i ocjenjivanje sukladnosti tlačne opreme radi se prema „PED direktivi 2014/68/EU“ [1]. Tlačne posude koriste se za cjevovode sadržanih od cijevi ili više cijevi čija je namjena distribucija fluida, koja uključuje svu dodatnu opremu projektiranu za cjevovode. Tlačna oprema može se pronaći u redukcijskim ili kompresorskim stanicama. Za svaki proizvod koji se šalje na područje EU potrebno je imati znak sukladnosti, a to je CE koji u ovom slučaju dodjeljuje tijelo za ocjenu sukladnosti te se s njime izjavljuje da je proizvod u skladu s direktivama EU. CE oznaka se nalazi na natpisnoj pločici te mora biti čitljiva i neizbrisiva na svakom dijelu proizvoda koji je pod bilo kakvim utjecajem tlaka. Uz oznaku se mora nalaziti broj prijavljenog tijela za ocjenu sukladnosti. [2]

Propisani parametri područja rada su maksimalni radni tlak, koji ne bi smio preći 30 bar, te minimalna temperatura koja ne bi smjela biti manja od -50 °C, a maksimalna 300 °C. Uvjeti u kojima radi ova tlačna posuda su sljedeći:

- Minimalni radni tlak: -0.1 bar
- Maksimalni radni tlak: 9 bar
- Normalni radni tlak: 0 bar
- Minimalna radna temperatura: -20 °C
- Maksimalna radna temperatura: 60 °C
- Normalna radna temperatura: ambijentalna

## **2.1. Inspekcijsko tijelo za ocjenu sukladnosti**

Da bi se postigla što veća kvaliteta proizvoda vrše se inspekcije i različita ispitivanja. Proizvođači u svakom trenutku moraju biti spremni na inspekcije koje imaju puno zahtjeva za osiguranje kvalitete. Inspekcijska tijela za ocjenu sukladnosti koja kontroliraju posude moraju biti sposobljena za poslove inspekcije što pokazuju kroz svoju akreditaciju prema normi „ISO/IEC 17020“. Tijela za ocjenu sukladnosti imaju veliki faktor u povećanju kvalitete posuda, ukoliko je potrebno uzimaju uzorke i nose ih u akreditirane laboratorije koji ocjenjuju sukladnost proizvoda kroz ispitivanja. Proizvođači moraju zadovoljiti određene kriterije te samim time i kvalitetu zahtjevanu od strane tijela ili klijenta. Proizvodi koji se plasiraju na tržište mogu biti industrijski, poljoprivredni, gospodarski, građevinski itd. [3]

## **2.2. PED modul**

Ocenjivanje sukladnosti tlačne opreme mora se ustanoviti prema kategoriji u koju je posuda razvrstana. Postoje četiri kategorije postupaka ocenjivanja. Posudi koja se obrađuje u ovom radu je dodijeljen modul B3.1 + F.

- B3.1 - proizvodni tip
  1. Inspekcijsko tijelo za ocjenu sukladnosti pregledava posudu te utvrđuje da je ista napravljena prema zahtjevima pravilnika.
  2. Tijekom proizvodnje tijelo za ocjenu sukladnosti provjerava svu tehničku dokumentaciju i sve ostale dokaze koji predstavljaju buduću proizvodnju.
  3. Proizvođač izdaje zahtjev za EU-pregled tipa i on se sastoji od izjave da se zahtjev nije podnio nekom drugom tijelu, tehničke dokumentacije, općeg opisa posude, nacrta za proizvodnju, opisa i pojašnjenja, proračuna, izvješća, podataka o ispitivanjima...
- F – sukladnost s tipom na temelju provjere tlačne opreme
  1. Dio postupka gdje proizvođač ispunjava sva pravila te jamči i izjavljuje na vlastitu odgovornost da posuda ispunjava uvjete sukladno certifikatu o EU-pregledu tipa.
  2. Proizvođač je dužan osigurati sve mjere kako bi postupak proizvodnje osigurao sukladnost proizvedenih posuda s odobrenim certifikatom EU-pregleda tipa. [2]

### **3. Izrada tehničke dokumentacije**

#### **3.1. O proizvodu „Drain vessel 5 m<sup>3</sup>“**

Tlačna posuda dodijeljenog imena „Drain vessel 5 m<sup>3</sup>“ je cilindrično oblikovana posuda s glavnim vanjskim promjerom od 1416 mm i s torisferičnim podnicama sa svaka strane dizajnirane prema normi „EN 13445-3“[4]. Na podnicama se nalaze ulazni otvori promjera 610 mm za saniranje i održavanje. Ukupna visina posude je 2125 mm, a volumen 5000 L. Sastoje se od cilindrično oblikovanog plašta, ulaznih i izlaznih cijevi s prirubnicama. Medij kojim se rukuje u posudi je plin. Ograničenje najvećeg dopuštenog tlaka od 10 bara osigurava se ugradnjom sigurnosnog ventila. U posudi se nalaze mlaznice za ispuštanje i odzračivanje. Radni tlak kontrolira se manometrom ugrađenim na samu posudu. Korišteni materijali moraju imati svojstva za sve radne uvjete, a posebno moraju biti žilavi da bi se spriječio krti lom. Ukoliko nema drugih zahtjeva čelik se smatra adekvatnim ako kod ispitivanja vlačne čvrstoće izvršenog po standardu njegova istezljivost nije manja od 14 %, a udarni rad loma izmjerjen prema normi „ISO-V“ nije manji od 27 J na temperaturi koja ne prelazi -20°C. Materijal korišten za plašt i podnice je iz skupine 1.2, limovi za kotlove, P355GH dok su cijevi iz materijala P235GH definirane normom „EN 10028-2“. Prirubnice su iz ASTM A105N definirane normom „ASME / ANSI B16.5“. Usmjerenje posude je vodoravno i postavljeno na dva sedla.

#### **3.2. Konstruiranje i izrada proračuna**

Tlačna posuda se konstruira prema propisima pritom uzimajući sve faktore da bi se osigurala što veća sigurnost za vrijeme rada. Zbog mogućnosti otkazivanja posude tokom rada, kod konstruiranja u obzir se uzimaju adekvatni koeficijenti sigurnosti i metode. Kod konstruiranja za opterećenja koja odgovaraju tlačnoj posudi te za ostala nepredvidljiva opterećenja, važni su sljedeći faktori:

- Umor materijala, korozija itd.
- Tlak (vanjski i unutarnji)
- Temperatura (radna i okoline)
- Sile reakcija i momenti koji dolaze od oslonaca, priključaka itd.
- Opterećenja koja proizlaze od vjetra, potresa itd.
- Statički tlak i masa u ispitnim i radnim uvjetima
- Razdvajanje nestabilnih fluida

Osnovni podaci o tipu posude:

- Direktiva: PED 2014/68/EU
- Norma konstruiranja posude/cjevovoda: EN 13445
- PED kategorija: IV
- PED modul: B3.1 + F
- Faza medija: Plin
- Grupa testiranja: 3a

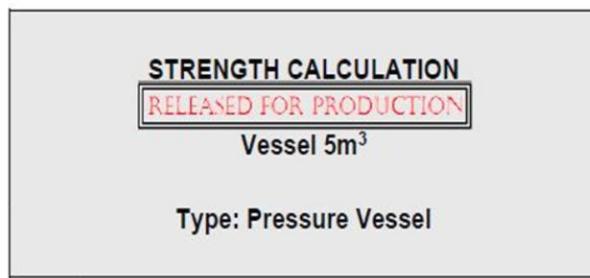
Ulagani podaci kod izrade proračuna:

- Volumen,  $5 \text{ m}^3$
- Vanjski promjer, 1416 mm
- Radni tlak, 0.9 MPa
- Proračunski tlak, maksimalni, 1 MPa
- Proračunski tlak, minimalni, -0.1 MPa
- Tlak hidrostatske probe, 1.43 MPa
- Proračunska temperatura, maksimalna, 60 °C
- Proračunska temperatura, minimalna, -20 °C
- Vlačna čvrstoća, ovisno o materijalu
- Masa prazne posude bez sedla, 1834 kg
- Masa pune posude bez sedla, 6834 kg

Parametri koji se provjeravaju proračunom da tlačna posuda izdrži opterećenja i da ima što duži vijek trajanja:

- Plašt posude pod unutarnjim opterećenjima
- Plašt posude pod vanjskim opterećenjima
- Minimalna debljina stijenke podnica
- Minimalna debljina lima za plašt
- Minimalna debljina stijenka priključaka (cijevi)
- Ojačanja na priključcima, ukoliko su potrebna (provjera se proračunom)
- Dopuštena naprezanja prirubnica
- Sile, momenati i posmične sile na sedlima
- Podizne uške

Na slici 3.1 prikazana je početna strana proračuna gdje su vidljivi osnovni podaci o posudi.



CLIENT: Projekt Biro Marciuš d.o.o.

CLASS: EN13445 PED 2014/68/EU

REVISION: 05

DATE: 01.04.2021.

Made by: Checked by: Approved by:

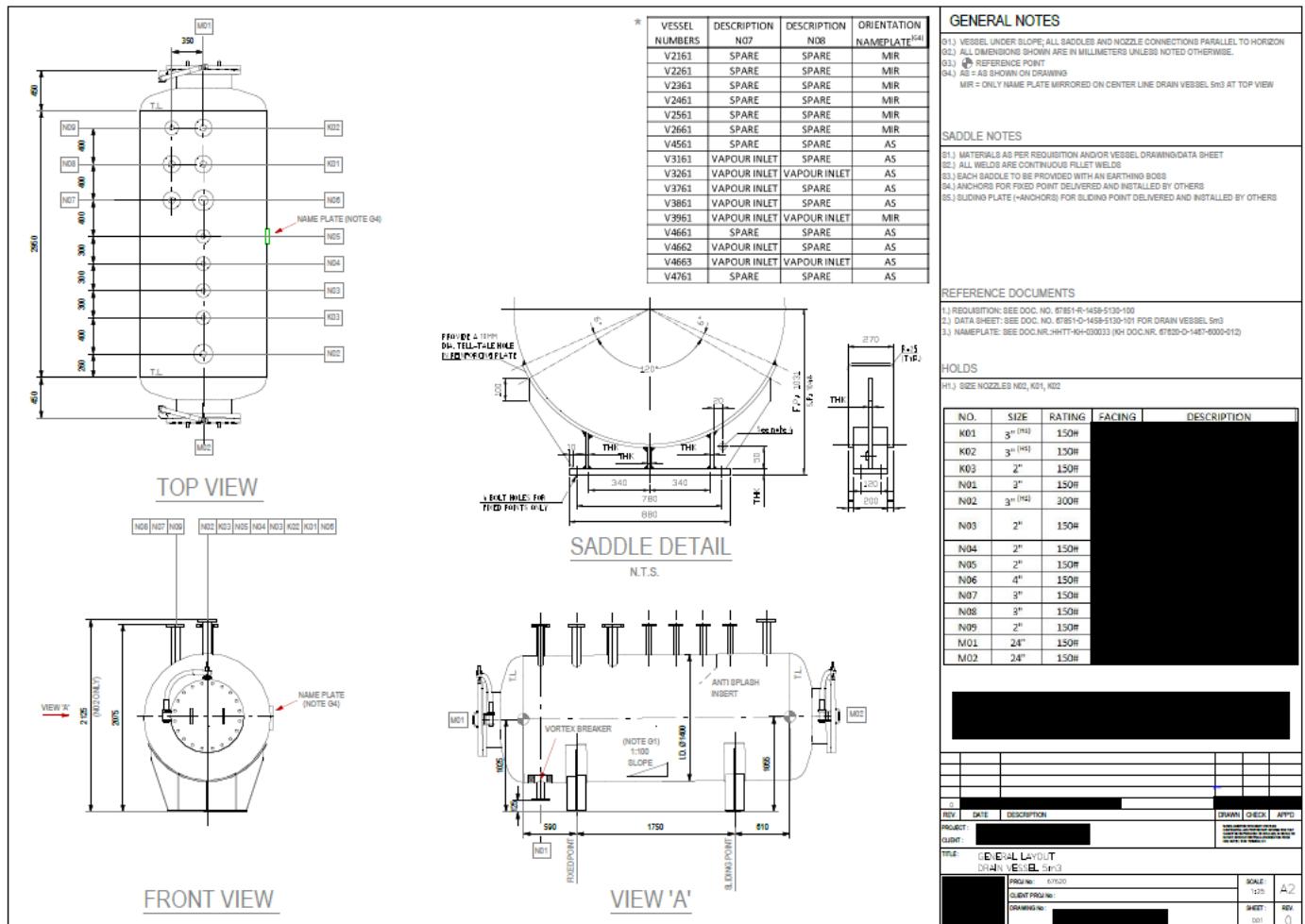
Tomislav Vidić Emanuel Dudaš Svetmir Bralić

EN-13445-3

*Slika 3-1 Početna strana proračuna*

### 3.3. Izrada 3D modela

Završetkom izrade proračuna i odobrenjem od strane inspekcijskog tijela za ocjenu sukladnosti kreće se u izradu modela. Na temelju dobivenih vrijednosti u proračnu i inicijalne skice prikazane na slici 3.2 rade se sve pozicije posude te na posljeku i sklop. Računalni program u kojem se radi je „Dassault Solidworks“.

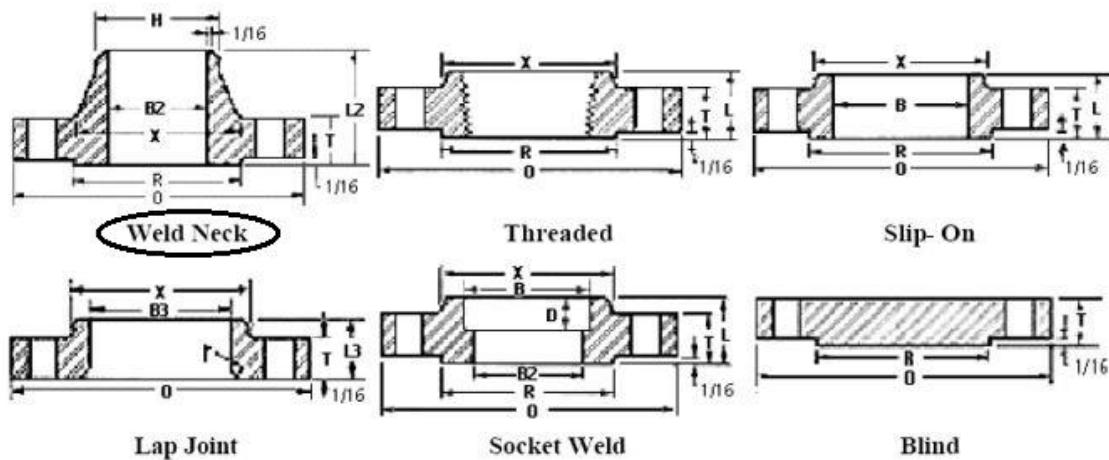


Slika 3-2 Inicijalna skica posude

Iz inicijalne skice vidljiva je sama ideja posude, zahtjevane dimenzije od strane kupca, oblik i mjesto sedla, nagib, dok su mjere koje nisu prikazane proizvodne. Posuda se sastoji od ukupno 13 priključaka (cijev + prirubnica), dva sedla, dva otvora za ulaz s pripadajućim poklopcem i ručkom te držaćem za natpisnu pločicu. Priključci imaju svoje nazive (K01 – K03, N01 – N09, M01 – M02) i klasu koja je pridodana svakoj prirubnici.

Klasa je standard za inženjering i primjenu prirubnica. Standardi pokrivaju temperaturnu pokrivenost, materijale, dimenzije, tolerancije, oznake i slično. U tablici 3-1. prikazana je klasa prirubnica #150 sa pripadnim karakteristikama.

## prirubnice ANSI B16.5 klasa #150



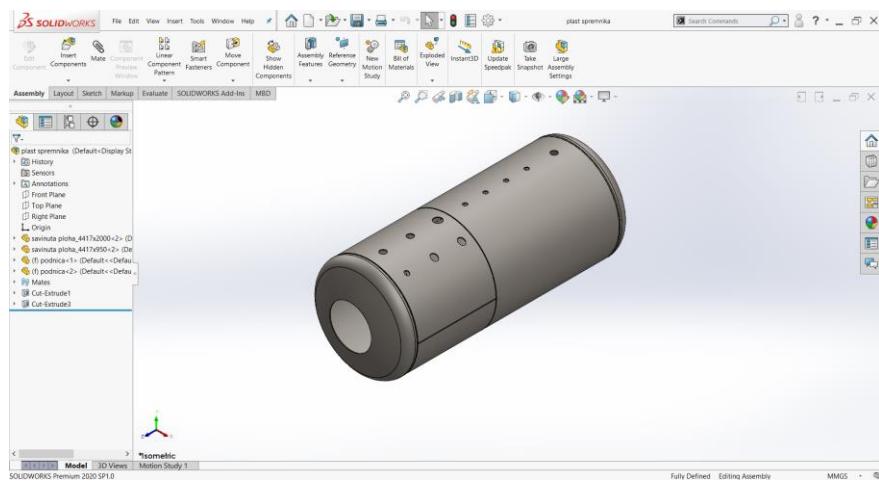
Nom. Pipe Size	O	T1	R	X	No.2/Dia. of Holes	Bolt Circle Dia.	L21	H	B23	L	B	r	L34	B3	D
1/2	3.50	0.44	1.38	1.19	4-0.62	2.38	1.88	0.84	0.62	0.62	0.88	0.12	0.62	0.90	0.38
3/4	3.88	0.50	1.69	1.50	4-0.62	2.75	2.06	1.05	0.82	0.62	1.09	0.12	0.62	1.11	0.44
1	4.25	0.56	2.00	1.94	4-0.62	3.12	2.19	1.32	1.05	0.69	1.36	0.12	0.69	1.38	0.50
1-1/4	4.62	0.62	2.50	2.31	4-0.62	3.50	2.25	1.66	1.38	0.81	1.70	0.19	0.81	1.72	0.56
1-1/2	5.00	0.68	2.88	2.56	4-0.62	3.88	2.44	1.90	1.61	0.88	1.95	0.25	0.88	1.97	0.62
2	6.00	0.75	3.62	3.06	4-0.75	4.75	2.50	2.38	2.07	1.00	2.44	0.31	1.00	2.46	0.69
2-1/2	7.00	0.88	4.12	3.56	4-0.75	5.50	2.75	2.88	2.47	1.12	2.94	0.31	1.12	2.97	0.75
3	7.50	0.94	5.00	4.25	4-0.75	6.00	2.75	3.50	3.07	1.19	3.57	0.38	1.19	3.60	0.81
3-1/2	8.50	0.94	5.50	4.81	8-0.75	7.00	2.81	4.00	3.55	1.25	4.07	0.38	1.25	4.10	0.88
4	9.00	0.94	6.19	5.31	8-0.75	7.50	3.00	4.50	4.03	1.31	4.57	0.44	1.31	4.60	0.94
5	10.00	0.94	7.31	6.44	8-0.88	8.50	3.50	5.56	5.05	1.44	5.66	0.44	1.44	5.69	0.94
6	11.00	1.00	8.50	7.56	8-0.88	9.50	3.50	6.63	6.07	1.56	6.72	0.50	1.56	6.75	1.06
8	13.50	1.12	10.62	9.69	8-0.88	11.75	4.00	8.63	7.98	1.75	8.72	0.50	1.75	8.75	1.25
10	16.00	1.19	12.75	12.00	12-1.00	14.25	4.00	10.75	10.02	1.94	10.88	0.50	1.94	10.92	1.31
12	19.00	1.25	15.00	14.38	12-1.00	17.00	4.50	12.75	12.00	2.19	12.88	0.50	2.19	12.92	1.56
14	21.00	1.38	16.25	15.75	12-1.12	18.75	5.00	14.00	13.25	2.25	14.14	0.50	3.12	14.18	1.63
16	23.50	1.44	18.50	18.00	16-1.12	21.25	5.00	16.00	15.25	2.50	16.16	0.50	3.44	16.19	1.75
18	25.00	1.56	21.00	19.88	16-1.25	22.75	5.50	18.00	17.25	2.69	18.18	0.50	3.81	18.20	1.94
20	27.50	1.69	23.00	22.00	20-1.25	25.00	5.69	20.00	19.25	2.88	20.20	0.50	4.06	20.25	2.13
22	29.50	1.81	25.25	24.25	20-1.38	27.25	5.88	22.00	21.25	3.13	22.22	0.50	4.25	22.25	2.38
24	32.00	1.88	27.25	26.12	20-1.38	29.50	6.00	24.00	23.25	3.25	24.25	0.50	4.38	24.25	2.50

Dimensions in inches.

Tablica 3-1 Prirubnice klase #150 [7]

### 3.3.1. Konstrukcija plašta s podnicama

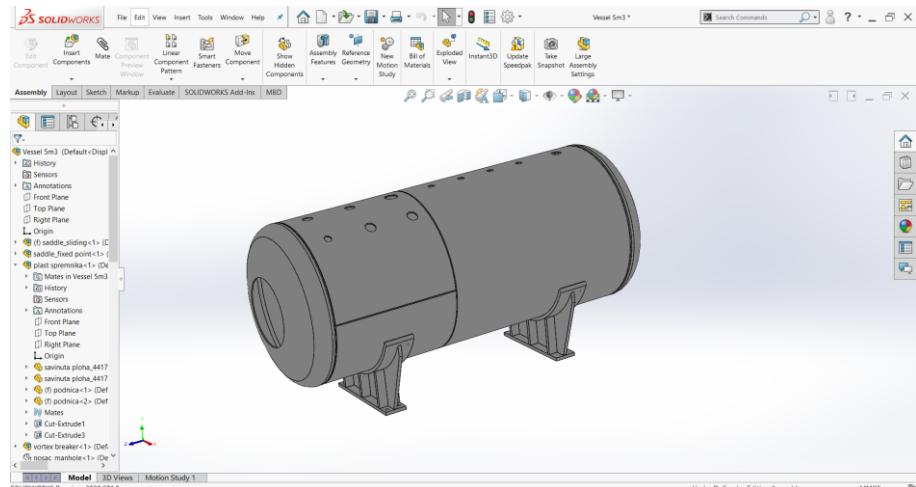
Kod konstrukcije plašta posude važno je predvidjeti kojih dimenzija će biti ploče da bi imali manje troškove proizvodnje i minimalne gubitke . Na slici 3.3 prikazan je model plašta s pripadnim podnicama. Predviđen je lim širine 2000 mm, visine 6000 mm i debljine 8 mm. Podnice su kupovna roba i dolaze gotove.



Slika 3-3 Plašt posude sa podncima

### 3.3.2. Konstrukcija sedla

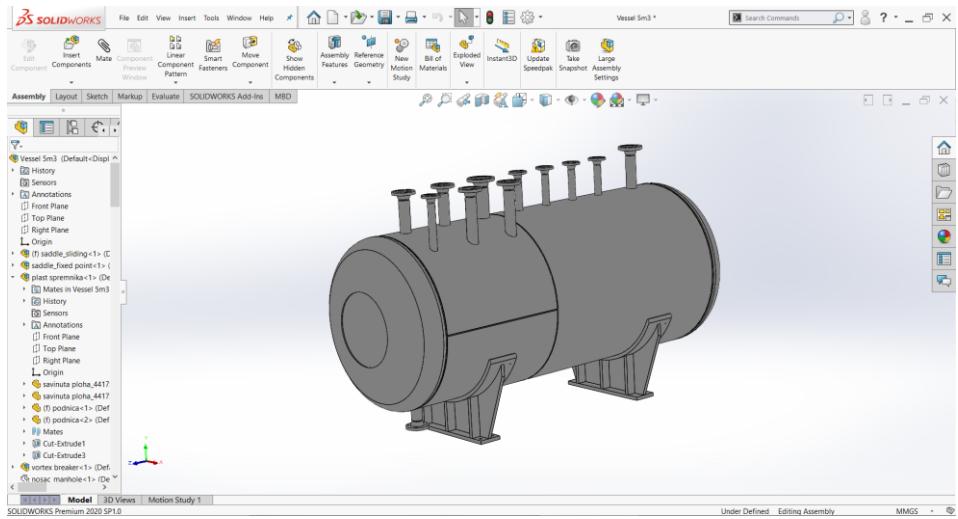
Sedla prikazana na slici 3.4. se rade na temelju inicijalne skice prikazane na slici 4.2. Proračunom je dokazano da su dva sedla dovoljna i da je minimalna debljina lima 30 mm.



Slika 3-4 Posuda sa sedlima

### 3.3.3. Konstrukcija priključaka

Priklučci se sastoje od cijevi i prirubnice s grloškom koji se zavaruju na unutarnju stijenku plašta. Na slici 3.5 prikazana je orijentacija svih priključaka. Prirubnice se naručuju prema američkom standardu „ASME B16.5“ dok su cijevi standarda „ASME B36.10M“.



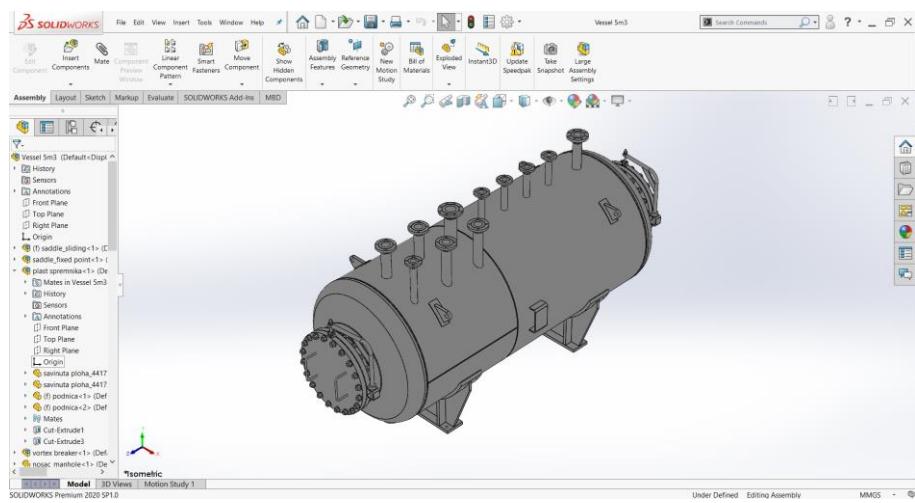
Slika 3-5 Priključci

Posuda se sastoji od ukupno 13 različitih priključaka, NPS 2 do NPS 24.

Priklučci su projektom definirani na kojoj visini se moraju nalaziti pa se stoga na temelju visine prirubnice, koje se naručuju, definiraju i dizajniraju visina svake cijevi.

### 3.3.4. Konstrukcija ulaznih otvora i podiznih uški

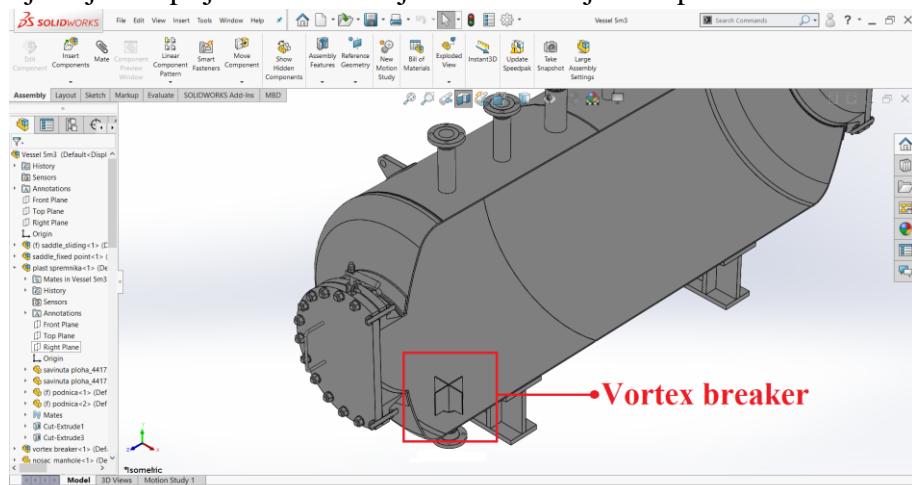
Ulagni otvori sastoje se od slijepe prirubnice, ručki za otvaranje, vijaka, matica, brtve, mehanizma za otvaranje i cijevi. Tehnologijom je utvrđeno da je isplativije da se za priključak NPS 24 koji je promjera ~610 mm ne naručuje cijev već se savija iz lima jer se radi o približno istoj debljini pa se stoga dodatno smanjuju troškovi. Podizne uške imaju dodatna ojačanja koja su prikazana na slici 3.6 čija je debljina dobivena proračunom, a za podizne uške se predviđa da budu iste debljine kao i plašt da bi imali manje otpada. Na slici je također prikazan držač za natpisnu pločicu koji je zahtjevan projektom i njegova debljina je 10 mm.



Slika 3-6 Ulagni otvori i podizne uške

### 3.3.5. Konstrukcija unutarnjih elemenata

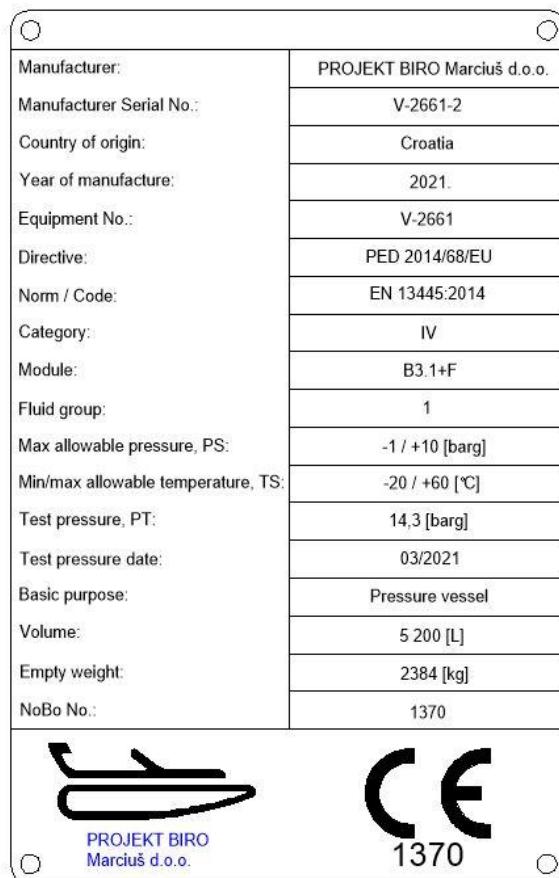
U posudi se nalazi samo jedan unutarnji element dodijeljenog naziva „Vortex breaker“. Na slici 3.7 prikazan je presjek posude gdje je vidljiv element koji se nalazi na jednom od priključaka i njegova namjena je da spriječava vrtloženje fluida za vrijeme ispusta.



Slika 3-7 Presjek posude

### 3.4. Izrada sklopnog nacrt-a

Završetkom izrade modela kreće se u postupak izrade sklopnog nacrt-a i njemu sukladnim nacrtima svih pozicija. Dokumentacija se sastoji od četiri sklopna nacrt-a i 52 pozicijska nacrt-a. Nacrti za kupovnu robu, brtve, prirubnice, vijci, matici, slijepi prirubnici se ne rade. Pravilnikom o tlačnoj opremi zahtjevano je da sav materijal ima 3.1 certifikat prema normi „EN10204“. To je norma za inspekcijske dokumente za čelične proizvode, uključujući čelične cijevi, armature, čelične ploče, itd. Certifikat sadržava sve podatke o ispitivanju koji sadrži sve specifikacije čeličnog proizvoda, uključujući kemijski sastav, težinu, mehaničku čvrstoću, veličinu, rezultate ispitivanje, sljedivost, stanje toplinske obrade, itd. Time se osigurava kvaliteta naručenog čelika za okolnosti u kojima će se koristiti. Na slici 3.8 vidljiva je natpisna pločica koja prikazuje osnovne podatke o posudi te broj koji je dodijeljen inspekcijskom tijelu za ocjenu sukladnosti od strane inspekcijske kuće, što je isto zahtjevano pravilnikom. U prilogu 1 prikazan je sklopni nacrt posude.



Slika 3-8 Natpisna pločica

## 4. Proizvodnja

### 4.1. Popis materijala

Po završetku izrade dokumentacije radi se popis i narudžba materijala za prva četiri komada serije od 16 prema popisu prikazanom u tablici 4-1. Zbog nestašice materijala na tržištu nije moguće nabaviti predviđeni lim širine 2000 mm, visine 6000 mm i debljine 8 mm nego se naručuje lim širine 2000 mm, visine 12000 mm i debljine 8 mm što je dovoljno za jedan plašt posude i ostale dijelove iz istog lima. Podnice dolaze gotove i na njima je jedino potrebna izrada rupa za ulazne otvore. Prirubnice dolaze sa zaštitnim premazom zbog zaštite od ogrebotina tijekom prijevoza koji je potrebno sačmariti.

R.br	Roba	Materijal	Dimenzije [mm]	Količina po komadu	Količina po seriji	Masa po komadu [kg]
1	Lim za posude pod pritiskom	P265GH	8 x 2000 x 12000	1	16	6.215,00
2	Lim za sedlo	S235JR, S275J2+N	30 x 1500 x 6000	1/2	8	2.880,00
3	Podnica, EN 13445	P265GH	Ø 1420 x 10	2	32	1.360,00
4	Prirubnica s grlom 300#, 3"	A105	/	1	16	6,40
5	Prirubnica s grlom 150#, 2"	A105	/	5	80	2,20
6	Prirubnica s grlom 150#, 3"	A105	/	5	80	4,60
7	Prirubnica s grlom 150#, 4"	A105	/	1	16	6,60
8	Prirubnica s grlom 150#, 24"	A105	/	2	32	97,60
9	Slijepa prirubnica #150, 24"	A105	/	2	32	202,10
10	Cijev, bešavna	P265GH	Ø 60,30 x 3,90 x 6000	1,35 m	22 m	35,00
11	Cijev, bešavna	P265GH	Ø 88,90 x 6,30 x 6000	2 m	32 m	80,00
12	Cijev, bešavna	P265GH	Ø 114,30 x 6,02 x 6000	0,27 m	4,5 m	100,00
13	Čelična šipka Ø 15	S275JR+AR	Ø 15 x 6000	1,1 m	17,6 m	17,00
14	Čelična šipka Ø 35	S275JR+AR	Ø 35 x 6000	2,2 m	35 m	92,00
15	Brtve	SS 304	/	2	32	1,20
16	Poklopci za prirubnice	Polivinil-klorid	/	13	208	6,00

Tablica 4-1 Popis materijala

## **4.2. Priprema materijala**

Prije daljnje obrade limova, šipki, cijevi i prirubnica sav materijal je potrebno sačmariti da bi se uklonile sve nečistoće, eventualna korozija te da bi se postigla što veća zavarljivost. Limovi se šalju na lasersko rezanje na potrebne dimenzije da bi dobili dijelove za cilindrični plašt i dijelove za sedla. Cijevi i čelične šipke šalju se na rezanje na tračnu pilu. Prema pravilniku o tlačnoj opremi sva oprema koja je dio tlačne opreme, a u ovom slučaju to su cijevi, prirubnice i plašt mora biti signirana. Signiranje se vrši na način da se na materijal unese šarža svakog materijal koji mu je određen proizvodnjom. Šarža je količina sirovine koja je istog kemijskog sastava, obrađena istim strojem u jednakim uvjetima i istom procesu proizvodnje. Ukoliko šarža ima veliki broj slova i brojeva, ista se može zamijeniti skrećenim oblikom (npr. L1, L2, C1, C2, P1, P2...) da bude jasno vidljivo poslije bojanja na završnoj kontroli. Radi lakšeg praćenja šarži i oznaka radi se sljedivost materijala. Sljedivost materijala je tablica gdje je za svaku poziciju prikazano od kojeg materijala je napravljeno, broj pozicije i njezin certifikat i šarža, ukoliko je potrebno dodaje se i skraćena oznaka koja zamjenjuje šaržu.

## **4.3. Zavarivanje**

Zavarivanje je spajanje dvaju ili više, istovrsnih ili raznovrsnih materijala, taljenjem ili pritiskom, sa ili bez dodavanja dodatnog materijala, na način da se dobije homogen zavaren spoj. Prema načinu spajanja metode zavarivanja se dijele u dvije velike grupe:

- Zavarivanje taljenjem, zavarivanje materijala u rastaljenom stanju na mjestu spoja, uz dodatni materijal ili bez njega. (Elektrolučno, ljevačko, laserom, plazmom, kisik acetilen, kisik propan, kisik vodik...)
- Zavarivanje pritiskom, zavarivanje materijala u čvrstom ili omekšanom stanju na mjestu spoja s pomoću pritiska ili udarca. (Kovačko, plinsko, hladno, elektrootporno, eksplozijom, trenjem, infracrvenim zračenjem...)

Oznake postupaka zavarivanja sukladno normi ISO 4063:

- 111 – REL zavarivanje
- 114 – Zavarivanje praškom punjenom žicom bez zaštite plina
- 131 – MIG postupak
- 135 – MAG postupak
- 136 – Zavarivanje praškom punjenom žicom u zaštiti aktivnog plina
- 141 – TIG postupak

- 311 – Plinsko zavarivanje
- 15 – Plazma zavarivanje
- 121 – Zavarivanje pod prahom
- 125 – Zavarivanje pod prahom korištenjem punjene žice

Vrste spoja:

- BW – sučeljeni spoj – spoj koji nastaje zavarivanjem dijelova čiji se krajevi sučeljavaju i međusobno zatvaraju kut između  $160^\circ$  i  $200^\circ$ , a najčešće je  $180^\circ$ .
- FW – kutni spoj – spoj izведен zavarivanjem samo s jedne strane ili obje, zavarivanje debljih dijelova [5]

Prije samog početka zavarivanje radi se tzv. „zavarivačka mapa“. U njoj su prikazani svi zavari s pripadnim materijalima, vrstom zavara, pripadajući WPS i WPQR, dodatni materijal te opseg za nerazorna ispitivanja. WPS je skup uputa za zavarivanje. Pomaže kod planiranja i osiguravanja kvalitete zavarenog proizvoda. Prikazani su parametri zavarivanja, kao što su vrsta spoja, položaj, osnovni materijal, dodatni materijal, zaštita, predgrijavanje i toplinska obrada nakon zavarivanja. WPQR pokriva sve parametre zavarivanja u dokumentu WPS. Osim toga, uključuje i neka zapažanja ili druga pitanja u vezi s postupcima zavarivanja ili specifičnim ispitivanjima, kao što su ispitivanja vlačne čvrstoće. [6]

#### **4.3.1. Postupak 121 SAW zavarivanja i parametri zavarivanja plašta**

121 SAW predstavlja automatsko zavarivanje taljivom žicom pod zaštitom praška. Koristi se za zavarivanje debelih i veoma debelih komada.

U WPS dokumentu pod brojem „2N1\_BW-I-12-K2-01 rev1“ (Prilog 2.) prikazani su parametri kojima se zavaruje prethodno obrađeni i savinuti lim da bi dobili plašt spremnika:

- Postupak zavarivanja: 121 SAW
- Spoj: BW-I
- Debljina lima: 8 mm
- Kontrola: radiografsko i vizualno ispitivanje
- Dodatni materijal, žica: OK Autrod 13.27, proizvođača ESAB
- Dodatni materijal, prašak: OK FLUX 10.62, proizvođača ESAB
- Broj prolaza: 3
- Predgrijavanje: DA,  $100^\circ\text{C}$
- Temperatura međuprolaza:  $150_{\max}^\circ\text{C}$

Na slici 4.1 prikazan je zavaren plašt sa podnicama.



Slika 4-1 Plašt i podnice

#### 4.3.2. Postupak 141+111 zavarivanja i parametri zavarivanja prirubnica na cijevi $\geq \emptyset 84,15$ mm

141 postupak je TIG (Tungsten Inert Gas) zavarivanje. Postupak se temelji na uspostavljanju i održavanju električnog luka između volframove metaljive elektrode i radnog komada uz zaštitu inertnog plina, odnosno mješavine plinova. TIG zavarivanje koristi izmjeničnu struju za zavarivanje aluminija, magnezija i njegovih legura. Za zavarivanje titana, bakra, čeličnih limova i ostalih materijala koristi se istosmjerna struja. 111 postupak je REL (ručno elektrolučno) zavarivanje. [5]

U WPS dokumentu pod brojem „BW-V-14-11-K1-01 rev1“ (Prilog 3.) prikazani su parametri kojima se zavaruju prirubnice na cijevi promjera  $\geq \emptyset 84,15$  mm:

- Postupak zavarivanja: 141 + 111
- Spoj: BW-V
- Debljina stijenke prirubnice, cijevi: 8 - 12 mm, 3 – 12.6 mm

- Kontrola: Magnetsko i vizualno ispitivanje
- Dodatni materijal, elektorda: EVB 50, proizvođača SZ-Elektrode Jesenice
- Dodatni materijal, žica: TIG Mo i OK Tigrod 13.09, proizvođača SZ-Elektrode Jesenice i ESAB
- Dodatni materijal, plin: Ar, proizvođača Messer
- Broj prolaza: 3
- Predgrijavanje: NE
- Temperatura međuprolaza:  $250_{\max}^{\circ}\text{C}$



*Slika 4-2 Zavarene cijevi i prirubnice*

#### **4.3.3. Parametri zavarivanja prirubnica na cijevi promjera $\geq \varnothing 38 \text{ mm}$**

U WPS dokumentu pod brojem „10N1\_BW-V-14-K1-01 rev1“ (Prilog 4.) prikazani su parametri kojima se zavaruju prirubnice na cijevi promjera  $\geq \varnothing 38 \text{ mm}$ :

- Postupak zavarivanja: 141
- Spoj: BW-V
- Debljina stijenke cijevi, prirubnice: 3-14.2 mm, 3 – 12.6 mm
- Kontrola: Magnetsko i vizualno ispitivanje
- Dodatni materijal, žica: DMO IG i OK Tigrod 13.09, proizvođača BOHLER i ESAB
- Dodatni materijal, plin: Ar, proizvođača Messer
- Broj prolaza: 2
- Predgrijavanje:  $20^{\circ}\text{C}$
- Temperatura međuprolaza:  $180_{\max}^{\circ}\text{C}$

#### **4.3.4. Parametri zavarivanja cijevi promjera $\geq \emptyset 84,15$ mm na plašt**

U WPS dokumentu pod brojem „FW-V-14-11-K1-01 rev1“ (Prilog 5.) prikazani su parametri kojima se zavaruju cijevi  $\geq \emptyset 84,15$  mm na plašt:

- Postupak zavarivanja: 141 + 111
- Spoj: BW-V + FW
- Debljina lima, cijevi: 12 mm, 3 – 12,6 mm
- Kontrola: Magnetsko i vizualno ispitivanje
- Dodatni materijal, elektorda: EVB 50, proizvođača SZ-Elektrode Jesenice
- Dodatni materijal, žica: TIG Mo i OK Tigrod 13.09, proizvođača SZ-Elektrode Jesenice i ESAB
- Dodatni materijal, plin: Ar, proizvođača Messer
- Broj prolaza: 3
- Predgrijavanje: 20 °C
- Temperatura međuprolaza: maksimalno 250<sub>max</sub> °C

Na slici 4.3 prikazane su zavarene cijevi na plašt.



*Slika 4-3 Cijevi na plaštu*

#### **4.3.5. Parametri zavarivanja cijevi promjera $\geq \emptyset 38$ mm**

U WPS dokumentu pod brojem „FW-V-14-K1-01 rev1“ (Prilog 6.) prikazani su parametri kojima se zavaruju cijevi promjera  $\geq \emptyset 38$  mm na plašt:

- Postupak zavarivanja: 141
- Spoj: BW-V + FW
- Debljina lima, cijevi: 12 mm, 3 – 14,2 mm
- Kontrola: Magnetsko i vizualno ispitivanje
- Dodatni materijal, žica: TIG Mo i OK Tigrod 13.09, proizvođača SZ-Elektrode Jesenice i ESAB
- Dodatni materijal, plin: Ar, proizvođača Messer
- Broj prolaza: 1
- Predgrijavanje: 20 °C
- Temperatura međuprolaza: maksimalno 180<sub>max</sub> °C

#### **4.3.6. Postupak 135 i parametri zavarivanja ojačanja na ulazne otvore**

135 postupak je MAG (Metal Active Gas) zavarivanje. Kod zavarivanja metalna elektroda namotana u kolut se potiskuje kroz vodilicu u pištolju za zavarivanje gdje se tali u električnom luku uz zaštitu plina i prenosi rastaljeni metal kojeg se zavaruje; koriste se aktivni plinovi. Najčešće CO<sub>2</sub> i njegove mješavine s drugim plinovima. [5]

U WPS dokumentu pod brojem „FW-V-13-11-K1-01 rev1“ (Prilog 7.) prikazani su parametri kojima se zavaruje ojačanje na podnicu posude.

- Postupak zavarivanja: 135 + 111
- Spoj: BW-V + FW
- Debljina lima: 8, 10 mm
- Kontrola: ultrazvučno i vizualno ispitivanje
- Dodatni materijal, elektorda: EVB 50, proizvođača SZ-Elektrode Jesenice
- Dodatni materijal, žica: VAC 60, proizvođača SZ-Elektrode Jesenice
- Dodatni materijal, plin: 18 % CO<sub>2</sub> + Ar, proizvođača Messer
- Broj prolaza: 2
- Predgrijavanje: DA, 120 °C
- Temperatura međuprolaza: maksimalno 250 – 300<sub>max</sub> °C

Na slici 4.4 je prikazano zavareno ojačanje na podnicu.



Slika 4-4 Ojačanja na ulaznim otvorima

#### 4.3.7. Parametri zavarivanja za kutne zavare

U WPS dokumentu pod brojem „FW-13-K1-01“ (Prilog 8.) prikazani su parametri kojima se se zavaruju kutni zvari:

- Postupak zavarivanja: 135 GMAW
- Spoj: FW
- Debljina lima: 3 – 30 mm
- Kontrola: vizualno ispitivanje
- Dodatni materijal, žica: VAC 60, proizvođača SZ-Elektrode Jesenice
- Dodatni materijal, plin: 18 % CO<sub>2</sub> + Ar, proizvođača Messer
- Broj prolaza: 2
- Predgrijavanje: DA,  $\geq 120^{\circ}\text{C}$
- Temperatura međuprolaza:  $\leq 250^{\circ}\text{C}$

Na slici 4.5 su prikazana sedla koji se zavaruju kutnim zavarima.



*Slika 4-5 Sedlo zavareno kutnim zavarima*

## 5. Kontrola nerazornim ispitivanjima

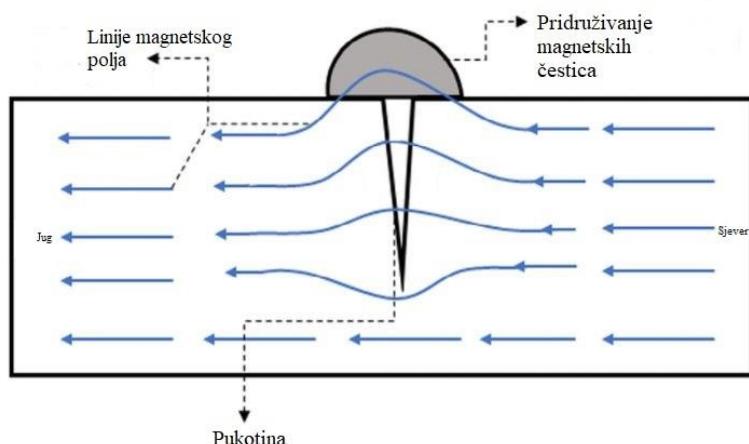
Nerazorna ispitivanja, oblik pregleda bez narušavanja sveobuhvatnog materijala, definiraju nedostatke na površini materijala koji se ispituje. Ovom se metodom može izmjeriti količina drugog materijala obuhvaćenog u materijal ili se mogu odrediti debljine slojeva boje na površinama. Podaci o dinamičkoj i statičkoj strukturi materijala dobivaju se bez oštećenja materijala kojeg ispitujemo nerazornim metodama. Neke od nerazornih kontrola su: vizualna kontrola, magnetska kontrola, radiografska kontrola, ultrazvučna kontrola. Postoje tri razine certifikata koje ispitivači mogu posjedovati: level 1, level 2 i level 3. Razine level 1 i level 2 su dovoljne za ispitivanja u proizvodnji, dok se level 3 prvenstveno koristi za izradu NDT procedura. [8]

### 5.1. Vizualna kontrola

Jednostavna metoda, a kontrola površine vrši se okom. Faktori koji utječu na kvalitetu površine, kao što su strukturni nedostaci, ispituju se pomagalom poput povećala ili samo direktno okom. U praksi kod ispitivanja nerazornim metodama preporučeno je da se prvo obavi vizualni pregled te da se zabilježe zapažanja. [8]

### 5.2. Magnetska kontrola

Metoda se zasniva na principu formiranja magnetskog polja oko vodiča kroz koji prolazi električna struja. Deformacija magnetskog polja uslijed prisustva nepravilnosti može se registrirati tako da se na objekt ispitivanja nanesu magnetske čestice koje će privući izlaženje magnetskog polja iznad mesta nepravilnosti. Potrebna je orientacija od  $45^{\circ}$  do  $90^{\circ}$  između magnetskog polja i nepravilnosti da bi se pojavila indikacija na objektu ispitivanja. [8]



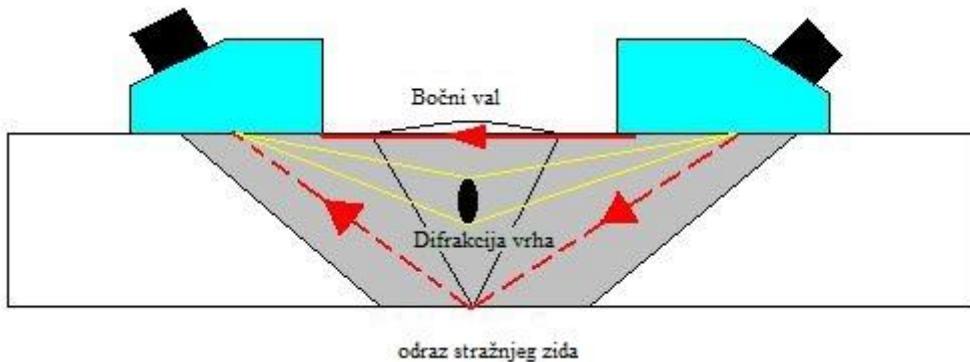
Slika 5-1 Princip magnetske kontrole

### **5.3. Radiografska kontrola**

Volumna metoda nerazornog ispitivanja koja se koristi za otkrivanje nepravilnosti koje se nalaze u materijalu i nisu otvorene prema površini. Kod ispitivanja koriste se rendgenske zrake ili gama zrake. Rendgenske zrake nastaju pri naglom kočenju ubrzanog snopa elektrona na metalnoj ploči, dok gama zrake nastaju prilikom spontanog raspada nestabilnih atomskih jezgri. Tijekom ispitivanja zrake ostavljaju trag na industrijskoj foliji, na čemu se zasniva radiografska kontrola. [8]

### **5.4. Ultrazvučna kontrola**

Metoda kod koje se zrake zvuka visoke frekvencije emitiraju u materijal s ciljem otkrivanja površinskih i dubinskih pogrešaka. Zvučni valovi prodiru u materijal i odbijaju se od površina. Ultrazvukom se otkrivaju pukotine, odvajanja, pore te ostale nehomogenosti. Većina uređaja radi na frekvencijama od 0.1 do 25 MHz, dok ljudsko uho može registrirati zvuk od 20 Hz do 20 kHz. [8]



*Slika 5-2 Princip ultrazvučne kontrole*

Kod ispitivanja tlačne posude, projektom je bilo zahtjevano da se na prvom komadu u seriji uradi 100% ultrazvučne ili radiografske kontrole, 100% vizualne kontrole i 100% magnetske kontrole. Postotak znači da se na posudi moraju ispitati zavari u zadatom postotku, određenom metodom. Ostali komadi se u seriji moraju uraditi 25% ultrazvučne ili radiografske kontrole, 100% vizualne kontrole i 100% magnetske kontrole. Ukoliko su na nekom od navednih ispitivanja pronađene greške, posuda se šalje na popravak te se ponovno obavlja ispitivanje. Kad sva ispitivanja budu pozitivna, izdaju se izvješća koja ovjeruje inspekcijsko tijelo za ocjenu sukladnosti. Filmovi koji se dobiju radiografskim ispitivanjem idu na kontrolu tijelu za ocjenu sukladnosti.



Slika 5-3 Magnetska kontrola posude

## 6. Hidrostatska tlačna proba

Ispitivanje koje se provodi kod posuda pod tlakom kako bi se provjerilo sljedeće:

- Propuštanje u dijelovima posude pod tlakom
- Ispravnost zavarenih spojeva
- Da se dokaže čvrstoća dijelova tlačne posude pod tlakom većim od radnog tlaka na temperaturi okoline

Zahtjevi kod kojih se provodi tlačna proba:

- Sredstvo ispitivanja: voda
- Ispitni tlak: 14.3 bar
- Mjesto mjerjenja tlaka: najviša točka posude
- Mjesto pražnjenja: najniža točka posude
- Vrijeme držanja pod tlakom: 30 minuta
- Svi ostali otvori gdje se ne ispituje tlak su zabrtvljeni i zatvoreni slijepim prirubnicama

Provodi se u sljedećim uvjetima/situacijama:

- Po završetku aktivnosti montaže kotla
- Po završetku godišnjeg remonta
- Na zahtjev tijela za ocjenu suklanosti zbog ispunjavanja zakonskih zahtjeva

Postupak ispitivanja:

- Sljedeći ventili moraju biti zatvoreni:
  - Ventili instrumenata koji se nalaze na tlačnoj probi
  - Svi zaklopni te ventili za odvod
- Sljedeći ventili moraju biti otvoreni:
  - Ventili za punjenje vode
  - Ventili za odzračivanje
- Osigurati kalibrirane manometre
- Uvjeti za vodu:
  - Temperaturu vode treba održavati između najmanje  $12^{\circ}\text{C}$  do najviše  $50^{\circ}\text{C}$
  - Voda i temperatura metala tlačnih dijelova trebaju biti iznad točke rošenja okolnog zraka kako bi se spriječilo stvaranje kondenzata na dijelovima koji se ispituju
- Postupak punjenja vode:
  - Otvoriti ventil dovodnog voda te započeti punjenje posude

- Nastaviti punjenje sve dok voda ne počne izlatiti kroz otvore za odzračivanje, osigurati potpuno ispuštanje zraka!
- Ne zavarivati tlačne dijelove niti dijelove pod pritiskom vode u cijevima
- Tijelo za ocjenu sukladnosti (ako je zahtjevano, i kupac) provodi inspekcije na za to predviđenim mjestima
- Ako se primijeti curenje, razina vode se mora spustiti i po potrebi isprazniti kako bi se nadziralo curenje
- U slučaju da nema curenja može se krenuti sa povećanjem tlaka unutar posude
- Tijekom podizanja tlaka, ispitni tim bi trebao obilaziti oko tlačne posude radi pregleda
- Ako je detektirano istjecanje, potrebno je isprazniti tlačnu posudu, sanirati istjecanje i ponoviti probu
- Ako nije detektirano istjecanje, tlačna posuda se može pustiti na sljedeće faze proizvodnje

Ukoliko je hidrostatska tlačna proba uspješna, tijelo za ocjenu sukladnosti izdaje ovjerenio izvješće (Prilog 9.) te se kreće u nastavak proizvodnje.



*Slika 6-1 Tlačna proba*

## **7. Finalni proizvod**

Po završetku svih koraka proizvodnje na redu je završna kontrola i isporuka. Zbog zahtjevanosti pravilnika o tlačnoj opremi, završna kontrola sastoji se od nekoliko koraka, a nju provodi inspekcijsko tijelo za ocjenu sukladnosti (ako je zahtjevano, i kupac). Prvi korak koji se obavlja je provjera materijala i oznake signiranja. Kad je posuda završena i obojana na njoj moraju biti jasno vidljive oznake signiranja kako bi se provjerila sljedivost materijala. Provjeravaju se samo dijelovi koji će raditi pod tlakom (plašt, priključci, ulazni otvor...). Kod materijala se provjerava ako imaju već prije spomenuti certifikat 3.1 i ako zadovoljavaju uvjete zadane od strane projekta ili kupca (radna temperatura, radni tlak, žilavost...). Sljedeći korak je provjera kompletne dokumentacije koja se izdaje uz svaku posudu. Svaka posudu ima svoju „Knjigu proizvodnje“ koja se ispunjava tijekom proizvodnje te sadrži sljedeće:

1. Potvrda o pregledu tipa proizvodnje, modul B3.1 + F koju izdaje tijelo za ocjenu sukladnosti
  - U njoj se navode svi uvjeti pod kojima se može izdati, a prilažu joj se nacrti i opisi potrebni za identifikaciju odobrenog tipa
2. Potvrda o sukladnosti, koju izdaje tijelo za ocjenu sukladnosti
  - Potvrda o sukladnosti građevnog proizvoda s tehničkom spcifikacijom
3. Izjava o sukladnosti, koju izdaje proizvođač
  - Izjava kojom se izjavljuje da je proizvod u skladu sa zahtjevima EU-a
4. Konstrukcijski podaci posude i opis
  - Tehnički list gdje se nalaze svi konstrukcijski podaci o posudi (tlakovi, temperature, radni medij, norme, oprema...) i detaljan opis
5. Statički proračun
  - Kompletan proračun posude
6. Popis svih crteža, uključući sklopni nacrt sa svim pozicijskim nacrtima
  - Lista svih četiri sklopna i 52 pozicijska nacrta
7. Natpisna pločica
8. Certifikati proizvođača
  - Certifikati podizvođača za zavarivanje
  - Lista WPQR-ova
  - Lista WPS-ova
  - Certifikati zavarivača
9. Zavarivački nacrt

## 10. Lista materijala

- Sljedivost materijala
- Certifikati dodatnog materijala korištenih za zavarivanje

## 11. Kontrola zavarenog spoja

- Detaljno opisane procedure za NDT
- Certifikati izvođača NDT-a
- NDT izvješća

## 12. Izvješće dimenzionalne kontrole

## 13. Tlačna proba

- Izvješće tlačne probe
- Certifikati kalibriranih manometara
- Izvješće o ispitivanju vode

## 14. Izvješće o analizi rizika

## 15. Upute za montažu i rukovanje

## 16. Izvješće bojanja

Navedenu dokumentaciju pregledava tijelo za ocjenu sukladnosti (ukoliko je zahtjevano, i kupac) te ona mora biti odobrena prije slanja posude. Po završetku finalne kontrole, posuda dobiva zeleno svjetlo te je spremna za finalnu montažu, pakiranje i isporuku. Na slici 7.1 su prikazane tri posude pred isporukom. Svaka posuda ima natpisnu pločicu koju odobrava tijelo za ocjenu sukladnosti te utiskuju žig na kojem se nalazi logo i broj prijavljenog tijela kojim se utvrđuje sukladnost proizvoda. Kod pakiranja proizvoda važno je zaštiti brtvene površine na prirubnicama pa se stoga gore stavljaju poklopci od polivinil-klorida, ulazni otvor se zabrtvljuju te zatvaraju slijepim prirubnicama. Posude se prevoze na drvenim paletama i obavezno moraju biti zaštićene termoskupljajućom folijom kako se tijekom prijevoz nebi oštetila boja. Posude se industrijskim vozilom prevoze na kamion s poluprikolicom koji ih prevozi na mjesto rada.



*Slika 7-1 Finalni proizvod*

## **8. Zaključak**

Tlačne posude su specifični proizvodi koji na prvu izgledaju jednostavno i brzo izvedivo. Međutim, dalnjim razvojem projekta povlače se mnogobrojne nejasnoće i pitanja koja se vežu na pravilnik o tlačnoj opremi. Zbog toga inspekcijsko tijelo za ocjenu sukladnosti ima presudnu ulogu - oni svojim posjetama, instrukcijama te inspekcijskim svakim tjedan dodatno olakšavaju posao. Zavarivanje je jedan od postupaka koji imaju važnu ulogu kod izrade same posude. U razgovoru s kolegama iz inspekcijske kuće zaključeno je da je kvalitetan zavar taj koji posudi omogućava nesmetan i dugogodišnji rad u pojačanim uvjetima. Svaka tvrtka koja se bavim tlačnim posudama mora imati dokumente koji sadrže sve bitne informacije kako bi se dobio kvalitetan spoj, a to je WPS dokument koji u svakom trenutku mora biti dostupan izvođaču radova. Na temelju izrađene dokumentacije, procedura i izvješća koje ovjerava inspekcijsko tijelo za ocjenu sukladnosti, utvrđeno je da je posuda napravljena prema nacrtima i zahtjevima kupca te se zaključuje da su ispunjeni svi uvjeti za prijevoz posude na gradilište, montažu te na posljetku i početak rada.

## **9. Literatura**

[1] PED direktiva 2014/68/EU. Dostupno na:

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32014L0068&from=HR>

[2] Pravilnik o tlačnoj opremi. Dostupno na:

[https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016\\_09\\_79\\_1804.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016_09_79_1804.html)

[3] Inspeksijska tijela za ocjenu sukladnosti. Dostupno na:

<https://svijet-kvalitete.com/index.php/inspekcija/768-inspeksijska-tijela-za-ocjenjivanje-sukladnosti>

[4] EN 13445, European committee for standardization, 2002

[5] Osnovni postupci zavarivanja. Dostupno na:

<https://www.zavarivanje.info/cd/2689/osnovni-postupci-zavarivanja>

[6] WPS i WPQR. Dostupno na:

<http://www.differencebetween.net/technology/industrial/difference-between-wps-and-pqr/>

[7] B16.5 ANSI prirubnice. Dostupno na:

<http://www.pipefittingweb.com/flange/pdf/ansi-flange.pdf>

[8] Metode nerazornih ispitivanja. Dostupno na:

<https://www.sertifikasyon.net/hr/hizmet/tahribatsiz-muayene-kontrolleri/>

## **Popis slika**

Slika 3-1 Početna strana proračuna .....	15
Slika 3-2 Inicijalna skica posude .....	16
Slika 3-3 Plašt posude sa podncima.....	18
Slika 3-4 Posuda sa sedlima .....	18
Slika 3-5 Prikљučci .....	19
Slika 3-6 Ulagani otvori i podizne uške .....	20
Slika 3-7 Presjek posude.....	20
Slika 3-8 Natpisna pločica.....	21
Slika 4-1 Plašt i podnice .....	25
Slika 4-2 Zavarene cijevi i prirubnice .....	26
Slika 4-3 Cijevi na plaštu.....	27
Slika 4-4 Ojačanja na ulaznim otvorima .....	29
Slika 4-5 Sedlo zavareno kutnim zavarima .....	30
Slika 5-1 Princip magnetske kontrole.....	31
Slika 5-2 Princip ultrazvučne kontrole .....	32
Slika 5-3 Magnetska kontrola posude .....	33
Slika 6-1 Tlačna proba.....	35
Slika 7-1 Finalni proizvod .....	38

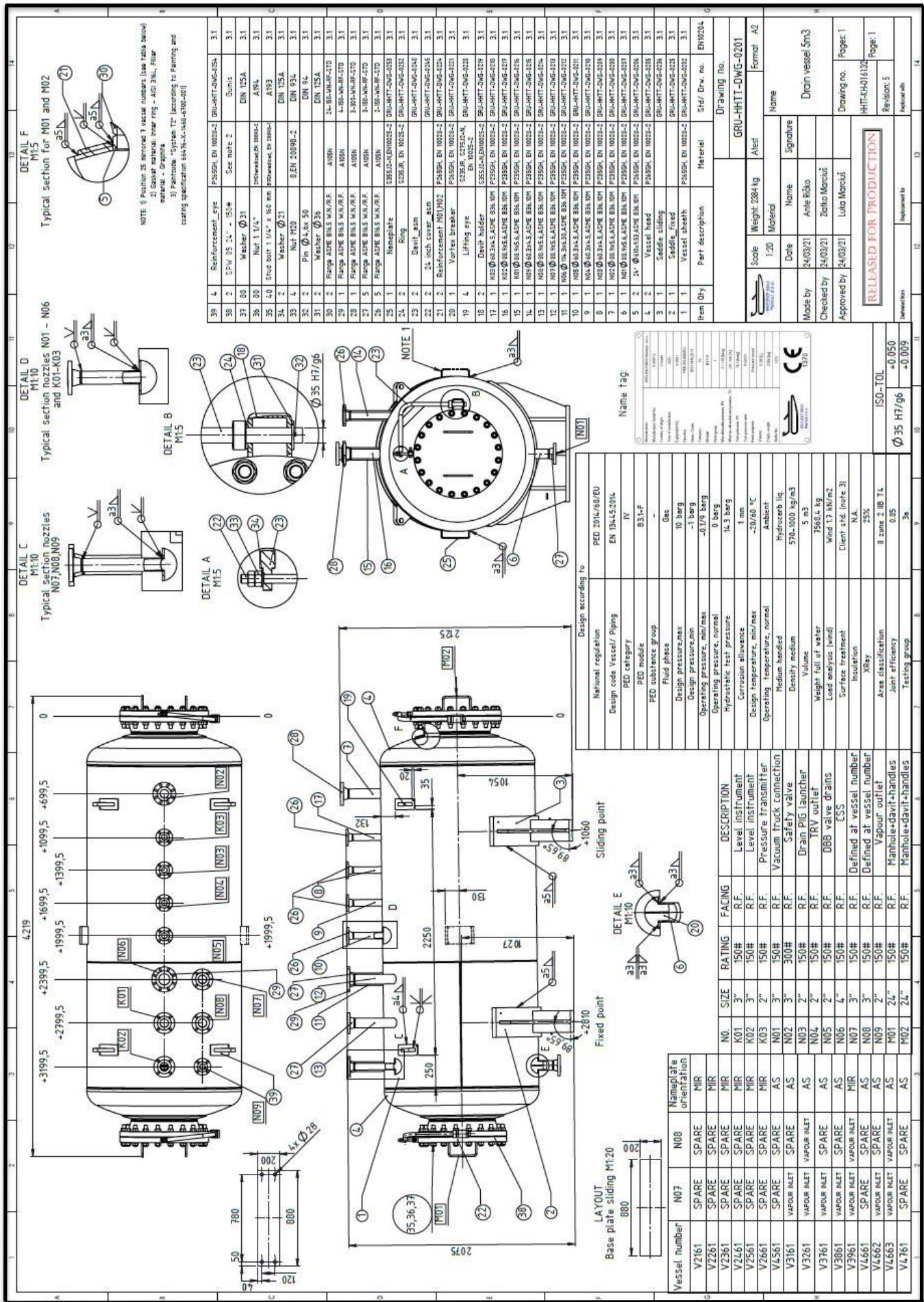
## **Popis tablica**

Tablica 3-1 Prirubnice klase #150 [7] .....	17
Tablica 4-1 Popis materijala .....	22

## **Prilozi**

1. Sklopni nacrt
2. WPS dokument - 2N1\_BW-I-12-K2-01 rev1
3. WPS dokument – BW-V-14-11-K1-01 rev1
4. WPS dokument - 10N1\_BW-V-14-K1-01 rev1
5. WPS dokument - FW-V-14-11-K1-01 rev1
6. WPS dokument – FW-V-14-K1-01
7. WPS dokument – FW-V-13-11-K1- 01 rev1
8. WPS dokument – FW-13-K1-01
9. Izvješće tlačne probe

# Prilog 1.



Prilog 2.

	SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA (SPZ) WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)	2N1_BW-I-12-K2-01 rev1	No: LW; CW
--	--	---------------------------	------------

Ime zavarivača: Welder name:	Br. No:	Objekt: Objet:	Broj crteža: Drawing No:
Postupak zavarivanja: 121 SAW Welding proces:		Spoj: BW-I, BW-Y Joint:	Klasa posude: Class:
Atest postupka br. PQR No: 07 202 9090 Z 0019/9/V/0070		Nadzorni organ: Inspection authority:	Kontrola: <input checked="" type="checkbox"/> RK/X-RAY <input type="checkbox"/> UZ/UT Control: <input type="checkbox"/> MK/MT <input checked="" type="checkbox"/> VIZ/VT

Detalj: Butt welding: Sučeljeni spoj Detail:	Koefficijent zav. spoja: Welding factor:
Osnovni matr. Base material	Poz/Itm
M1	Dio/Component
M2	Debljina/Thickness
M3	Material
M4	Group
	SHELL/PLAST
	3-16
	P355GH, P355NH, ...
	1.2
	SHELL/PLAST
	3-16
	P355GH, P355NH, ...
	1.2

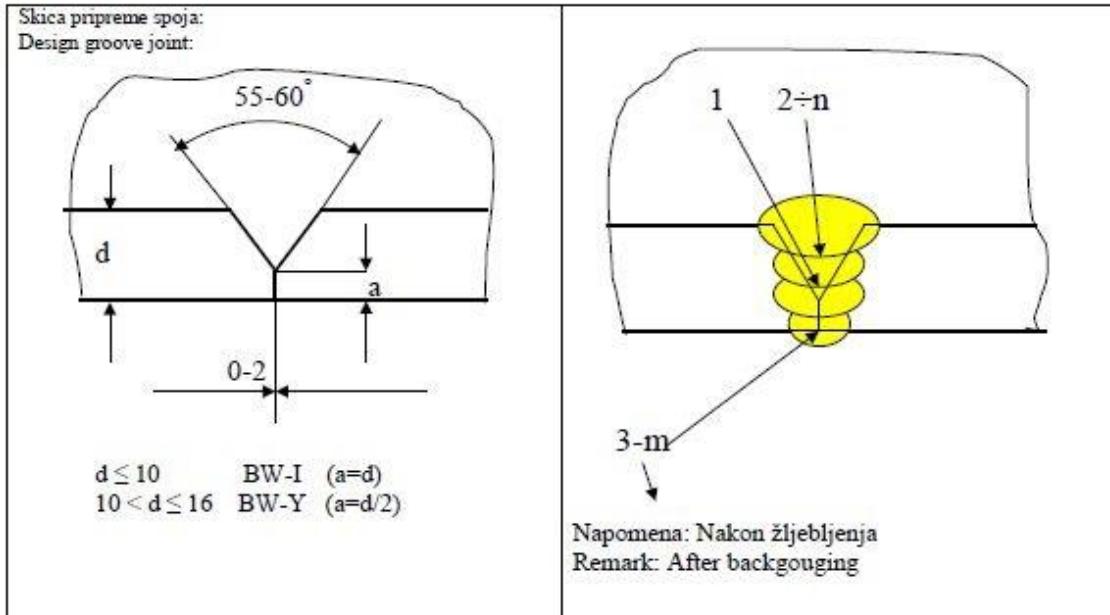
PODACI O DOD.MATERIJALU ZA ZAVARIVANJE/FILLER METALS MATERIAL DATE

Dod.matr./Fill.mater.	Naziv/Designation	Proizvođač/Manufacturer	Standard
Elektroda			EN 499:
Zica/Wire	OK Autrod 13.27	ESAB	EN ISO 14171-A: S2Ni2
Prašak/Flux	OK FLUX 10.62	ESAB	EN ISO 14174: S A FB 1 55 AC H5
Plin/Gas			EN 439:

PARAMETRI ZAVARIVANJA/Parameters of welding

Br.prol. Intpus No	Postupak zav. Welding proces	Promjer Diameter	Struja DC/AC	Jakost struje Amps (A)	Napon (V) Volts	Brzina zice(m/min) Travel speed wire	Brz.zavar (cm/min) Travel speed	Pot.plina(l/min) Gas flow rate
1	121	Ø 3	DC,+	500-530	28-30	N.A.	55-60	N.A.
2-n	121	Ø 3	DC,+	500-530	28-30	N.A.	55-60	N.A.
3-m	121	Ø 3	DC,+	500-530	28-30	N.A.	55-60	N.A.

Zljebljenje: <input checked="" type="checkbox"/> ARC <input type="checkbox"/> BRUS/Grid Backgouging: <input checked="" type="checkbox"/> DA/YES <input type="checkbox"/> NE/NO	Termička obrada: <input type="checkbox"/> da/yes Preheating treatment: <input type="checkbox"/> Ne/No	Položaj zavarivanja: Position welding:	PA
Predgrijavanje: <input checked="" type="checkbox"/> Da/Yes Preheat: <input type="checkbox"/> Ne/No	100 °C	Sušenje elektrode/pršaka Drying electrode/Flux	350°C/2h <input checked="" type="checkbox"/> Da/Yes <input type="checkbox"/> Ne/No
Temperatura međuprolaza: Intrpass temperatur;	MAX 150 °C	Njihanje elektrode: <input type="checkbox"/> Da/Yes Wave bead: <input checked="" type="checkbox"/> Ne/No	Tpl.unos: kJ/mm Heat input: 0,9-1,86



Datum: Date: 01.04.2016	Pripremio i odobrio: Prepared by:
----------------------------	--------------------------------------

Prilog 3.

	SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA (SPZ) WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)	BW-V-14-11-K1-01 rev1	No.: 7
--	---	--------------------------	--------

Ime zavarivača: * Welder name:	Br. * No:	Objekt: * Object:	Broj crteža: * Drawing No:
Postupak zavarivanja: 141+111 Welding proces: GTAW+SMAW	Spoj: BW - V Joint:	Klasa posude: * Class:	
Atest postupka br. PQR No: 0036/TBS-BB/1103-26 OM	Nadzorni organ: Inspection authority:	Kontrola: <input type="checkbox"/> RK/X-RAY <input type="checkbox"/> UZ/UT Control: <input checked="" type="checkbox"/> MK/MT <input checked="" type="checkbox"/> VIZ/VT	

\* - prema planu zavarivanja

Detalj: zavar priključaka - prirubnica Detail:	Koeficijent zav. spoja: $\nu=0,85$ Welding factor:			
Osnovni matr. Base material	Poz/Imn	Dio/Component	Debljina/Thickness	Material Standard
		flange	8-12	P250GH EN 10028-2
		TUBE > Ø84,15	3-12,6	P235GHTC1 EN 10216-2

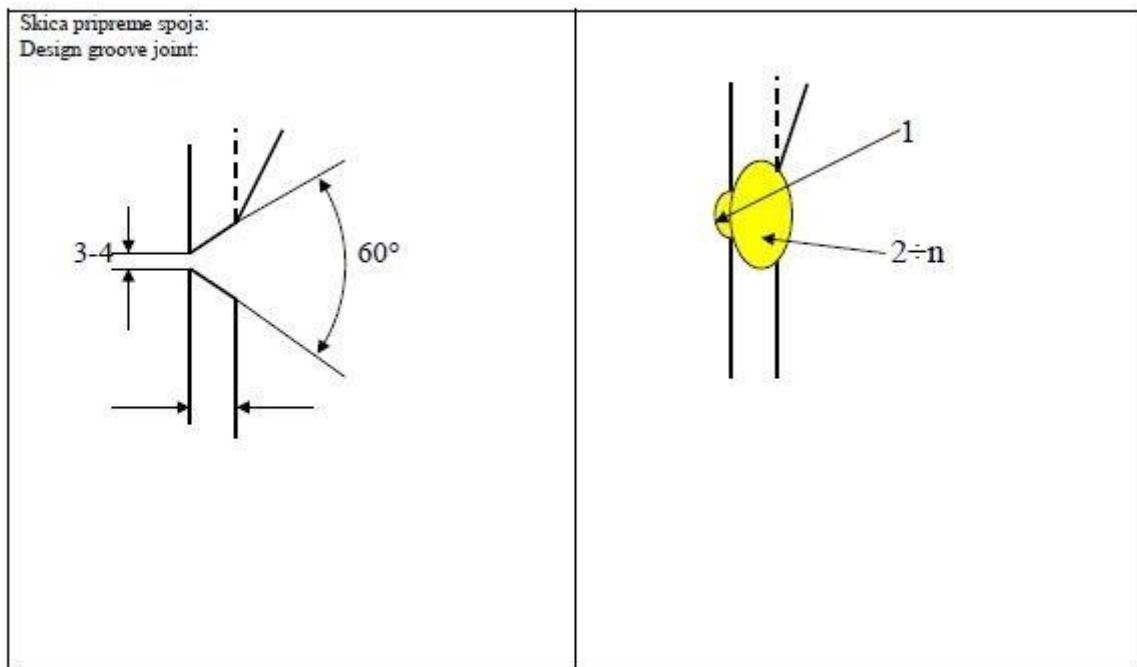
PODACI O DOD.MATERIJALU ZA ZAVARIVANJE/FILLER METALS MATERIAL DATE

Dod.matr./Fill.mater.	Naziv/Designation	Proizvođač/Manufacturer	Standard
Elektroda	EVB 50	SŽ Elektrode Jesenice	EN 499:E 42 4 32 HS
Zica/Wire	TIG Mo , OK Tigrod 13.09	SZ-Elektrode Jesenice, ESAB	EN 12070:W MoSi
Prašak/Flux			EN 760:
Plin/Gas	Ar	Messer	EN 14175:II

PARAMETRI ZAVARIVANJA/Parameters of welding

Br prot. Intpus No	Postupak zav. Welding proces	Promjer Diameter	Struja DC/AC	Jakost struje Amps (A)	Napon (V) Volts	Brzina žice(m/min) Travel speed wire	Brz.zavar.(cm/min) Travel speed	Pot plina(l/min) Gas flow rate
1+2	141	Ø2,4	DC,-	100-120	16-18		6-9	10-12
3+n	111	Ø3,25	DC,+	120-130	20-22		9-12	

Žlebljenje : <input type="checkbox"/> ARC <input type="checkbox"/> BRUŠ./Grd. Backgouging: <input type="checkbox"/> DA/YES <input checked="" type="checkbox"/> NE/NO	Termička obrada: <input type="checkbox"/> da/yes Heat treatment: <input checked="" type="checkbox"/> Ne/No	Položaj zavarivanja: Position welding:	PB
Predgnijavanje: <input type="checkbox"/> Da/Yes Preheat: <input checked="" type="checkbox"/> Ne/No	/ °C	Sušenje elektrode/prška Drying electrode/Flux	350°C/2h <input checked="" type="checkbox"/> Da/Yes <input type="checkbox"/> Ne/No
Temperatura međuprolaza: Intpass temperatur:	250 <sub>max</sub> °C	Njihanje elektrode: <input type="checkbox"/> Da/Yes Wave bead: <input checked="" type="checkbox"/> Ne/No	Tpl.unos: kJ/mm Heat input: 0,85-1,55



Datum: Date: 18.12.2015	Pripremio i odobrio: Prepared by:
----------------------------	--------------------------------------

Prilog 4.

		SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA (SPZ) WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)			10N1_BW-V-14-K1-01 rev1	No.: 6
Ime zavarivača: * Welder name:		Br. * No:	Objekt: * Object:	Broj crteža:Nr.: * Drawing No:		
Postupak zavarivanja: 141 Welding proces:		Spoj: BW-V Joint:		Klasa posude: * Class:		
Atest postupka br. PQR No: 072029090Z2623/13/V/001		Nadzomi organ: Inspection authority:		Kontrola: <input type="checkbox"/> RK/X-RAY <input type="checkbox"/> UZ/UT Control: <input checked="" type="checkbox"/> MK/MT <input checked="" type="checkbox"/> VIZ/VT		
* - prema planu zavarivanja						
Detalj: Tube -flange; tube-tube Detail:			Koefficijent zav. spoja: v=0,85 Welding factor:			
Osnovni matr. Base material	Poz/Itm	Dio/Component	Debljina/Thickness	Material	Standard	
		TUBE > Ø38	3÷14,2	P 235 GH TC1	EN 10216-2	
		FLANGE		C 22.8		
PODACI O DOD.MATERIJALU ZA ZAVARIVANJE/FILLER METALS MATERIAL DATE						
Dod.matr./Fill.mater.	Naziv/Designation		Proizvodač/Manufacturer	Standard		
Elektroda				EN ISO 2560-A:		
Zica/Wire (TIG)	DMO IG, OK Tigrod 13.09		BOHLER, ESAB	EN ISO 21952-A: W MoSi		
Prašak/Flux				EN ISO 14174:		
Plin/Gas	Ar		MESSER	EN 14175: II		
PARAMETRI ZAVARIVANJA/Parameters of welding						
Br.prol. Intrpas No	Postupak zav. Welding proces	Promjer Diameter	Struja DC/AC	Jakost struje Amps (A)	Napon (V) Volts	Brzina zice(cm/min) Travel speed wire
1	141	Ø 2,4	DC,-	100-120	11-13	4-6
2-n	141	Ø 2,4	DC,-	100-120	11-13	4-6
Pot.plina(l/min) Gas flow rate						
Zlijebljenje: <input type="checkbox"/> ARC <input type="checkbox"/> BRUŠ./Grd. Backgouging: <input type="checkbox"/> DA/YES <input checked="" type="checkbox"/> NE/NO		Termička obrada: <input type="checkbox"/> da/yes Heat treatment: <input checked="" type="checkbox"/> Ne/No		Položaj zavarivanja: Position welding:		PA / PH
Predgnijavanje: <input type="checkbox"/> Da/Yes Preheat: <input type="checkbox"/> Ne/No		20 °C		Sušenje elektrode/praća Drying electrode/Flux		350°C/2h <input checked="" type="checkbox"/> Da/Yes <input type="checkbox"/> Ne/No
Temperatura međuprolaza: Interpass temperatur:		180 <sub>max</sub> °C		Njihanje elektrode: <input checked="" type="checkbox"/> Da/Yes Wave bead: <input type="checkbox"/> max0,6mm <input type="checkbox"/> Ne/No		Templ.unos:kJ/mm Heat input: 0,68÷2,16
<p>Skica pripreme spoja: Design groove joint:</p>						
Datum: Date: 2.9.2014	Pripremio i odobrio: Prepared by:					

Prilog 5.

	SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA (SPZ) WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)			FW-V-14-11-K1-01 rev1	No.: 4			
Ime zavarivača: * Welder name:	Br. * No:	Objekt: * Object:	Broj crteža: * Drawing No.:					
Postupak zavarivanja: 141+111 Welding proces: GTAW+SMAW	Spoj: BW-V + FW Joint:		Klasa posude: * Class:					
Atest postupka br. PQR No: 0036/TBS-BB/1103-26 OM	Nadzorni organ: Inspection authority:		Kontrola: <input type="checkbox"/> RK/X-RAY <input type="checkbox"/> UZ/UT Control: <input checked="" type="checkbox"/> MK/MT <input checked="" type="checkbox"/> VIZ/VT					
* - prema planu zavarivanja								
Detalj: zavar priključaka na plašť Detail:			Koefficijent zav. spoja: v=0,85 Welding factor:					
Osnovni matr. Base material	Poz/Imn	Dio/Component shell	Debljina/Thickness 12	Material P265GH	Standard EN 10028-2			
		TUBE $\geq \varnothing 84,15$	3÷12,6	P235GHTC1	EN 10216-2			
PODACI O DOD MATERIJALU ZA ZAVARIVANJE/FILLER METALS MATERIAL DATE								
Dod.matr./Fill.mater.	Naziv/Designation		Proizvodač/Manufacturer	Standard				
Elektroda	EVB 50		SZ Elektrode Jesenice	EN 499-E 42 4 32 HS				
Zica/Wire	TIG Mo , OK Tigrod 13.09		SZ-Elektrode Jesenice, ESAB	EN 12070:W MoSi				
Prašak/Flux	-			EN 760:				
Plin/Gas	Ar		Messer	EN 14175:II				
PARAMETRI ZAVARIVANJA/Parameters of welding								
Br.prol. Intres No	Postupak zav. Welding proces	Promjer Diameter	Struja DC/AC	Jakost struje Amps (A)	Napon (V) Volts	Brzina žice(m/min) Travel speed wire	Brz zavar (cm/min) Travel speed	Pot.plina(l/min) Gas flow rate
1-2	141	$\varnothing 2,4$	DC,-	100-120	16-18		6-9	10-12
3-n	111	$\varnothing 3,25$	DC,+	120-130	20-22		9-12	
Žlijebljenje : <input type="checkbox"/> ARC <input type="checkbox"/> BRUŠ./Grd. Backgouging: <input type="checkbox"/> DA/YES <input checked="" type="checkbox"/> NE/NO	Termička obrada: <input type="checkbox"/> da/yes Heat treatment: <input checked="" type="checkbox"/> Ne/No			Položaj zavarivanja: Position welding:			PA	
Predgrijavanje: <input type="checkbox"/> Da/Yes Preheat: <input type="checkbox"/> Ne/No	20 °C			Sušenje elektrode/praška Drying electrode/flux			350°C/2h <input checked="" type="checkbox"/> Da/Yes <input type="checkbox"/> Ne/No	
Temperatura međuprolaza: Intrepass temperatur:	250 <sub>max</sub> °C			Njihanje elektrode: <input type="checkbox"/> Da/Yes Wave bead: <input checked="" type="checkbox"/> Ne/No			Tpl.unos: kJ/mm Heat input: 0,85±1,55	
Skica pripreme spoja: Design groove joint:								
Datum: Date: 18.12.2015	Pripremio i odobrio Prepared by:							

Prilog 6.

	SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA (SPZ) WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)	FW-V-14-K1-01 revl	No.: 5
--	---	-----------------------	--------

Ime zavarivača: * Welder name:	Br. * No:	Objekt: * Object:	Broj crteža: * Drawing No:
Postupak zavarivanja: 141 Welding proces: GTAW		Spoj: BW-V + FW Joint:	Klasa posude: * Class:
Atest postupka br. PQR No: 072029090Z2623/13/V/001		Nadzomi organ: Inspection authority:	Kontrola: <input type="checkbox"/> RK/X-RAY <input type="checkbox"/> UZ/UT Control: <input checked="" type="checkbox"/> MK/MT <input checked="" type="checkbox"/> VIZ/VT

\* - prema planu zavarivanja

Detalj: zavar priključaka na plašť Detail:	Koefficijent zav. spoja: $v=0,85$ Welding factor:				
Osnovni mater. Base material	Poz/Itm	Dio/Component	Debljina/Thickness	Material	Standard
		shell	12	P265GH	EN 10028-2
		TUBE $\geq \varnothing 38$	3+14,2	P235GHTC1	EN 10216-2

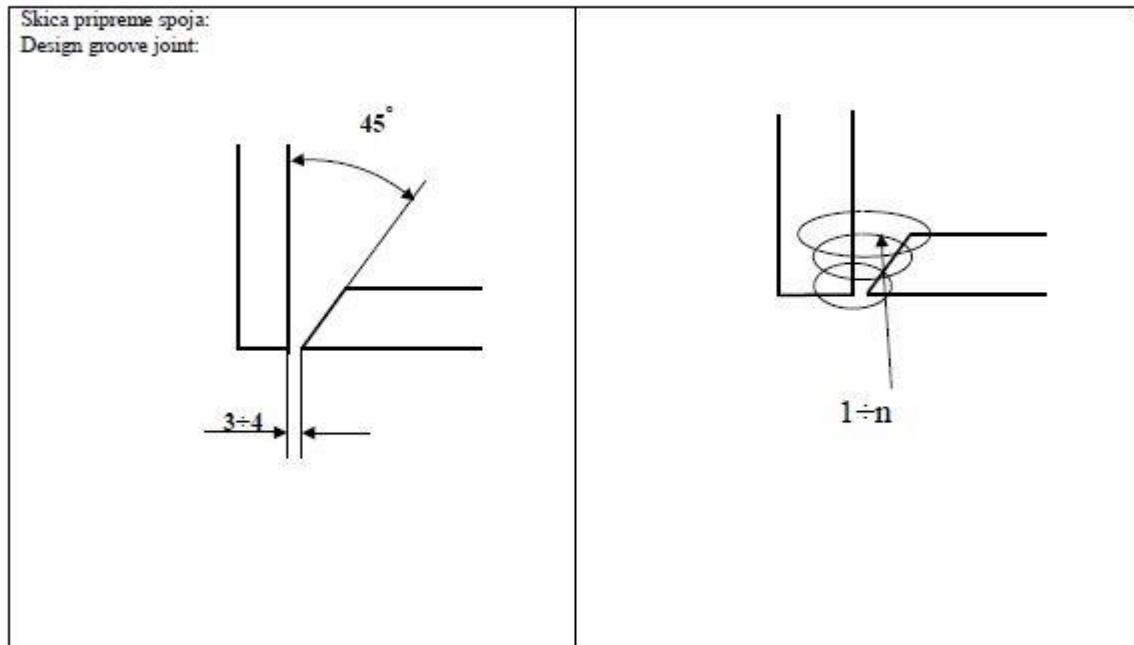
PODACI O DOD.MATERIJALU ZA ZAVARIVANJE/FILLER METALS MATERIAL DATE

Dod.matr./Fill.mater.	Naziv/Designation	Proizvodač/Manufacturer	Standard
Elektroda			EN 499:
Zica/Wire	TIG Mo , OK Tigrod 13.09	SZ-Elektrode Jesenice, ESAB	EN 12070:W MoSi
Prašak/Flux	-	-	EN 760:
Plin/Gas	Ar	Messer	EN 14175:II

PARAMETRI ZAVARIVANJA/Parameters of welding

Br.prol. Intres No	Postupak zav. Welding proces	Promjer Diametar	Struja DC/AC	Jakost struje Amps (A)	Napon (V) Volts	Brzina zice/mm/min Travel speed wire	Brz.zavar.(cm/min) Travel speed	Pot plina/l/min) Gas flow rate
1	141	$\varnothing 2,4$	DC,-	100-120	11-13		4-6	10-12

Zljebljenje : <input type="checkbox"/> ARC <input type="checkbox"/> BRUŠ./Grd. Backgouging: <input type="checkbox"/> DA/YES <input checked="" type="checkbox"/> NE/NO	Termička obrada: <input type="checkbox"/> da/yes Heat treatment: <input checked="" type="checkbox"/> Ne/No	Položaj zavarivanja: Position welding	PA
Predgrijavanje: <input type="checkbox"/> Da/Yes Preheat: <input type="checkbox"/> Ne/No	20 °C	Sušenje elektrode/prška Drying electrode/Flux	350°C/2h <input checked="" type="checkbox"/> Da/Yes <input type="checkbox"/> Ne/No
Temperatura međuprolaza: Interpass temperatur;	180 <sub>max</sub> °C	Njihanje elektrode: <input checked="" type="checkbox"/> Da/Yes Wave bead: max $9,6\text{mm}$ <input type="checkbox"/> Ne/No	Tpl.unos: kJ/mm Heat input: 0,68±2,16



Datum: Date: 18.12.2015	Pripremio i odobrio: Prepared by:
----------------------------	--------------------------------------

Prilog 7.

	SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA (SPZ) WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)			FW-V-13-11-K1-01 rev1	No.: 3			
Ime zavarivača: * Welder name:		Br. * No:	Objekt: * Object:	Broj crteža: * Drawing No:				
Postupak zavarivanja: 135+111 Welding proces:		Spoj: BW-V + FW Joint:		Klasa posude: * Class:				
Atest postupka br. PQR No: 0036/TBS-BB-LJ/0603/101-TPK-O		Nadzorni organ: Inspection authority:		Kontrola: <input type="checkbox"/> RK/X-RAY <input checked="" type="checkbox"/> UZ/UT Control: <input type="checkbox"/> MK/MT <input checked="" type="checkbox"/> VIZ/VT				
* - prema planu zavarivanja								
Detalj: head - shell M01, M02 - reinforcement Detail:			Koefficijent zav. spoja: v=0,85 Welding factor:					
Osnovni matr. Base material	Poz/Itm	Dio/Component	Debljina/Thickness	Material	Standard			
		head	10	P265GH	EN 10028-2			
		shell M01, M02	10	P265GH	EN 10028-2			
		reinforcement	8	P265GH	EN 10028-2			
PODACI O DOD.MATERIJALU ZA ZAVARIVANJE/FILLER METALS MATERIAL DATE								
Dod.matr./Fill.mater.	Naziv/Designation		Proizvođač/Manufacturer	Standard				
Elektroda	EVB 50		SZ Elektrode Jesenice	EN 499-E 42 4 32 H5				
Zica/Wire	VAC 60		SZ-Elektrode Jesenice	EN 440:G3Si1				
Pršak/Flux				EN 760:				
Plin/Gas	18% CO <sub>2</sub> +Ar		Messer	EN 14175:M21				
PARAMETRI ZAVARIVANJA/Parameters of welding								
Br.prol. Intrpas No	Postupak zav. Welding proces	Promjer Diameter	Struja DC/AC	Jakost struje Amps (A)	Napon (V) Volts	Brzina žice(cm/min) Travel speed wire	Brz.zavar(cm/min) Travel speed	Pot.plina(l/min) Gas flow rate
1-n	135	1,2	DC,+	110-130	20-22		30-35	12-16
2-n	111	4	DC,+	140-170	20-22		12-15	
Zljebljenje: <input type="checkbox"/> ARC <input checked="" type="checkbox"/> BRUŠ./Grd. Backgouging: <input checked="" type="checkbox"/> DA/YES <input type="checkbox"/> NENO		Termička obrada: <input type="checkbox"/> da/yes Heat treatment: <input checked="" type="checkbox"/> Ne/No		Položaj zavarivanja: Position welding:		PB		
Predgrijavanje: <input checked="" type="checkbox"/> Da/Yes Preheat: <input type="checkbox"/> Ne/No		120 °C		Sušenje elektrode/prška Drying electrode/Flux		350°C/2h <input checked="" type="checkbox"/> Da/Yes <input type="checkbox"/> Ne/No		
Temperatura međuprolaza: Intrpass temperatur:		250+300 <sub>max</sub> °C		Njihanje elektrode: <input checked="" type="checkbox"/> Da/Yes Wave bead: <input type="checkbox"/> Ne/No		Tpl.unos: kJ/mm Heat input: 0,5-1,55		
<p>Skica pripreme spoja: Design groove joint:</p>						<p>Napomena: Zavar ojačanja za priključak i podnicu bubnja! (zavariti nakon ispitivanja zavara priključka!) Note: Reinforcement weld for connection and head! (weld after connection weld test!)</p>		
Datum: Date: 29.01.2021.	Pripremio i odobrio: Prepared by:							

Prilog 8.

	SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA (SPZ) WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)			FW-13-K1-01 rev1	No.: 8
--	---	--	--	---------------------	--------

Ime zavarivača: * Welder name:	Br. * No:	Objekt: * Object:	Broj crteža:Nr.: * Drawing No:
Postupak zavarivanja: 135 GMAW Welding proces: MAG	Spoj: FW Joint:	Klasa posude: * Class:	
Atest postupka br. PQR No: 16271, rev.1	Nadzorni organ: Inspection authority:	Kontrola: <input type="checkbox"/> RK/X-RAY <input type="checkbox"/> UZ/UT Control: <input type="checkbox"/> MK/MT <input checked="" type="checkbox"/> VIZ/VT	

\* - according to the welding plan

Detalj: Detail:	Koefficijent zav. spoja: $v=0,85$ Welding factor:			
Osnovni matr. Base material	Poz/Itm	Dio/Component	Debljina/Thickness	Material
		pozicije za kutne zavare	3-30	P265GH
		pozicije za kutne zavare	3-30	P265GH
				EN 10028-2
				EN 10028-2

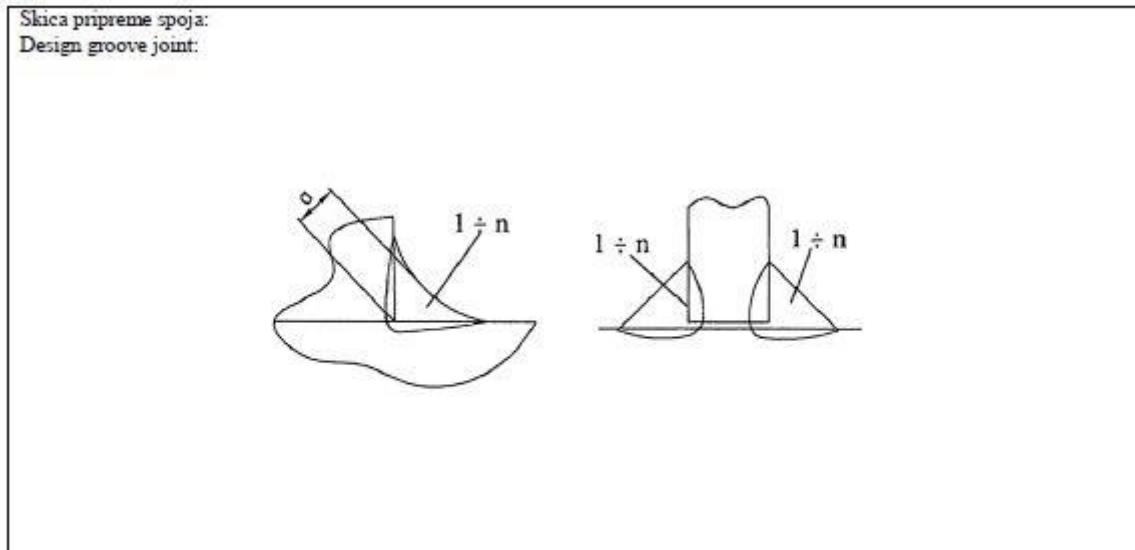
PODACI O DOD.MATERIJALU ZA ZAVARIVANJE/FILLER METALS MATERIAL DATE

Dod.matr./Fill.mater.	Naziv/Designation	Proizvođač/Manufacturer	Standard
Elektroda			EN 499:
Zica/Wire	VAC 60	SZ-Elektrode Jesenice	EN ISO 2560-A: G3 Si1
Prašak/Flux	-		EN 760:
Plin/Gas	18% CO2+Ar	Messer	EN 14175: M21

PARAMETRI ZAVARIVANJA/Parameters of welding

Br prot. Int�as No	Postupak zav. Welding proces	Pronjek. Diameter	Struja DC/AC	Jakost struje Amps (A)	Napon (V) Volts	Brizina zice(m/min) Travel speed wire	Brz zavar (cm/min) Travel speed	Pot plina(l/min) Gas flow rate
1	135	1,2	DC,+	230-250	28-30		35-40	12-15
2+n	135	1,2	DC,+	250-260	30-32		18-22	12-15

Žljebljenje : <input type="checkbox"/> ARC <input checked="" type="checkbox"/> BRUŠ./Grd. Backgouging: <input checked="" type="checkbox"/> DAVES <input type="checkbox"/> NE/NO	Termička obrada: <input type="checkbox"/> da/yes Heat treatment: <input checked="" type="checkbox"/> Ne/No	Položaj zavarivanja: Position welding:	PB / PH
Predgnijavanje: <input checked="" type="checkbox"/> Da/Yes Preheat: <input type="checkbox"/> Ne/No	$\geq 120^{\circ}\text{C}$	Sušenje elektrode/pršaka Drying electrode/Flux	350°C/2h <input checked="" type="checkbox"/> Da/Yes <input type="checkbox"/> Ne/No
Temperatura međuprolaza: Interpass temperatur:	$\leq 250^{\circ}\text{C}$	Njihanje elektrode: <input checked="" type="checkbox"/> Da/Yes Wave bead: <input type="checkbox"/> Ne/No	Tpl.unos: kJ/mm Heat input: 1,03-2,45



Prilog 9.



PROJEKT BIRO Marciuš d.o.o.

Za projektiranje i nadzor

OIB: 83355909287

Responsible person: Ante Ričko

ISPITNI LIST TLAČNE PROBE / PRESSURE TEST REPORT			
Kupac / Customer		Broj dok. / Doc. No	V5/V-2561/21
Proizvod / Product	Drain vessel Sm3	Crtež broj / Drawing No.	GRU-HHTT-DWG-0201
Tvornički broj / Serial No.	V-2561	Radni nalog / Work order	02.01.20

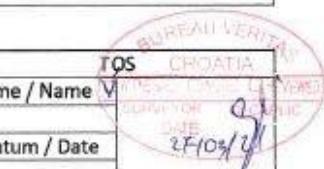
Sredstvo / Temperatura Medium / Temperature	Voda / Water, 12°C
Ispitni tlak Test pressure	14,3 barg
Mjesto mjerena Measured form	Priklučak N02
Mjerni instrument Measuring instrument	Manometar No. 232.50.100
Manometar	Calibration No. C - 3182, 0772

Vrijeme mjeranja Measure time	Početak Beginning	09:50 h
	Završetak End	10:20 h
	Trajanje Duration	30 min.

Zapažanja Notice	N/A
---------------------	-----

Ispitivanju prisustvovali / Examination attended
--

Proizvođač / Manufacturer	Kupac / Customer	TOS	CROATIA
Ime / Name	Ime / Name	Ime / Name	Ime / Name
		V	PROJEKT BIRO MARCIUŠ d.o.o.
Datum / Date	Datum / Date	Datum / Date	Datum / Date
		27/10/21	27/10/21



Izradio / Made by:	Kontrolirao / Control by:	Odobrio / Approved by:	Projekt / Project:
Ante Ričko			