

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU

DIPLOMSKI RAD

sveučilišnog diplomskog studija

Danijel Štrbac
12138130

Slavonski Brod, 2015.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU

DIPLOMSKI RAD

sveučilišnog diplomskog studija

Danijel Štrbac
12138130

Voditelj diplomskog rada:
Izv. prof. dr. sc. Tomislav Galeta

Slavonski Brod, 2015.

I. AUTOR

Ime i prezime: Danijel Štrbac
Mjesto i datum rođenja: Slavonski Brod, 29.06.1991..
Adresa: Lužani, Vladimira Nazora 178

STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU

II. DIPLOMSKI RAD

Naslov: Izrada dijagrama cjevovoda i instrumentacije pomoću računala

Naslov na engleskom jeziku: Pipe and instrumentation diagram computer design

Ključne riječi: dijagram cjevovoda i instrumentacije, parni kotao, AutoCAD Plant 3D, projektiranje, izvješće

Ključne riječi na engleskom jeziku: pipe and instrumentation diagram (P&ID), steam boiler, AutoCAD Plant 3D, design, report

Broj stranica: 66 slika: 63 tablica: 10 priloga: 2 bibliografskih izvora: 14

Ustanova i mjesto gdje je rad izrađen: STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU

Stečen akademski naziv: **Sveučilišni magistar inženjer strojarstva**

Mentor rada: Izv. prof. dr. sc. Tomislav Galeta

Obranjeno na **Strojarskom fakultetu** u Slavonskom Brodu

dana _____

Oznaka i redni broj rada: _____

IZJAVA

Izjavljujem da sam diplomski rad izradio samostalno, koristeći se vlastitim znanjem i navedenom literaturom.

U radu mi je pomogao savjetima i uputama mentor diplomskog rada izv. prof. dr. sc. Tomislav Galeta te mu iskreno zahvaljujem.

Zahvaljujem i Damiru Šimuniću i Tihomiru Kovačeviću iz tvrke Đuro Đaković Termoenergetska Postrojenja d.o.o. za ustupanje potrebnih materijala za izradu rada te za savjete pri izradi.

Također se zahvaljujem Bojanu Stürmeru iz tvrkte Prior za pomoć pri instalaciji programa Autodesk AutoCAD Plant 3D

SAŽETAK

U radu je opisana funkcija dijagrama cjevovoda i instrumentacije pri projektiranju, održavanju te remontu postrojenja. Također su analizirani glavni dijelovi dijagrama, sistematika postavljanja tih dijelova te određene specifičnosti dijagrama. Postupak izrade prikazan je na dijelu parnog kotla, odnosno crtežu "Shema fine armature kotla". Za izradu dijagrama korišten je računalni program Autodesk AutoCAD Plant 3D čije su mogućnosti prikazane i objašnjene u radu. Osim izrade crteža, prikazana je i validacija dijagrama cjevovoda i instrumentacije te generiranje izvješća pomoću programa. Također je dan pregled ostalog dostupnog softvera za izradu dijagrama cjevovoda i instrumentacije. Zaključno su razmotrene određene prednosti i ograničenja programa AutoCAD Plant 3D.

Ključne riječi: dijagram cjevovoda i instrumentacije, parni kotao, AutoCAD Plant 3D, projektiranje, izvješće

ABSTRACT

This paper describes a function of pipe and instrumentation diagrams during plant construction, maintenance and repair. Pipe and instrumentation diagrams specifics, construction and main parts are analyzed as well. Diagram construction procedure is described on steam boiler part called "Shema fine armature kotla". For the purpose of P&ID design Autodesk computer program AutoCAD Plant 3D has been used. Its capabilities and specifics are shown in this thesis. Beside P&ID construction, validation of P&ID and report generating is described in the same program. Overview of other available software for P&ID creation is given and in the end some of AutoCAD Plant 3D advantages and limitations are discussed.

Keywords: pipe and instrumentation diagram (P&ID), steam boiler, AutoCAD Plant 3D, design, report

SADRŽAJ

PREGLED VELIČINA, OZNAKA I JEDINICA

1	UVOD	1
2	DIJAGRAMI CJEVOVODA I INSTRUMENTACIJE	3
2.1	KONSTRUKCIJA DIJAGRAMA.....	3
2.1.1	<i>Karakteristike P&I dijagrama</i>	<i>4</i>
2.1.2	<i>Dizajn crteža</i>	<i>5</i>
2.1.3	<i>Sastavnica, revizija i tumač simbola.....</i>	<i>7</i>
2.2	CIJEVNE LINIJE.....	9
2.2.1	<i>Označavanje cijevnih linija.....</i>	<i>9</i>
2.2.2	<i>Simboli procesnih linija na P&I dijagramu.....</i>	<i>11</i>
2.2.3	<i>Dodatne oznake procesnih linija.....</i>	<i>12</i>
2.3	ELEMENTI P&I DIJAGRAMA	13
2.3.1	<i>Cijevi</i>	<i>13</i>
2.3.2	<i>Ventili</i>	<i>15</i>
2.3.3	<i>Instrumentacija</i>	<i>20</i>
2.3.4	<i>Oprema.....</i>	<i>24</i>
3	PROGRAMI ZA IZRADU P&I DIJAGRAMA.....	27
3.1	AUTODESK AUTOCAD PLANT 3D	27
3.2	OSTALI PROGRAMI ZA IZRADU P&I DIJAGRAMA	29
3.2.1	<i>Aveva P&ID</i>	<i>29</i>
3.2.2	<i>Comos.....</i>	<i>31</i>
3.2.3	<i>SmartPlant® P&ID.....</i>	<i>33</i>
4	IZRADA P&I DIJAGRAMA U AUTODESK AUTOCAD PLANT 3D.....	34
4.1.	STVARANJE PROJEKTA.....	34
4.2	UREĐIVANJE KLASE OBJEKTA.....	35
4.2.1	<i>Stvaranje i uređivanje simbola komponente</i>	<i>36</i>
4.2.2	<i>Nasljeđivanje svojstava – "Property Acquisition"</i>	<i>37</i>
4.2.3	<i>Liste svojstava - "Selection Lists"</i>	<i>38</i>
4.2.4	<i>Liste simbola</i>	<i>39</i>
4.2.5	<i>Uređivanje oznaka - engl. Tag Editing</i>	<i>40</i>
4.3	UREĐIVANJE CRTEŽA.....	41
4.3.1	<i>Uređivanje prostora crtanja</i>	<i>41</i>
4.3.2	<i>Uređivanje paleta i razina – engl. Layers.....</i>	<i>42</i>

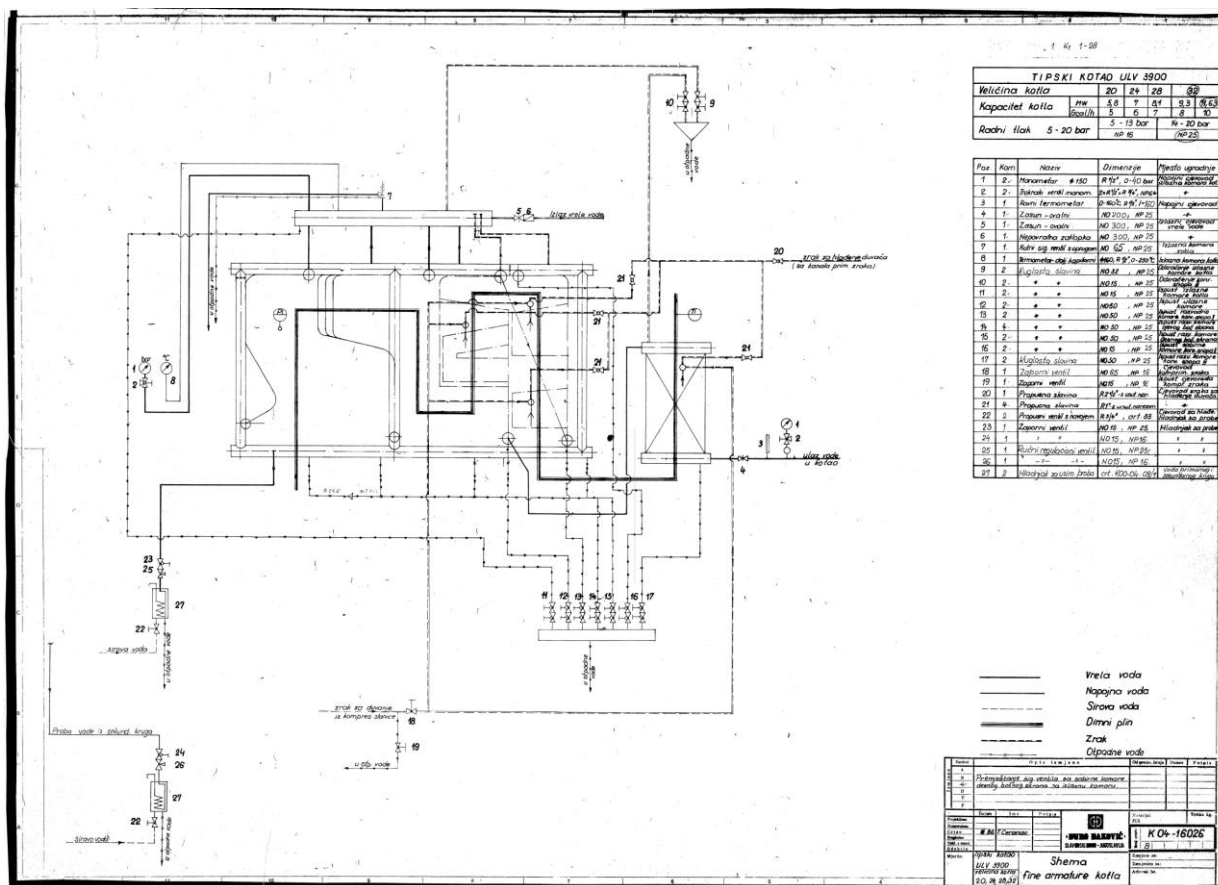
4.4	SLIJED IZRADE, UMETANJE SIMBOLA I OZNAKE OBJEKTA.....	43
4.4.1	<i>Slijed izrade dijagrama.....</i>	43
4.4.2	<i>Umetanje objekata na crtež.....</i>	43
4.4.3	<i>Oznake i bilješke objekata.....</i>	48
4.5	UPRAVITELJ PODACIMA I IZVJEŠTAJI.....	49
4.5.1	<i>Upravitelj podacima</i>	49
4.5.2	<i>Generiranje izvješća</i>	50
4.6	VALIDACIJA P&I DIJAGRAMA	53
4.6.1	<i>Validacija P&I dijagrama s 3D modelom</i>	54
5	ZAKLJUČAK	55
6	LITERATURA	56
PRILOZI	57

PREGLED VELIČINA, OZNAKA I JEDINICA

P&ID	Dijagram cjevovoda i instrumentacije (engl. <i>Piping and Instrumentation Diagram</i>)
DN	nazivni promjer cijevi (engl. <i>Diameter Nominal</i>), mm
NPS	nazivni promjer cijevi (engl. <i>Nominal Pipe Size</i>), in
ASME	standard američke udruge inženjera strojarstva (engl. <i>The American Society of Mechanical Engineers</i>)
ANSI	američki nacionalni institut za standarde (engl. <i>American National Standards Institute</i>)
MSS	standardizacijska udruga proizvođača (engl. <i>Manufactures Standardization Society</i>)
ISO	međunarodna organizacija za standardizaciju (engl. <i>International Organization for Standardization</i>)
PIP	standard procesno industrijske prakse (engl. <i>Process Industry Practises</i>)
DIN	njemački institut za propisivanje standarda (engl. <i>Deutches Institut für Normung</i>)
XML	jezik za označavanje podataka (engl. <i>Extensible Markup Language</i>)

1 UVOD

Način rada i funkcionalnost različitih postrojenja moguće je prikazati pomoću funkcijskih dijagrama. Dijagrami mogu biti procesni dijagrami, engl. *Process Flow Diagrams* - PFD ili dijagrami cjevovoda i instrumentacije, engl. *Piping & Instrumentation Diagrams* - P&ID. U ovom radu će biti opisani dijagrami cjevovoda i instrumentacije. Posebnosti i izrada dijagrama cjevovoda i instrumentacije prikazane su na dijelu parnog kotla odnosno crtežu "Shema fine armature kotla" - Slika 1.1, koji je kao primjer ustupila tvrtka Đuro Đaković Termoenergetska Postrojenja d.o.o. Veći prikaz crteža se nalazi u prilogu "Izvorni dijagram cjevovoda i instrumentacije – Shema fine armature kotla". Dijagram cjevovoda i instrumentacije crteža je izrađen u programu Autodesk AutoCAD P&ID koji se nalazi u paketu programa Autodesk AutoCAD Plant 3D [1]. Pri tome su prikazana pojedina svojstva i mogućnosti programa.



Slika 1.1 Shema fine armature kotla

Postoji brojna literatura koja objašnjava simbole te upotrebu dijagrama cjevovoda i instrumentacije prema različitim standardima. U svom radu "A P&ID standard: What, why, how?" [2] Frederick A. Meier objašnjava probleme korištenja različitih standarda pri razvoju i čitanju dijagrama cjevovoda i instrumentacije. Jedan od problema koji navodi je potreba za znanjem čitanja mnogo "jezika" dijagrama cjevovoda i instrumentacije pošto većina korisnika razvija svoje standarde koji se temelje na već postojećim.

Jedna od nezaobilazne literature za dijagrame cjevovoda i instrumentacije je "*Engineering symbology, prints, and drawings*" [3] u kojoj su prikazani najčešće korišteni simboli te primjeri dijagrama. Također se i objašnjava izrada tehničke dokumentacije i što sve jedan dijagram cjevovoda i instrumentacije mora sadržavati. Osim dijagrama cjevovoda u knjizi su prikazani i neki od ostalih funkcionalnih dijagrama. Za konstruiranje dijagrama cjevovoda i instrumentacije potrebno je dobro

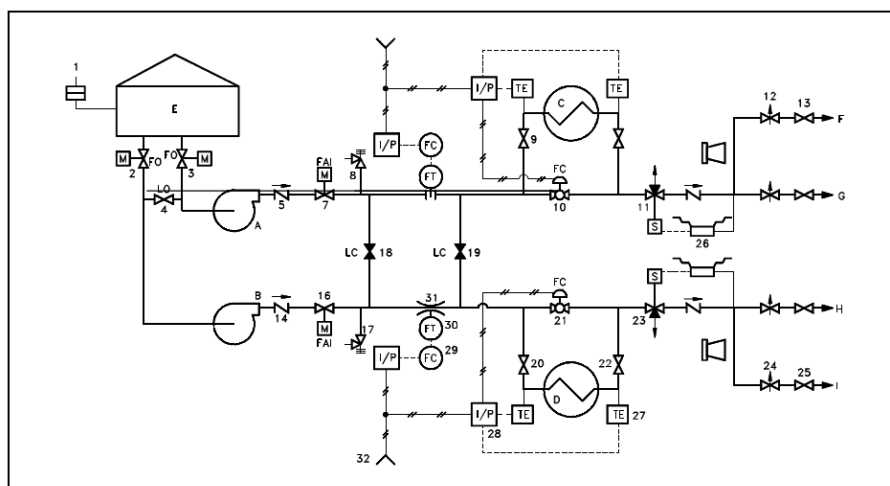
poznavati elemente te procese koji će se odvijati u njima. Knjiga George A. Antakia "Piping and Pipeline Engineering: Design, Construction, Maintenance, Integrity, and Repair" [4] predstavlja odličan izvor znanja o cjevovodima i njihovom konstruiranju te elementima i opremi na cjevovodima poput ventila, pumpi ili prirubnica. Osim navedene literature postoje i brojni ostali radovi koji mogu pomoći pri izradi dijagrama cjevovoda i instrumentacije.

U današnje vrijeme velika većina dijagrama cjevovoda i instrumentacije se izrađuje pomoću računala, u specijaliziranim programima. Osim spomenutog Autodeskovog softvera, dostupni su programi konkurentnih tvrtki, također specijalizirani za izradu dijagrama cjevovoda i instrumentacije. Jedan je Aveva P&ID [5], program za crtanje koji dopušta korisniku stvaranje te uređivanje baze podataka različitih simbola dijagrama cjevovoda i instrumentacije. U programu je moguće generirati široku paletu izvješća o crtežu dijagrama cjevovoda. Program koji se također koristi pri izradi dijagrama cjevovoda je Siemensov Comos P&ID [6]. Program nudi mnoštvo standarda koje je moguće nadopunjavati ili stvarati nove standarde. Intergraphov SmartPlant i Bentleyov OpenPlant se također mogu koristiti za izradu P&I dijagrama. Ovi programi, kao i Autodesk AutoCAD Plant 3D su programi s plaćenom licencom. Jedna od besplatnih mogućnosti je EPLANT – P&ID [7] tvrtke ZWSOFT. U radu je izabran Autodesk AutoCAD Plant 3D kako bi se provjerile njegove specifičnosti i mogućnosti.

2 DIJAGRAMI CJEVOVODA I INSTRUMENTACIJE

Dijagram cjevovoda i instrumentacije, engl. *Piping and Instrumentation Diagram* ili P&ID, je dijagram ili nacrt koji se koristi u procesnoj industriji, a prikazuje procesne tokove i pripadajuća osjetila, mjerne pretvornike, te izvršne sprave ili aktuatorne. Dijagramom cjevovoda i instrumentacije se imenuju sva osjetila, pretvornici i izvršne sprave, ali i dodatna svojstva za njihovo određivanje.

Slika 2.1 prikazuje dijagram cjevovoda i instrumentacije. Na slici su prikazani cjevovodi, linije tokova, pumpe, ventili, instrumenti te ostala oprema.



Slika 2.1 Primjer dijagrama cjevovoda i instrumentacije[3]

Za pravilno korištenje i "čitanje" dijagrama cjevovoda i instrumentacije potrebno je poznavati različite simbole i oznake. Simboli mogu varirati s obzirom na korišteni standard, međutim određena pravila su konstantna za sve standarde te je poznavanje jednog standarda vrlo često dovoljno za razumijevanje ostalih.

2.1 KONSTRUKCIJA DIJAGRAMA

U ovome poglavlju biti će prikazane karakteristike, dizajn te neke specifičnosti kod izrade P&I dijagrama. Budući da postoje razlike između konstrukcije dijagrama s obzirom na korišteni standard, pa čak i unutar standarda, date su smjernice kako konstruirati P&I dijagram prema standardu [8].

P&I dijagram se može podijeliti na pet glavnih dijelova ili zona. Kao i kod svakog tehničkog crteža, dijelovi su:

- Prostor crteža
- Sastavnica
- Referentna mreža
- Legenda odnosno tumač simbola
- Revizijski blok (ukoliko je crtež prepravljn)

2.1.1 Karakteristike P&I dijagrama

Dijagram cjevovoda i instrumentacije treba sadržavati dovoljno informacija kako bi se mogao pravilno predočiti proces u postrojenju. Zbog toga P&I dijagram može sadržavati:

- Instrumente s oznakom
- Mehaničku opremu s imenima i brojevima
- Sve ventile i njihovu identifikaciju
- Veličine i imena cijevnih linija
- Razne otvore, slivnike, posebnu opremu, linije za prikupljanje uzorka, redukcije i nepovratne klapne
- Stalne, startne i drenažne linije
- Smjerove protoka
- Reference za među-spojeve
- Kontrolne ulazne i izlazne podatke te među-veze
- Oznake promjene klasa
- Razinu kvalitete
- Predviđene ulaze
- Računalni sustav kontrole ulaza
- Podatke o prodavatelju i izvođaču radova, identifikacija komponenti i podsustava dostavljenih od strane drugih proizvođača
- Predviđeni fizički slijed opreme [9]

Primarna svrha dijagrama cjevovoda i instrumentacije je prikazati funkciju i interakciju različite opreme i instrumentacije u procesu, stoga se pomoću P&I dijagrama određene stvari ne prikazuju. P&I dijagram ne prikazuje:

- Razmještaj (udaljenost, smještaj u prostorijama) opreme, instrumenata i cjevovoda u postrojenju
- Dimenzije (visina, širina) opreme, instrumenata i cjevovoda te se stoga na crtežima ne koristi mjerilo
- Nadvišenja i ostale promjene visine, primjerice cjevovod se može nalaziti pod stropom, a na crtežu je prikazan u ravnini s pumpom koja je na tlu
- Temperature, tlakove te podatke o strujanju - brzina
- Detaljne analize i opise

Korištenje P&I dijagrama nije ograničeno samo na prikazivanje funkcije procesa. Oni se također mogu koristiti i kao baza za: razvijanje operacijske metodologije, razvijanje sigurnosnih sustava, razvijanje kontrolnih sustava, za konstrukciju opreme i cjevovoda, procjenu troškova, nabavu različite opreme, evaluaciju u procesu konstruiranja, učenje o procesima i načinu razmještaja opreme.

2.1.2 Dizajn crteža

Sljedeće točke prikazuju glavne smjernice za dizajn crteža koje preporučuje standard [8]:

1. Format papira

Formati papira koji se najčešće koristi kod konstruiranja su A0 i A1. Manji formati se mogu koristiti samo ako se kvaliteta crteža ne mijenja odnosno kod crteža s manje dijelova.

2. Natpisi i opisi

Font koji se preporučuje za koristiti je Simplex, a veličine bi trebale biti:

- 7 mm za broj crteža
- 5 mm za ime crteža i identifikacijske brojeve glavne opreme
- 3 mm za ostale natpise, što je ujedno i minimalna visina slova

Razmještaj natpisa bi trebao biti:

- Identifikacijski brojevi opreme trebaju biti smješteni uz grafički simbol i ne smiju biti upisani u njega. Ostali detalji, npr. kapacitet, se mogu smjestiti ispod identifikacijskog broja.
- Ime cijevne linije ili linije toka treba biti iznad i paralelno s horizontalnom linijom ili lijevo od vertikalne linije i paralelno.
- Oznaka ventila i priključaka treba biti napisana pored grafičkog simbola i paralelno s smjerom strujanja.

3. Debljine linija

Debljine linija na crtežu koje se preporučuju su:

- 0,8 mm za glavne procese
- 0,5 za pomoćne procese i grafičke simbole opreme
- 0,3 mm za grafičke simbole ventila i cijevnih priključaka, simbole mjernih instrumenata, električne te ostale signale i za referentne linije
- Nije preporučljivo koristiti debljine manje od 0,3 mm

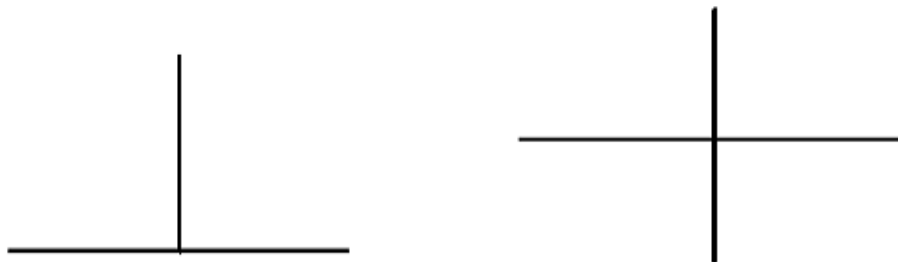
Razmak između linija bi trebao biti 2 puta veći od najdeblje linije s minimalnom vrijednosti od 1 mm. Međutim preporuča se najmanji razmak od 10 mm.

4. Linije toka

Smjer strujanja je uglavnom prikazan strelicama. Ukoliko nije, usvajaju se neke standardne norme, a to su:

- Horizontalno strujanje kod linije bez strelice ide s lijeva na desno
- Vertikalno strujanje kod linije bez strelice ide odozgo prema dolje

Slika 2.2 prikazuje spajanje linija toka, a slika 2.3 prikazuje način na koji se prikazuju linije toka koje nisu spojene.



Slika 2.2 Priključak između linija toka [8]



Slika 2.3 Linije toka koje nisu spojene [8]

5. Smještaj objekata na crtežu

- Preferirani razmještaj je da spremnici, tornjevi i grijači budu u gornjem dijelu crteža, strojevi u donjem dijelu, a izmjenjivači topline (te ostala oprema) između njih.
- Prostor iznad sastavnice je preporučljivo ostaviti prazan za popis određenih napatka.
- Tok strujanja je preporučljivo staviti s lijeva na desno, bez strelica te je potrebno izbjegavati nepotrebno križanje linija.
- Procesne linije koje se nastavljaju na idućem crtežu treba prekinuti s lijeve ili desne strane crteža. Ukoliko se linija nastavlja s prethodnog dolazi s lijeva, a odlazi desno.
- Pomoćne linije koje se nastavljaju na idućem crtežu se mogu prekinuti bilo gdje na crtežu.
- Instrumente, kontrolne sustave i signale koji prelaze s crteža na drugi preporučljivo je prekinuti s lijeve ili desne strane crteža ukoliko je moguće.
- Opisi tornjeva, spremnika, posuda pod tlakom, peći, izmjenjivača topline trebaju biti na vrhu dijagrama uz simbole.

6. Prikaz dijagrama po zonama

Dijagrame je preporučeno podijeliti po zonama, primjerice sustav pripreme napojne vode te raditi pojedini dijagram za svaku zonu. Ukoliko dolazi do nekakvih promjena ili dijagram ima grešku, lakše se prepravljaju te je prikaz znatno pregledniji.

2.1.3 Sastavnica, revizija i tumač simbola

Sastavnica crteža se obično nalazi u donjem desnom kutu crteža te sadrži sve informacije nužne za identifikaciju crteža. U sastavnici se trebaju nalaziti sljedeći podaci:

- Revizijska tablica
- Naziv tvrtke
- Naziv postrojenja
- Naručitelj
- Ime crteža
- Broj projekta
- Broj crteža
- Znak tvrtke

Tablica 2.1 prikazuje dimenzije koje bi sastavnica trebala imati.

Tablica 2.1 Dimenzije sastavnice [8]

Drawing Dimensions (mm × mm)	Title Block Size (Including Revision Table) Width (mm) × Length (mm)
A0 = 841 × 1189	180 × 190
A1 = 594 × 841	130 × 175
A2 = 420 × 594	100 × 155
A3 = 297 × 420	75 × 120

Revizija P&I dijagrama je pregledavanje točnosti i pouzdanosti dijagrama. Revizija se provodi u sljedećim uvjetima:

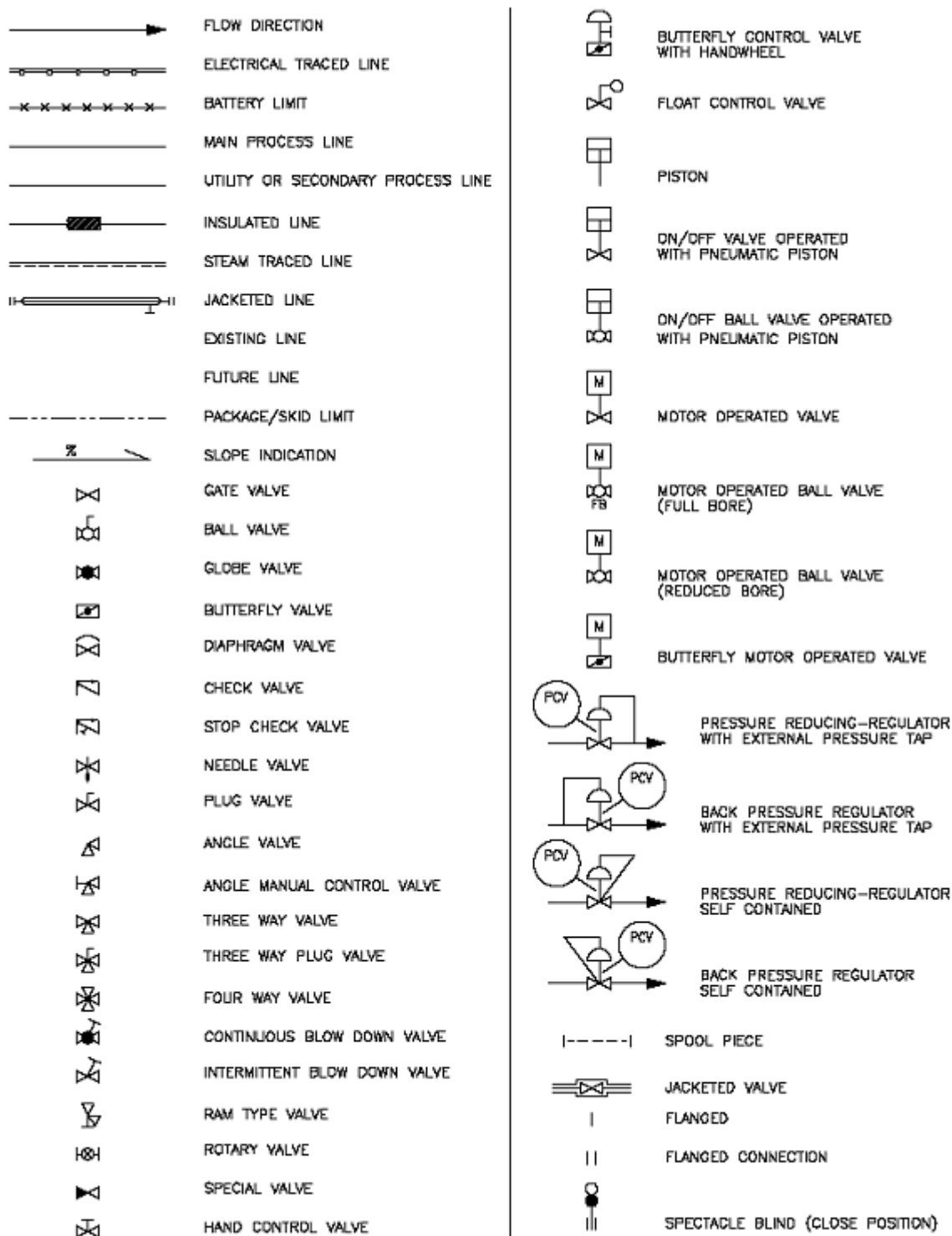
- Ukoliko ima grešaka na crtežu.
- Ukoliko tvrtka želi provođenje revizije.
- Ukoliko je potrebno uvesti nove informacije na dijagram .

Karakteristike koje bi dobro napravljena revizija trebala imati su:

- Mora biti jednostavno i pregledno napravljena.
- Svi zaposlenici na projektu trebaju biti upoznati s velikim promjenama u procesu.
- Ukoliko postoje manje greške, nije potrebno raditi reviziju nego samo označiti greške.

Kod dizajna procesa obično bude od 15 – 20 revizija. Svi zaposlenici trebaju znati za najnovije revizije, kako bi koristili zadnju reviziju.

Tumač simbola je skup definiranih simbola koji se nalaze na dijagramu. Kako bi dijagram bio u potpunosti razumljiv uz njega je potrebno priložiti tumač. Slika 2.4 prikazuje dio tumača simbola iz projekta "Jihar Faza 2"



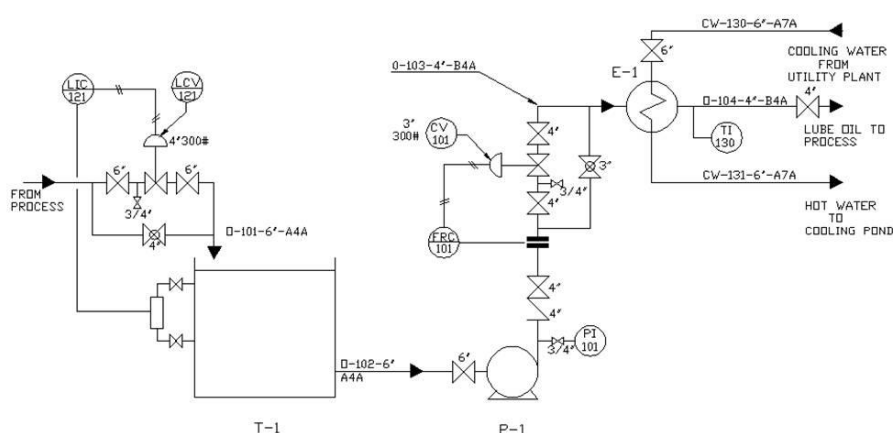
Slika 2.4 Tumač simbola iz projekta "Jihar Faza 2"[9]

2.2 CIJEVNE LINIJE

Naziv cijevne linije se odnosi na skup komponenti koje se nalaze u cjevovodnom sustavu i služe za prijenos fluida, regulaciju, kontrolu te mjerenje različitih vrijednosti u sustavu. Najčešći elementi cijevne linije su:

- Cijevi,
- Ventili,
- Prirubnice,
- Različiti spojevi cijevi – koljena, t-spojevi, reducirani, križni spojevi i ostali spojevi
- Instrumenti i oprema

Slika 2.5 prikazuje nekoliko oznaka cijevnih linija na dijagramu cjevovoda i instrumentacije.



Slika 2.5 Primjer cijevne linije na P&ID crtežu

Cijevne linije na dijagramima se također nazivaju procesne linije.

2.2.1 Označavanje cijevnih linija

Oznaka cijevne linije najčešće sadrži podatke o nazivnom promjeru cijevi, području u kojem se nalazi, tipu sustava te specifikaciji cijevi. Prilikom izrade P&I dijagrama potrebno je prikazati sistematiku označavanja cijevnih linija te dati podatke o oznakama koje su korištene.

Primjer jedne cijevne linije je "B-CW-6-PABC-NS" [4]. Tablica 2.2 prikazuje što koja oznaka u nazivu znači.

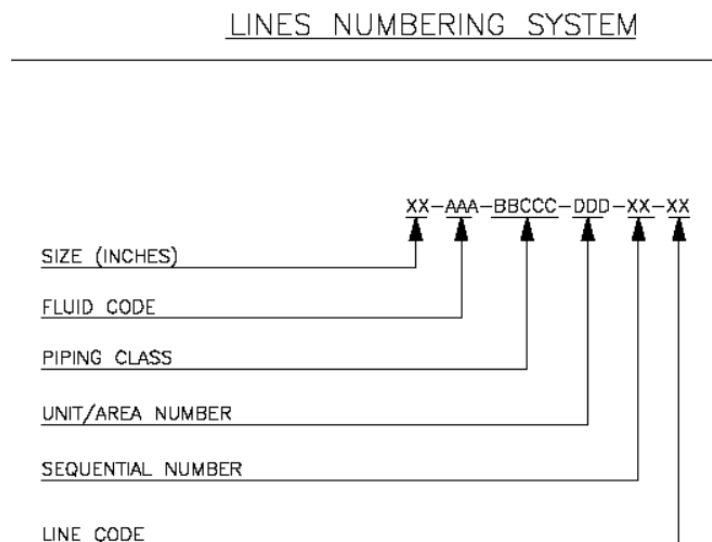
Tablica 2.2 Primjer označavanja cijevne linije

Oznaka	Značenje
B	Područje odnosno zona u kojoj se linija nalazi
CW	Tip sustava, sustav rashladne vode, engl. <i>Cooling Water System</i>
6	Nazivni promjer cijevi = 6"
PABC	Specifikacija cijevi
NS	Cijevna linija nije važna za sigurnost

Sljedeći ulomak prikazuje primjer označavanja cijevnih linija u jednom projektu. Primjer je preuzet iz rada "Oblikovanje naftnog postrojenja", Bojan Jurakić, i radi se o projektu Jihar Faza 2.

Primjer označavanja cijevnih linija – Jihar Faza 2 [9]

Slika 2.6 definira označavanje cijevne linije za projekt Jihar Faza 2



Slika 2.6 Označavanje cijevne linije

Prva oznaka - SIZE je nazivni promjer DN (engl. *Diameter Nominal*). Osim nazivnog promjera unutar cijevne linije mogu se nalaziti i druge veličine promjera cijevi. One nastaju zbog redukcija za razne instrumente ili su djelom odzraka i drenaža na cijevnoj liniji.

Druga oznaka - FLUID CODE predstavlja vrstu fluida koji se nalazi u cijevima. Fluidi mogu biti više ili manje agresivni i imaju utjecaj na debljinu stjenke cijevi, odnosno korozivni dodatak. Isto tako pri rukovanju s dijelovima cjevovoda s agresivnim fluidima ili fluidima pod visokim tlakom treba voditi računa o zaštiti kao ne bi došlo do ozljeda. Tablica 2.3 prikazuje kodove fluida.

Tablica 2.3 Izvorni identifikacijski kodovi za fluide

<u>FLUID IDENTIFICATION CODES</u>	
CW	CRUDE OIL FROM WELLS
CM	CRUDE OIL FROM MANIFOLD
HP	GAS FROM HP SEPARATOR
MP	GAS FROM MP SEPARATOR
LP	GAS FROM LP SEPARATOR
TP	GAS FROM TEST SEPARATOR
SW	SALTY WATER
SO	STABILIZED OIL
HG	HIGH PRESSURE GAS
MG	MEDIUM PRESSURE GAS
LG	LOW PRESSURE GAS
SG	SALES GAS
HC	HIGH PRESSURE CONDENSATE
MC	MEDIUM PRESSURE CONDENSATE
LC	LOW PRESSURE CONDENSATE
TC	CONDENSATE FROM TEST SEPARATOR
DG	ETHYLENE GLYCOL LEAN
WG	ETHYLENE GLYCOL RICH
SL	SLOP OIL
ME	METHANOL
DM	DEMULSIFIER
FG	FUEL GAS
CD	CLOSED DRAIN
OD	OPEN DRAIN
FL	FLARE
HW	HEATING WATER
NG	N2 OR INERT GAS
IA	INSTRUMENT AIR
PR	PROPANE REFRIGERANT
PG	PROPANE GAS
DW	DEHUMIDIFIER WATER
BP	BURNING PIT
CI	CORROSION INHIBITOR
CF	FLUE GAS
VE	VENT
CA	COMPRESSED AIR

Treća oznaka - PIPING CLASS predstavlja klasu cijevovoda. Prema njoj se određuje maksimalni tlak unutar cijevi, debljina stjenke, korozivni dodatak, materijal, ventili dozvoljeni za korištenje na cijevnoj liniji i radni parametri pojedinih cijevnih linija. Simboli predstavljaju fluide za koje se koristi određena klasa.

Četvrta oznaka - UNIT/AREA NUMBER predstavlja područje u kojem se unutar postrojenja nalazi linija. Svako područje je jedna cjelina i ima svoje zasebne stranice u P&I dijagramu. Ova oznaka pomaže pri snalaženju na dijagramu.

Peta oznaka - SEQUENTIAL NUMBER je redni broj linije unutar pojedinog područja. Za svako odvojeno područje kreće od 01.

Šesta oznaka - LINE CODE predstavlja vrstu zaštite i izolacije cijevi. Tablica 2.4 prikazuje oznake vrste zaštite i izolacije.

Tablica 2.4 Izvorne kratice za tumačenje oznake Line Code

<u>INSULATION/PAINTING/TRACING SUFFIX</u>	
N	NOT INSULATION – NOT PAINTING
P	PAINTING
PP	INSULATION FOR PERSONNEL PROTECTION
H	INSULATION FOR HOT CONSERVATION
C	INSULATION FOR COLD CONSERVATION
ET	ELECTRICAL TRACING WITH INSULATION
LT	LOW PRESSURE STEAM TRACING WITH INSULATION
MT	MEDIUM PRESSURE STEAM TRACING WITH INSULATION
LJ	LOW PRESSURE STEAM JACKETING WITH INSULATION
MJ	MEDIUM PRESSURE STEAM JACKETING WITH INSULATION
RL	INTERNAL REFRACTORY LINING

2.2.2 Simboli procesnih linija na P&I dijagramu

P&I dijagramima se često znaju predočavati procesi kod kojih postoji nekoliko vrsta medija (voda, para, ulje) stoga su na dijagramima definirani simboli za različite medije. Osim različitih medija, na dijagramima se također mogu pojaviti i pomoćne linije koje spajaju instrumente, opremu i strojeve. Pomoćne linije mogu biti različiti signali, primjerice pneumatski ili hidraulički te električne žice.

Slika 2.7 prikazuje neke od simbola linija koje se mogu naći na dijagramima cijevovoda i instrumentacije. Osim procesne linije toka na slici se mogu uočiti pneumatska linija, hidraulična linija (primarna i alternativna verzija), linija inertnog gasa, različiti signali, električne žice, električni te parni grijači.

PROCESS FLOW LINE:	_____
PNEUMATIC (AIR) LINE OR DEFINED PROCESS LINE:	— // — // — // — //
HYDRAULIC LINE:	— — — — — — — — — —
ALTERNATIVE:	— L — L — L — L — L —
INERT GAS LINE:	— / — / — / — / — / — / — /
INSTRUMENT SIGNAL:	— — — — — — — — — —
INSTRUMENT CAPILLARY:	— * — * — * — * — * — * — *
ELECTRICAL WIRES:	— • — • — • — • — • — • — • —
ALTERNATIVE:	— — — — — — — — — —
ELECTRIC HEAT TRACING:	— E — — — E — — — — E —
STEAM HEAT TRACING:	— S — — — S — — — — S —

Slika 2.7 Simboli linija[3]

2.2.3 Dodatne oznake procesnih linija

Dodatni simboli služe da osiguraju potrebne informacije o crtežu koje nije moguće predočiti pomoću ostalih simbola. Slika 2.8 predstavlja simbole koji se koriste na P&I dijagramima za predočavanje dodatnih informacija o procesnim linijama. Prvi simbol predstavlja procesnu liniju koja se nastavlja na drugom dijagramu, a tok je prema drugom crtežu. Oznake xx-001 predstavljaju broj crteža, a x-y koordinate na referentnoj mreži. Drugi simbol predstavlja kada je tok u suprotnom smjeru, s idućeg dijagrama na trenutni, a treći simbol predstavlja tok koji je u oba smjera.

— XX-001-X-Y	PIPE OR WIRE IS CONTINUED ON DRAWING XX-001, GRID COORDINATE X-Y, FLOW IS TO THAT DRAWING
— XX-002-X-Y	PIPE OR WIRE IS CONTINUED FROM DRAWING XX-002, GRID COORDINATE X-Y, FLOW IS FROM THAT DRAWING
— XX-003-X-Y	PIPE OR WIRE IS CONTINUED ON DRAWING XX-003, GRID COORDINATES X-Y, FLOW IS IN BOTH DIRECTIONS
— — — — —	BUILDING/AREA BOUNDARY

Slika 2.8 Dodatni simboli linija tokova[3]

2.3 ELEMENTI P&I DIJAGRAMA

Kao što je rečeno u prethodnom poglavlju P&I dijagram se najčešće sastoji od više cijevnih linija, stoga elementi cijevne linije predstavljaju i elemente dijagrama. U ovom poglavlju opisana je većina elemenata P&I dijagrama: cijevi, ventili, instrumenti i oprema.

2.3.1 Cijevi

Cijevi su proizvodi koji se proizvode u različitim standardnim specifikacijama i izvedbama. Izrađuju se najčešće od krutih materijala (čelik, legure), a služe za transport tekućina, para, plinova te nekih krutih tvari (usitnjeni ugljen). Obično su kružnog presjeka, ali mogu biti kvadratne ili eliptične.

Postoje različite vrste cijevi, a neke od njih su:

- Čelične bešavne cijevi – nema zavarivanja nego se cijevi izrađuju iz prethodno izrađene čahure
- Čelične šavne cijevi – izrađuje se od valjanih čeličnih traka koje se provlači kroz matricu koja joj daje oblik cijevi. Rubovi se zavaruju te cijev ide na završnu obradu
- Bakrene cijevi
- Cijevi od nehrđajućeg čelika
- Plastične cijevi
- Ostale (mjedene, CuNI, dupleks)

Jedna od osnovnih veličina cijevi je njezin nazivni promjer. On predstavlja osnovu za standardizaciju cijevi. Nazivni promjer može biti označen u palcima ili u milimetrima. Kratica NPS (engl. *Nominal Pipe Size*) koristi se za engleske jedinice i predstavlja promjer u palcima. Nominalni promjer u inčima koristi se uglavnom na američkom tržištu i definiran je američkim normama ASME i ANSI. Oznaka DN se koristi za engleske jedinice i osnova su mu milimetri. Tablica 2.5 prikazuje nazivne promjere cijevi u inčima i milimetrima.

Tablica 2.5 Nazivni promjeri u palcima i milimetrima [9]

NPS	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4
DN	15	20	25	32	40	50	65	80	90	100

Klasifikacija cijevi

Klasifikacija cijevi predstavlja važan dokument za svaki projekt i za svako postrojenje. Njegova upotreba se ne ograničava samo na izvedbenu fazu tokom nabave, već se koristi i za vrijeme radnog trajanja postrojenja, tijekom nabave rezervnih dijelova ili za prikaz instaliranih dijelova. Dokument klasifikacije mora uz sebe imati detaljan izvještaj i proračun koji objašnjava zašto se neki materijal, spoj ili klasa koristila.

Klasifikacija cijevi mora biti povezana s nazivom cijevne linije i dijagramom cjevovoda i instrumentacije. Kao što je prikazano na primjeru cijevne linije u prethodnom poglavlju u nazivu cijevne linije najčešće se nalazi klasa cijevi ili njezin nazivni promjer.

Tablica 2.6 prikazuje primjer klasifikacije cijevi. U tablici je moguće vidjeti klase s obzirom na tlak (red 3), dopuštenu vrijednost korozije (red 4), veličinu cijevi (red 7), materijal te ostalo.

Tablica 2.6 Primjer klasifikacije cijevi [4]

1	P-ABC		
2	Service: CW		Material: Carbon Steel
3	Class 150	$P_D = 150$ psi	$T_D = 40$ F min, 120 F max
4	Corrosion Allowance 0.12"		Code: ASME B31.1
5	PIPE		
6	NPS	SCH.	MAT'L.
7	½ to 10	40	ASTM A 106 Gr.B
8	FITTINGS ½" TO 2"		
9	90°, 45° SW or THRD	Class 3000 SW Class 2000 THRD	ASTM A 105, B16.11
10	Cross, Tee SW or THRD	Class 3000 SW Class 2000 THRD	ASTM A 105, B16.11
11	Coupling SW or THRD	Class 3000 SW Class 2000 THRD	ASTM A 105, B16.11
12	Half Coupl'g SW or THRD	Class 3000 SW Class 2000 THRD	ASTM A 105, B16.11
13	Cap SW or THRD	Class 3000 SW Class 2000 THRD	ASTM A 105, B16.11
14	Plug THRD	Class 2000	ASTM A 105, B16.11
15	Socket, Thredolet	Class 3000	ASTM A 105, MSS-SP-97
16	Latrolet SW or THRD	Class 3000	ASTM A 105
17	Elbolet SW	Class 3000	ASTM A 105
18	FITTINGS 2-1/2" TO 10"		
19	90°, 45° BW	Sch. 40	ASTM A 234 WPB, B16.9
20	Cross, Tee BW	Sch. 40	ASTM A 234 WPB, B16.9
21	Reducer BW	Sch.40	ASTM A 234 WPB, B16.9
23	Weldolet, Sweeplet	Sch.40	ASTM A 105, MSS-SP-97
24	Latrolet BW	Sch.40	ASTM A 105
25	FLANGES ½" to 2"		
26	SW, THRD or Blind	Class 150	ASTM A 105, B16.5, RF
27	FLANGES 2-1/2" TO 10"		
28	Weld Neck, Slip-On	Class 150	ASTM A 105, B16.5, RF
29	Orifice	Class 150	ASTM A 105, B16.36 SW
30	STUDS, BOLTS AND NUTS		
31	Studs or Bolts	-	ASTM A 193 Gr. B7
32	Nuts	-	ASTM A 194 Gr.2H
33	GASKET		
34	All sizes	Class 150	1/16" Teflon, B16.21

2.3.2 Ventili

Ventili su oprema koja se koristi za upravljanje smjerom, brzinom strujanja i tlakom fluida. Sastoje se od tijela ventila koje na sebi ima cijevne priključke (mogu biti zavareni, s prirubnicom ili navojem), prekidača toka (disk, igla), ležišta (zajedno s prekidačem toka stvara nepropustan spoj) i upravljač ventila (ručni, automatski).

Klase i kategorije ventila

Najčešće korištene klasifikacije ventila su:

- Klasifikacija prema tipu mehaničkog gibanja prekidača toka – ventili s linearnim gibanjem prekidača i ventili s rotacijom - leptirasti, kuglasti.
- Klasifikacija prema veličini ventila – razlikuju se mali i veliki ventili. Ova klasifikacija se vrši s obzirom na nominalni promjer priključka ventila (kod ventila s reducirom, veličina ventila jednaka je promjeru strane reducira povezane na ventil).
- Klasifikacija prema tlaku i temperaturi.

Tablica 2.7 prikazuje određene klase ventila prema MSS standardu. U tablice je moguće vidjeti koje materijale i koje tipove ventila koristiti za određene klase.

Tablica 2.7 Primjer klasa ventila (MSS¹ standard)[10]

MSS Standard	Rating/class	Valve types	Size (NPS)	Material
MSS SP-42 Class 150 Corrosion Resistant Gate, Globe, Angle, and Check Valves with Flanged and Butt-Weld Ends	Class 150	a. Gates, (OS&Y) ¹ b. Globes, tee-, wye-pattern and angle, (OS&Y) c. Check, lift, swing and wye-pattern	a. NPS ¼-24 b. NPS ¼-24 Globe and angle ■ NPS ½-24 wye-Pattern Globe c. NPS ¼-24 Lift check ■ NPS ½-24 Swing check	A351: CF8, CF8M, CF8C, CF3, CF3M Alloy 20, CN7M A182 A240 A276 A479
MSS SP-67 Butterfly Valves	a. Class 25, 125, 150, 300, 400, 600, 900, 1500, 2500 b. Class ² C606 rating	a. Flangeless (wafer type), Single flange (lug type), and flanged-end valves b. Grooved-end and shouldered-end valves	a. NPS 1½-72 b. Pressure rating per ASME B16.34, B16.1, B16.24, B16.42, B16.47	Bronze (B16.24) Cast Iron (B16.1) Ductile Iron (B16.42) Materials per ASME B16.34
MSS SP-68 High-Pressure Butterfly Valves with Offset Design	ASME B16.34 ratings	Wafer, lug type	NPS 3-24 (DN 80-600) NPS 30-48 (DN 750-1200)	A126, Class B Brass Or Bronze
MSS SP-70 Cast-Iron Gate Valves, Flanged and Threaded Ends	125, 250 and 800 Hydraulic	Type I—Solid-wedge disc Type II—Split-wedge disc Type III—Double disc, parallel seat	a. NPS 2-48, flanged end b. NPS 2-6, threaded end	A126, Class B Brass Or Bronze
MSS SP-71 Gray-Iron Swing Check Valves, Flanged and Threaded Ends	125 and 250	Type I—Full waterway, metal to metal seats ¹ Type II—Full waterway, composition to metal seats Type III—Clear waterway, metal to metal seats Type IV—Clear waterway, composition to metal seats	a. 2-24 (DN 50-600) flanged end b. 2-6 (DN 50-150) ¹ threaded end	A126, Class B trim: Bronze Cast Iron Stainless Steel
MSS SP-72 Ball Valves with Flanged or Butt-Welding Ends for General Service	150, 300, 400, 900 per ASME B16.24 and ASME B16.5 150 & 300 per ASME B16.42	Ball valves Full port Regular port Reduced port	½ through 36	Carbon steel, alloy steel, stainless steel, ductile iron and bronze

Ventile je također moguće razvrstati prema određenim kategorijama. Prema funkciji koju obavljaju razlikujemo izolacijske (zasun, kuglasti, klipni), regulacijske (prolazni, s iglom, leptirasti), nepovratne te sigurnosne ventile. Ventile je također moguće podijeliti s obzirom na tip priključka (navojni, prirubnički, sučeono zavareni krajevi) te prema vrsti prekidača toka (ventili s diskom, čepom, iglom, kuglom, dijafragmom i druge).

¹ MSS – engl. *Manufactures Standardization Society*

Zasun ventil

Zasun ventil je izolacijski ventil koji može biti ili potpuno otvoren ili potpuno zatvoren. Ventil se otvara pomoću linearnog kretanja stapa. Protok je moguće regulirati i pomoću ovog ventila, ali je karakteristika protoka nejednolika te je regulacija nepraktična. Zasun ventil koji je djelomično otvoren može uzrokovati kavitaciju, eroziju diska, ventila i cijevi, uz vibracije i buku [4]. Kod ovih ventila dolazi do vrlo malog pada tlaka.

Zasun ventili mogu imati krajeve s prirubnicama koje se oblikuju u skladu s standardnim dimenzijama prirubnica na cjevovodu. Ovi ventili se najčešće proizvode iz lijevanog željeza, lijevanog ugljičnog čelika, nehrđajućeg čelika i legiranih čelika.



- oznaka zasun ventila na dijagramu cjevovoda i instrumentacije

Kuglasti ventil

Kuglasti se ventili mogu koristiti i kao zaustavni i kao regulacijski ventili. Mogu se koristiti kod čistih i prljavih fluida pošto kugla prilikom okretanja struže od kućište i na taj se način čisti. Međutim ako dođe do oštećenja kugle to može izazvati propuštanje i kada je ventil potpuno zatvoren. U praksi se zato velika nepropusnost (mala zračnost između kugle i ležišta) koristi samo kod čistih fluida. [4]



- oznaka kuglastog ventila na dijagramu cjevovoda i instrumentacije

Leptirasti ventil

Leptirasti ventil ima ravni disk koji rotira oko uzdužne osi ventila. Kada je ventil otvoren disk ostaje u struji fluida. Velika prednost im je mala širina, težina, cijena, rotacija bez trenja što znači malen moment prilikom otvaranja i zatvaranja te jednostavna izrada. Mogu se koristiti kod velikih cjevovoda i strujanja te je moguća i njihova primjena za suspenzije (gusti fluidi). [4]



- oznaka leptirastog ventila na dijagramu cjevovoda i instrumentacije

Nepovratni ventil

Nepovratni ventil je konstruiran da automatski dozvoljava strujanje fluida u jednom smjeru, a onemogućava njegove vraćanje u suprotnom smjeru. Koriste se za zatvaranje jednog smjera protoka fluida te za dobivanje određenog pretlaka u nekom dijelu sustava. Njihova instalacija u sustav ovisi za koju namjenu se koristi. Primjer toga je pumpa koja treba podići fluid na određenu razinu. Kod takvog sustava nepovratni ventil se stavlja ispred pumpe da se fluid u slučaju kvara pumpe ne vrati u sustav već da ostane u dijelu cijevi prije pumpe. Na taj način pumpa prilikom ponovnog pokretanja neće raditi na suho. Nepovratni ventili mogu biti u izvedbi s oprugom, klapnom, klipom.



- oznaka nepovratnog ventila na dijagramu cjevovoda i instrumentacije

Prolazni ventil

Disk ili kugla prolaznog ventila se pomiču linearnim kretanjem klina upravljača. Putanja strujanja i ležište diska omogućavaju pouzdanu kontrolu i regulaciju pa se prolazni ventili najčešće koriste kao regulacijski. Strujanje u ovom ventilu može biti u bilo kojem smjeru [4]. Oznaka ovog ventila je

najčešće ista kao i oznaka zasun ventila. Podatak o kojem se ventilu radi se može vidjeti u legendi crteža.

Sigurnosni i ispusni ventili

Ovi ventili se otvaraju automatski ukoliko u sustavu dođe do prekomjernog porasta tlaka. Sigurnosni ventili se koriste u sustavima s plinom i parom te se otvaraju na podešenoj veličini tlaka. Ispusni ventili se koriste kod sustava s kapljevinama i imaju karakteristiku otvaranja koja varira s količinom strujanja. Oba ventila obavljaju važnu ulogu sprječavanjem pojave pukotina na opremi, spremnicima i cjevovodnom sustavu zbog prevelikog tlaka. Njihov proračun i konstrukcija moraju točno pratiti zahtjeve koji su postavljeni standardom, te nakon postavljanja u sustav, potrebno ih je periodički testirati i održavati (svake godine za posude pod tlakom, svake tri godine za ventile u procesnom sustavu). [4]



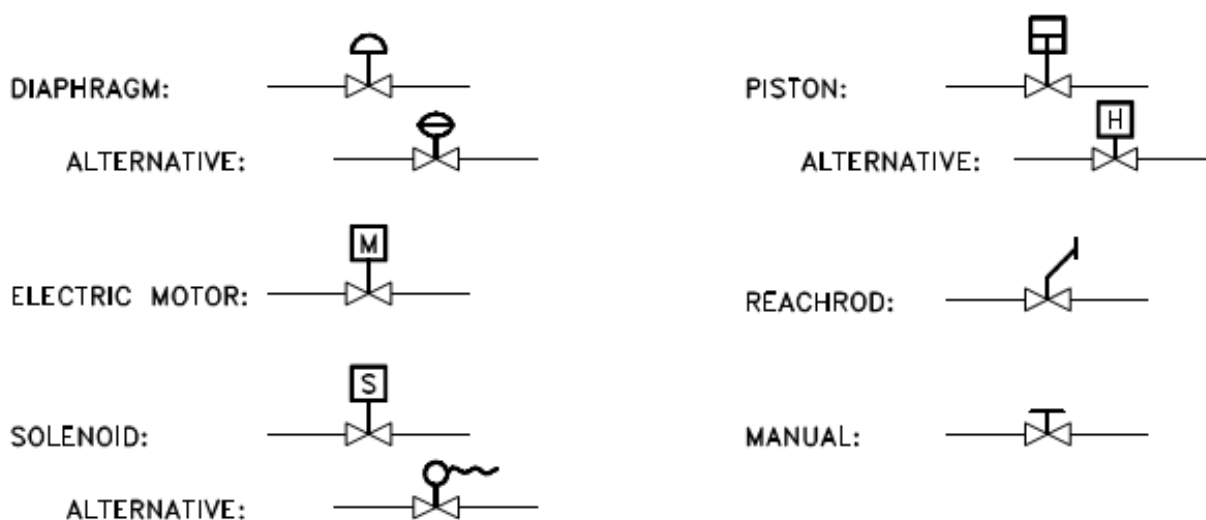
- oznaka sigurnosnog ventila na dijagramu cjevovoda i instrumentacije

Regulacijski ventil

U današnjim postrojenjima, regulacija toka se postiže kroz automatizirani regulacijski sustav. Takav regulacijski sustav se obično sastoji od tri glavna dijela:

- mjerni uređaj koji mjeri i šalje podatke o mjerenoj varijabli (tlak, temperatura, razina fluida i drugo),
- računalni upravljač koji prima podatke o izmjerenoj varijabli i pretvara ih u signal koji otvara ili zatvara ventil
- automatsko regulirani ventil čiji je električni ili pneumatski operator (aktuator) upravljan signalom koji šalje upravljač. S obzirom na signal aktuator pomiče klin ventila i tako regulira protok [4]

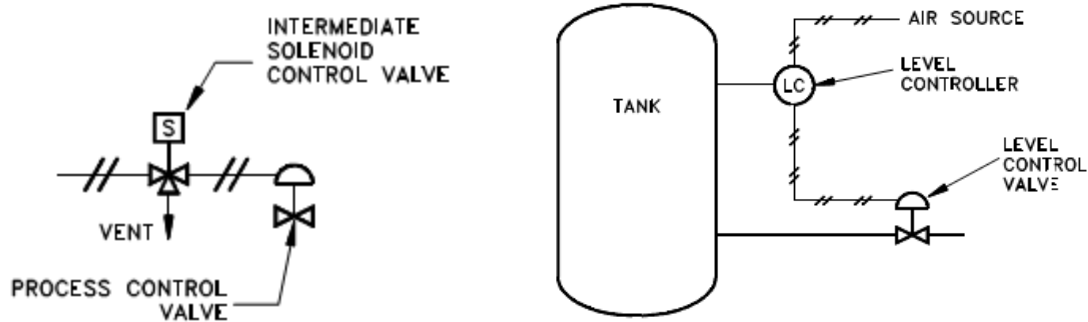
Regulacijski ventil može biti bilo koji ventil (kuglasti, prolazni, leptirasti) na kojem se nalazi aktuator. Aktuatori mogu biti električni motor, solenoid, klip, dijafragma te drugi.



Slika 2.9 Regulacijski ventili s odgovarajućim aktuatorom [3]

Ovi ventili se mogu regulirati na tri načina što prikazuje Slika 2.10. Prvi način je manualna regulacija, gdje operater u kontrolnoj sobi upravlja otvorenošću ventila. Drugi način je automatska regulacija

putem mjernih instrumenata (tlak, razina fluida) i treći način je kombinacija automatske i manualne regulacije.



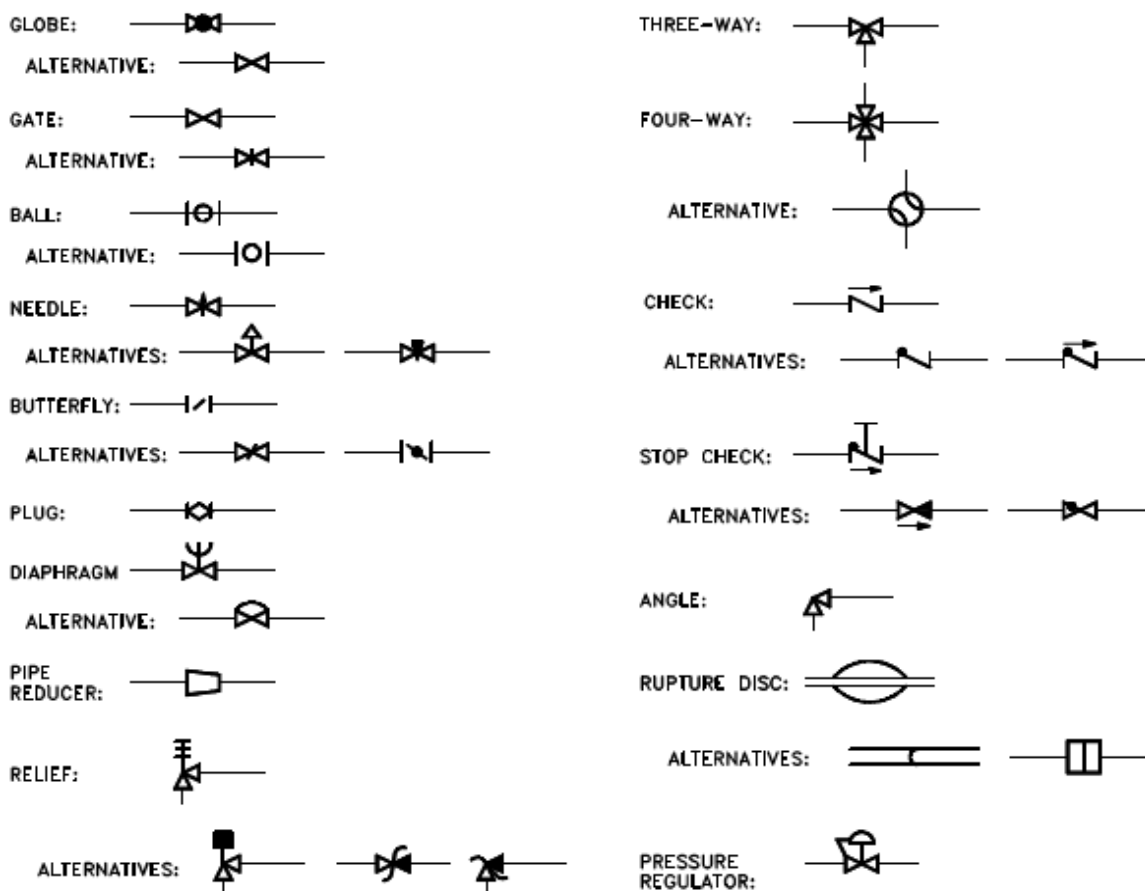
a) udaljena regulacija ventila (manualna) b) ventil reguliran instrumentom

Slika 2.10 Regulacija ventila [3]

Oznake ventila na dijagramima cjevovoda i instrumentacije

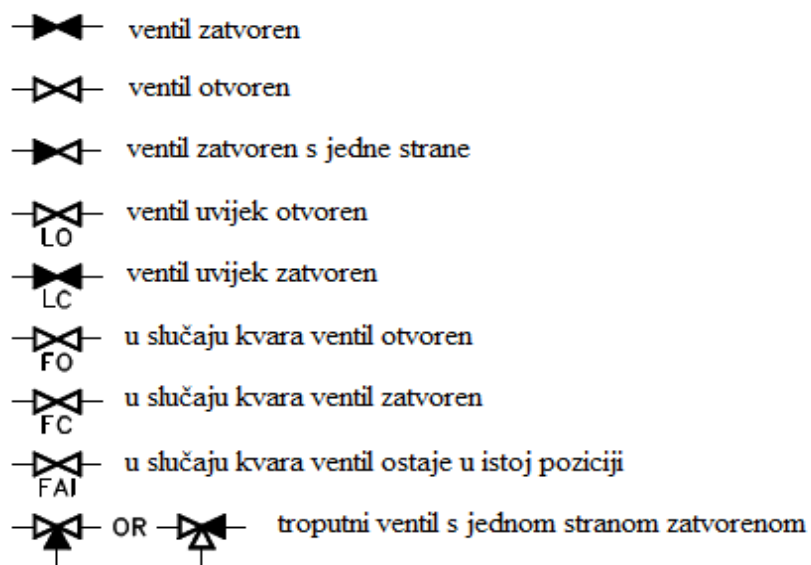
Osim prethodno spomenutih simbola ventila postoji i mnoštvo drugih. Njihove oznake variraju s obzirom na standard koji se koristi. Korištene simbole ventila je također potrebno prikazati u legendi dijagrama cjevovoda i instrumentacije.

Slika 2.11 prikazuje neke od najčešće korištenih oznaka ventila. Osim standardnih varijanti dane su i određene alternativne.



Slika 2.11 Simboli ventila [3]

Također je potrebno poznavati i simbole koje prikazuju status ventila odnosno otvorenost ili zatvorenost ventila te položaj u slučaju kvara.



Slika 2.12 Status ventila [3]

2.3.3 Instrumentacija

Simboli koji se koriste za prikazivanje instrumentacije mogu se podijeliti u četiri glavne kategorije, a to su:

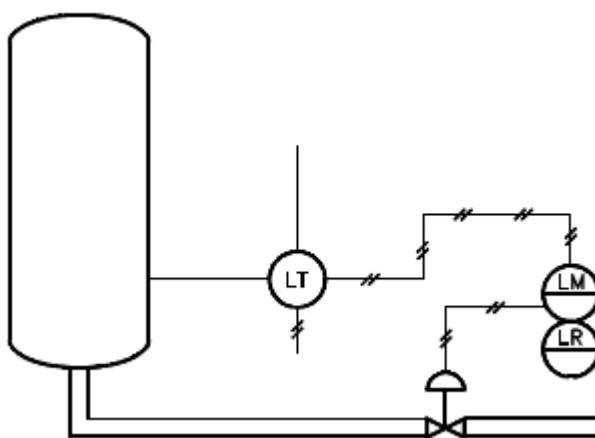
- simboli za identifikaciju parametra koji se kontrolira, mjeri
- simboli za identifikaciju vrste indikatora ili upravljača (regulatora)
- simboli za identifikaciju vrste komponente (odašiljač, pretvornik)
- simboli za identifikaciju vrste signala

Tablica 2.8 Simboli identifikatora instrumentacije [3]

Kontrolirana vrijednost	Tip indikatora ili upravljača	Vrsta komponente	Vrsta signala
F = tok	R = snimač (rekorder)	T = prijenosnik (transmitter)	I = strujni
T = temperatura	I = indikator	M = pretvornik	V = naponski
P = tlak	C = regulator	E = element	P = pneumatski
I = jakost struje			
L = razina			
V = napon			
Z = položaj			

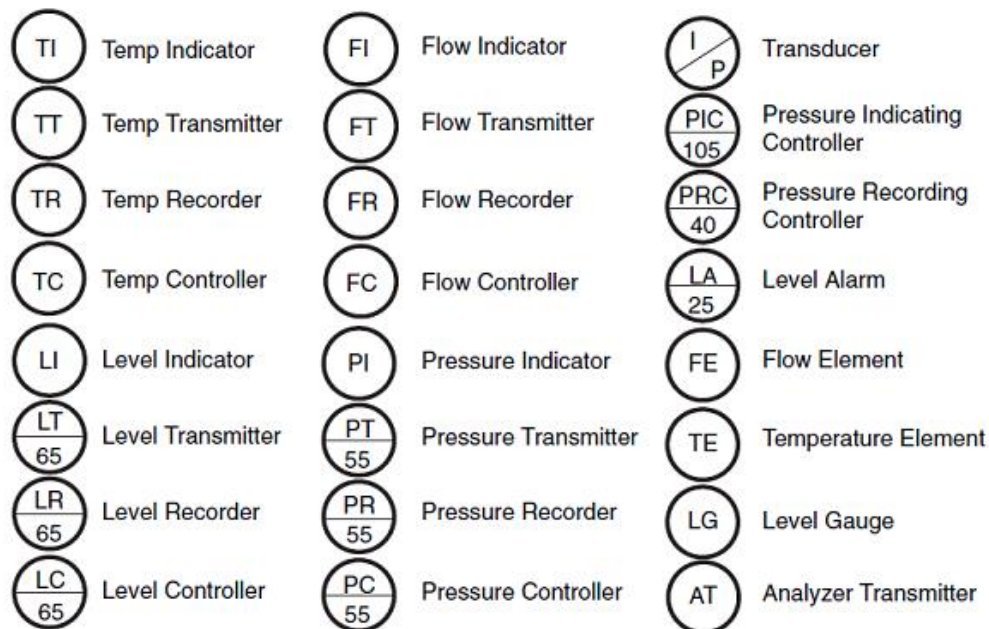
Tablica 2.8 prikazuje glavne kategorije identifikatora instrumentacije. U svakoj od kategorija prikazano je nekoliko simbola koji se koriste za identifikaciju. Oznaka za vrstu signala se koristi samo ukoliko imamo pretvornik te označava vrstu signala koji se mijenja.

Slika 2.13 prikazuje sustav s instrumentima. Prijenosnik razine mjeri razinu medija u spremniku i šalje signal na pretvornik razine. Pretvornik mijenja signal (primjerice pojačava ga) te ga šalje na ventil upravljan aktuatorom (dijafragma). S obzirom na razinu medija u spremniku aktuator regulira otvorenost ventila. Pretvornik razine također šalje signal i na snimač razine gdje se bilježi razina medija u spremniku.



Slika 2.13 Primjer sustava s instrumentima [3]

Slika 2.14 prikazuje neke od osnovnih simbola instrumenata kao što su indikator temperature (TI), regulator razine (LC), prijenosnik signala količine gibanja (FT) i zapisnik (snimač) vrijednosti tlaka (PR). Kod ovih simbola prvo slovo predstavlja vrijednost koja se mjeri, drugo slovo što instrument radi, a treće vrstu instrumenta. Broj ispod slova predstavlja broj regulacijske petlje. Naredni tekst će opisati koja je funkcija određenog instrumenta.



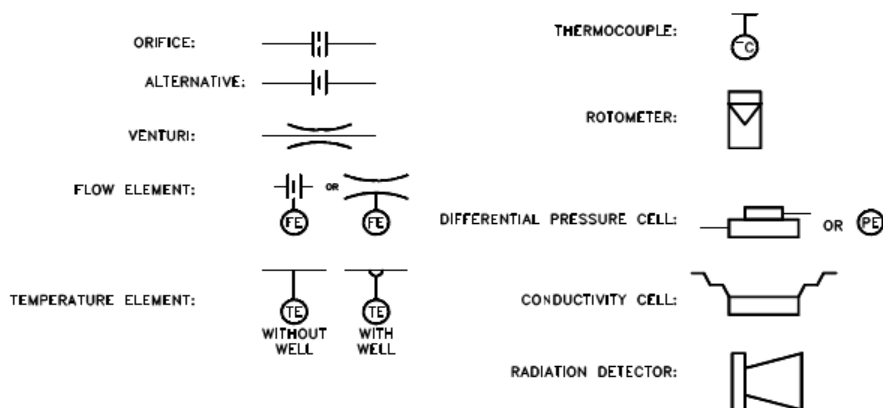
Slika 2.14 Simboli instrumenata

Tipovi instrumenata

Senzori i indikatori

Senzor je uređaj čija je svrha da detektira vrijednosti veličina (temperatura, tlak, razina) i pretvara ih u odgovarajući izlazni signal, koji može biti električni, optički ili drugi. Kako bi stvorio iskoristiv signal senzor se mora nalaziti u sustavu u kojem želimo saznati vrijednost veličine.

Indikatori služe za prikaz detektiranih (izmjerenih) vrijednosti veličina u sustavu. Mogu biti jednostavni, mjerač temperature i tlaka, ili kompleksniji kao digitalni uređaji za mjerenje. Određeni indikatori mogu imati i kontrolne tipke koji omogućuju operateru podešavanje postavki.



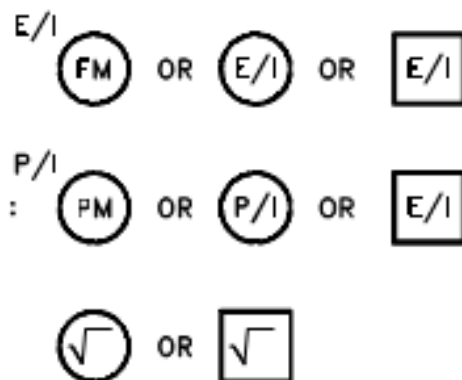
Slika 2.15 Oznake senzora na P&ID crtežima[3]

Prijenosnici i modifikatori

Senzori i detektori nisu dovoljni za stvaranje korisnog sustava detekcije i indikacije. Svaki senzor odnosno detektor mora biti spojen s odgovarajućim pretvornikom i prijenosnikom.

Prijenosnici se obično koriste za pretvaranje signala iz senzora u oblik koji može biti poslan na upravljačku jedinicu za procesuiranje, regulaciju ili promatranje. Izlazni signal može biti elektronski, pneumatski ili hidraulički [3]. Prijenosnici se vrlo često koriste u sustavima s instrumentacijom.

Modifikatori ili pretvarači služe za promjenu signala. Ta promjena može biti pojačavanje signala ili pretvaranje signala iz jednog oblika u drugi. Primjer pretvarača je I/P pretvarač koji služi za pretvorbu električnog ulaznog signala u pneumatski izlazni signal.

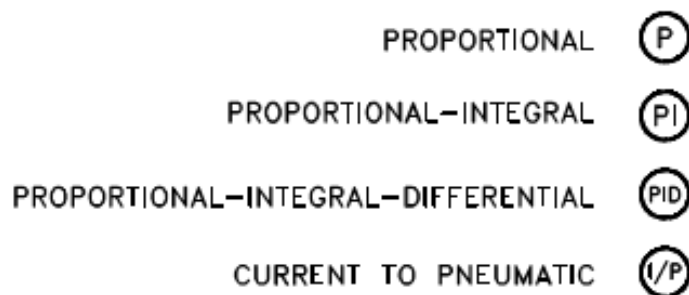


Slika 2.16 Primjeri pretvarača [3]

Instrumenti za upravljanje (regulatori) i snimanje (snimači)

Snimači su uređaji koji bilježe izlazne vrijednosti uređaja za mjerenje. Različiti snimači prikazuju prikupljene podatke drugačije. Neki prikazuju očitane vrijednosti u vrijeme mjerenja, a neki prikazuju rezultate nakon mjerenja u obliku tablica i grafova. Informacija o prikupljenim podacima je važna pri promatranju rada te za postizanje optimalnog rada postrojenja.

Regulatori su uređaji koji primaju podatke od uređaja za mjerenje, uspoređuju te podatke s programiranim radnim točkama (vrijednostima) i ako je potrebno poduzimaju određene korektivne mjere. Regulatori su odgovorni za regulaciju vrijednosti veličina sustava. Korektivne mjere se postižu pomoću aktuatora i regulacijskih ventila. Također postoje regulatori koji služe da procesuiraju signal i naprave novi signal. Takvi regulatori mogu biti proporcionalni, proporcionalni-integralni i proporcionalno-integralno-diferencijalni regulator [3].

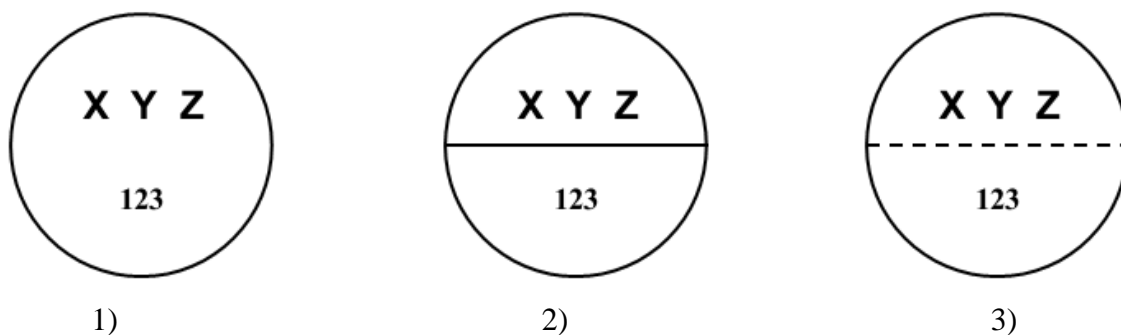


Slika 2.17 Regulatori s procesuiranjem signala [3]

Lokacija i tip upravljanja instrumenta

Fizička lokacija instrumenata se definira s linijom na simbolu instrumenta. S obzirom na to razlikujemo sljedeće lokacije instrumenata:

- 1) instrument se nalazi u postrojenju, blizu procesa i u blizini operatera – simbol bez linije
- 2) instrument se nalazi u kontrolnoj sobi, pristupačan operateru – puna linija
- 3) instrument je smješten udaljeno i nije pristupačan operateru – crtkana linija



Slika 2.18 Lokacija instrumenta

Upravljanje instrumentima može biti ostvareno na nekoliko načina. Ti načini su:

- instrumentima se upravlja zasebno – simbol je krug
- instrumenti imaju zajednički upravljački monitor i zajedničku kontrolu u distribuiranom kontrolnom sustavu – simbol krug omeđen kvadratom
- instrumenti upravljani računalom – simbol heksaedar
- instrumenti upravljani programibilnim logičkim upravljačem

Tablica 2.9 prikazuje simbole za različito upravljanje instrumentima u postrojenju.

Tablica 2.9 Pregled lokacije i tipa kontrole instrumenta

	Accessible to the Operator; Primary Location on the Main Control Panel	Mounted in the Field	Not Normally Accessible to Operator, Behind the Panel
Distinct Elements			
Shared Display Shared Control in Distributed Control System			
Computer Logic Function			
Programmable Logic Control			

2.3.4 Oprema

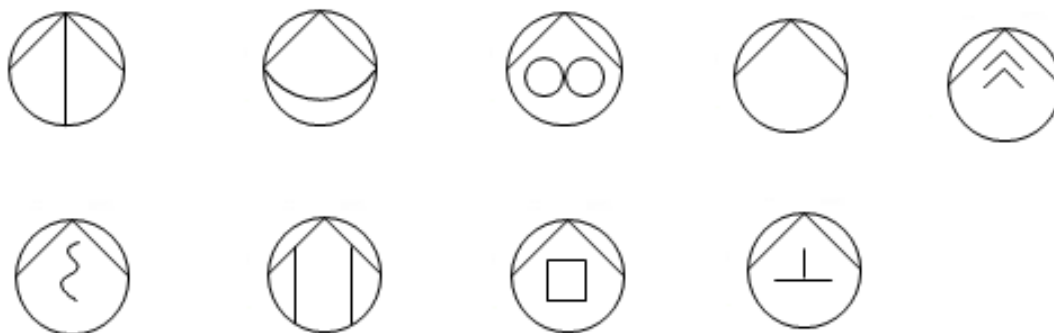
U svakom sustavu cjevovodnog transporta je moguće naći glavne komponente odnosno opremu. Kao i ostale elemente cijevne linije i opremu je potrebno prikazati na P&I dijagramima. Najčešća oprema koja se nalazi na P&I dijagramima je:

- Pumpe
- Izmjenjivači topline
- Ventilatori
- Posude pod tlakom i spremnici
- Turbine i kompresori
- Različite peći, filteri i separatori

Pumpe i ventilatori

Pumpe su mehanički strojevi koji služe za transport kapljevina tako da preuzimaju mehaničku energiju od pogonskog stroja (elektromotor) i predaju je kapljevini. Prilikom toga ukupna količina energije kapljevine iza pumpe je veća nego ispred pumpe što znači da je tlak kapljevine iza pumpe veći od tlaka ispred pumpe. Na sličan način rade i ventilatori, ali je kod njih radni medij zrak (plin) umjesto kapljevine.

Simboli ventilatora i pumpi se razlikuju s obzirom na korišteni standard. Slika 2.19 prikazuje simbole pumpi i ventilatora u programu Autodesk AutoCAD Plant 3D u ISO standardu.



Slika 2.19 Oznake pumpi u AutoCAD Plant 3D – ISO standard

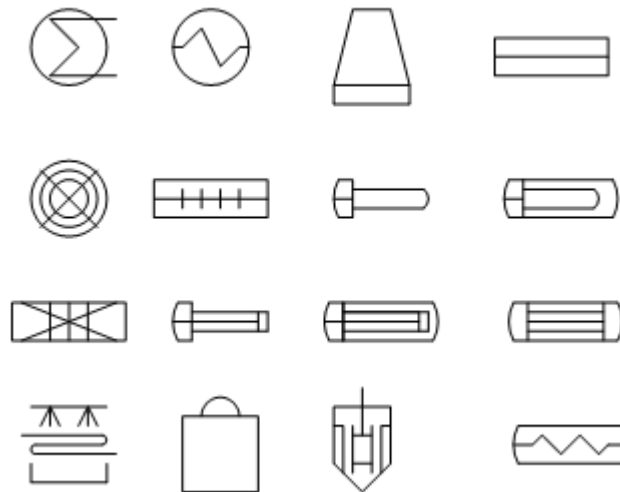
Pumpe na P&I dijagramima najčešće imaju oznake:

- Priključaka
- Odvoda i otvora
- Broja pumpe - engl. *Tag number*
- Uloge pumpe,
- Vrste pumpe
- Kapaciteta pumpe – rijetko se stavlja na crtež [8]

Izmjenjivači topline

Izmjenjivači topline su naprave u kojima se toplina prenosi između dva ili više fluida radi zagrijavanja ili ohlađivanja jednog fluida drugim. Imaju različite vrste izmjenjivača, a neki od njih su pločasti izmjenjivač, lamelni izmjenjivač i izmjenjivač topline cijev u plaštu (engl. *Shell and tube*).

Slika 2.20 prikazuje simbole različitih izmjenjivača topline u programu Autodesk AutoCAD Plant 3D u ISO standardu.



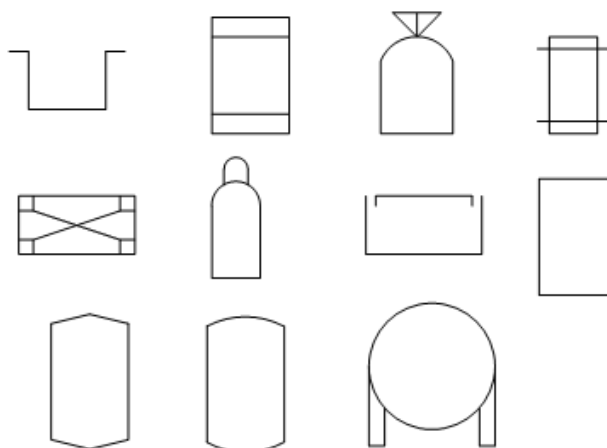
Slika 2.20 Simboli izmjenjivača topline u programu AutoCAD Plant 3D

Najčešće oznake koje se nalaze na P&I dijagramima za izmjenjivače topline su:

- Oznake priključaka, odvoda, sigurnosnih ventila, instrumenata
- Pozicija maksimalne razine, normalne razine i niske razine fluida kod generatora pare
- Smjer strujanja sa svake strane izmjenjivača
- Broj izmjenjivača, uloga i kapacitet izmjenjivača, oznaka izolacije [8]

Posude pod tlakom i spremnici

Sljedeći simboli se koriste u AutoCAD Plant 3D za označavanje posuda pod tlakom i spremnika prema ISO standardu.



Slika 2.21 Simboli posuda pod tlakom i spremnika

Oznake posuda pod tlakom i spremnika trebaju prikazivati:

- Sve priključke, glavne smjerove, odvode, otvore te sigurnosne ventile
- Sve unutarnje dijelove kao što su grijači
- Broj instrumenta, opis instrumenta, naznaka izolacije te promjer i visina

Turbine i kompresori

Turbina je toplinski rotacijski stroj u kojem se toplinska energija pretvara prvo u kinetičku energiju pa zatim u mehanički rad. a kompresor je pneumatski stroj koji pretvara snagu (elektromotora, dizel motora ili dr.) u potencijalnu energiju pohranjenu u stlačeni zrak.

Sljedeća slika prikazuje simbole kompresora i turbina u programu AutoCAD Plant 3D. Ima nekoliko simbola za različite vrste kompresora, neki od njih su vijčani, recipročni, turbokompresor te drugi. Za turbinu se u programu nalazi samo jedan simbol. Zadnji simbol na slici predstavlja turbinu.



Slika 2.22 Simboli kompresora i turbini

Kompresori na P&I dijagramima moraju imati sljedeće oznake:

- Vrsta kompresora
- Sigurnosne ventile
- Usisne ventile te ventile za pražnjenje
- Sve priključke[8],

dok turbine imaju sljedeće oznake:

- Sve mlaznice i priključke
- Detalji o pomoćnom sustavu za parne turbine, kao što su dobava pare, povrat kondenzata i drugo
- Detalje o ulju za podmazivanje, vodi za hlađenje
- Sigurnosne i ispusne ventile
- Svu instrumentaciju na turbinama (osjetnici temperature, tlaka) [8]

3 PROGRAMI ZA IZRADU P&I DIJAGRAMA

P&I dijagrami mogu biti izrađeni ručno ili pomoću računala. U današnje vrijeme dominantna metoda je računalna izrada dijagrama, dok se ručna izrada tek rijetko koristi. Razlog tome je brža i jednostavnija izrada te jednostavnija komunikacija između tima projekatanta koji rade na projektu. Za izradu P&I dijagrama pomoću računala postoji mnoštvo programa, a pregled nekih od njih je prikazan u sljedećem poglavlju.

3.1 AUTODESK AUTOCAD PLANT 3D

Autodesk AutoCAD Plant 3D je program namijenjen oblikovanju energetske postrojenja. i to:

- 3D izradi postrojenja
- Izradi P&I dijagrama
- 3D modeliranju
- Generiranju crteža ortogonalnih projekcija te generiranju izometrika izrađenog postrojenja.

Svaka od ovih opcija ima vlastito okruženje odnosno sučelje čiji su alati i alatne trake prilagođene baš za tu aktivnost. Okruženja se mogu dodatno uređivati prema vlastitim potrebama. Okruženja u kojim je moguće raditi su:

- 3D piping – okruženje za modeliranje cjevovoda;
- PID PIP – okruženje za izradu dijagrama cjevovoda i instrumentacije – osim okruženja s PIP standardom postoje i ISO, ISA, DIN, JIS-ISO;
- Drafting&Annotation – okruženje za izradu dokumentacije (izometrici, ortogonalne projekcije);
- 3D Basics – okruženje za modeliranje s osnovnim alatima;
- 3D Modelling - okruženje za 3D modeliranje s naprednijim alatima.

Format datoteke koju program koristi je DWG. Pri pokretanju svakog novog posla u programu je potrebno stvoriti projekt. U mapi projekta se nalaze datoteke s ekstenzijama .xml, .dcf i .dcfx koje su potrebne za pravilno funkcioniranje projekta. Datoteke sadrže:

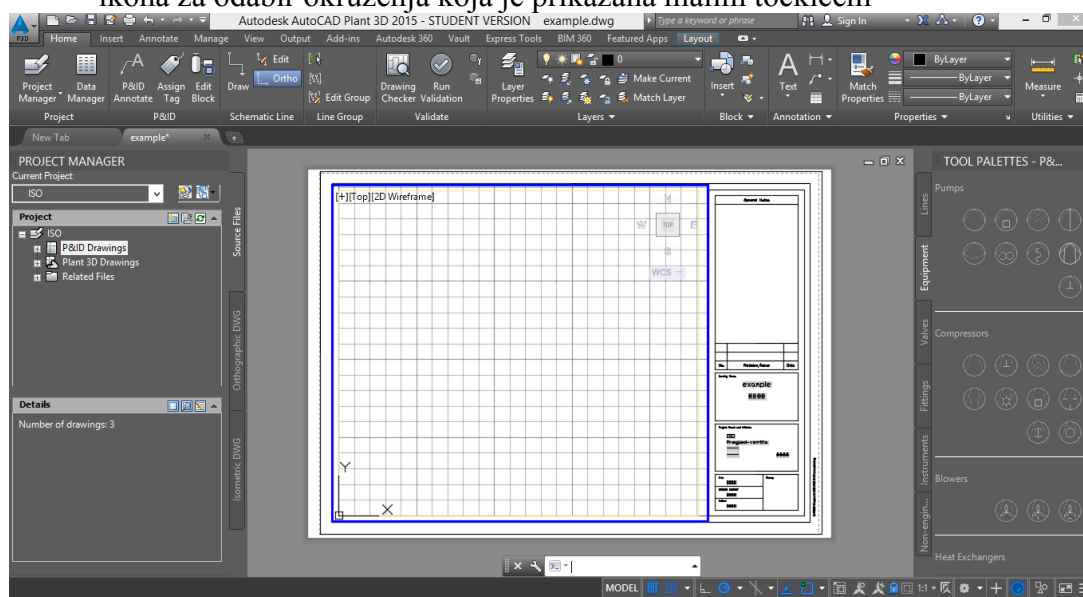
- .xml – informacije o projektu, opće postavke, direktorij u kojem se projekt nalazi;
- .dcf – SQLite baza podataka odnosno upute zapisane u xml formatu za povezivanje na SQL server;
- .dcfx – informacije o strukturi korištenoj u bazi podataka.

Pri uređivanju i radu na projektu također se pojavljuje datoteka koja zaključava projekt i onemogućuje druge korisnike da je uređuju. Ta datoteka ima ekstenziju .plck.

Sučelje programa je prikazano na slici 3.1. Sučelje koje je prikazano se nalazi u P&ID – ISO okruženju. Stavke koje se mogu vidjeti na slici su:

- "Project manager" – služi za upravljanje projektom (stvaranje, uređivanje, mijenjanje aktivnog projekta). U njemu je moguće i vidjeti detalje o projektu i crtežima koji se nalaze u projektu

- Alatna traka – na slici je prikazana alatna traka u P&ID okruženju te je moguće vidjeti alate koji se najčešće koriste kod izrade P&I dijagrama – označavanje objekata, uređivanje simbola, validacija, uređivanje slojeva (engl. *Layers*)
- Palete – služe za pristup simbolima različitih objekata
- Traka naredbi – služi za upisivanje naredbi koje se žele izvršiti. Naredbe se mogu upisivati definiranim kraticama ili punim nazivom
- U donjem dijelu se nalazi traka s različitim postavkama crtanja ("Ortho Mode", postavke koraka), mjerilo crteža te ostale stavke. Na toj traci se također nalazi se i ikona za odabir okruženja koja je prikazana malim točkicom

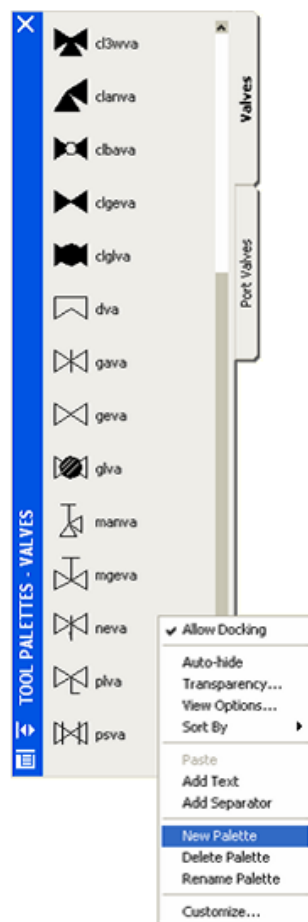


Slika 3.1 Sučelje programa

3.2 OSTALI PROGRAMI ZA IZRADU P&I DIJAGRAMA

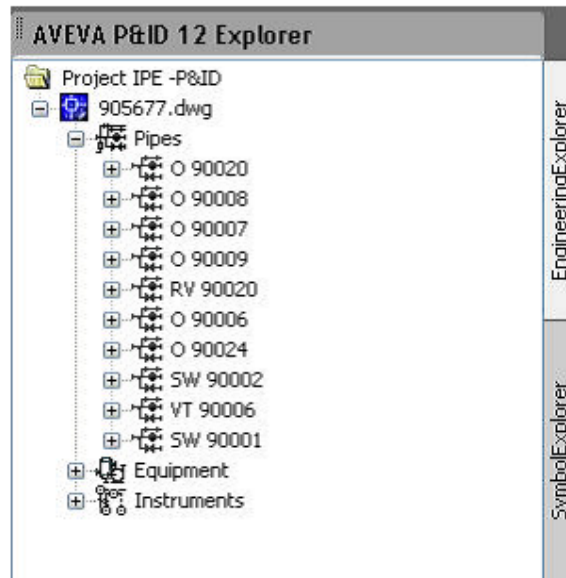
3.2.1 Aveva P&ID

Aveva P&ID je program baziran na AutoCADu koji omogućava izradu inteligentnih P&I dijagrama. Format datoteke koji program koristi je DWG. Program omogućava korisniku umetanje simbola iz biblioteke programa pomoću različitih paleta. Simbole je također moguće umetati iz preglednika ili okvira Symbol Explorer. Simboli su povezani s listom dijelova te ih je na lagan način moguće mijenjati, prebrojavati ili doradivati. Slika 3.2 prikazuje paletu za umetanje simbola ventila.



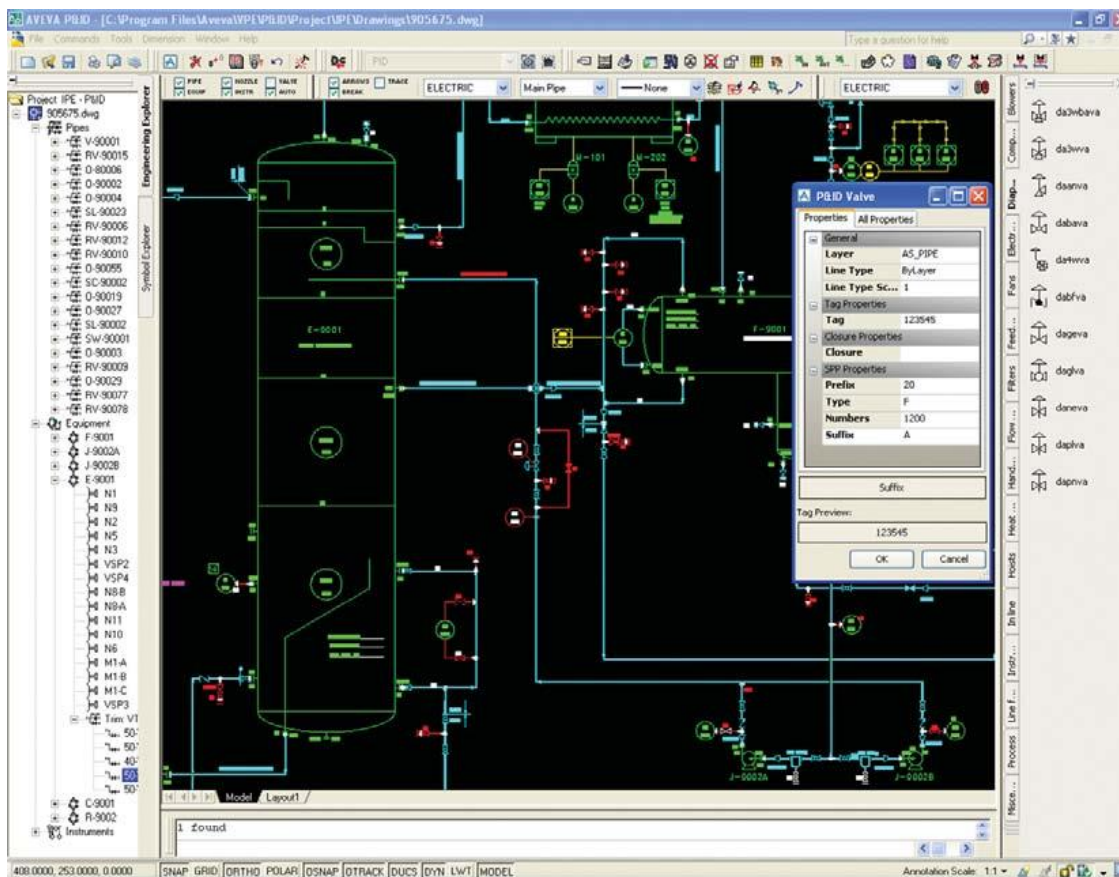
Slika 3.2 Paleta simbola[11]

Hijerarhiju odnosno stablo sa svim objektima u otvorenim crtežima predstavlja Engineering Explorer. Moguće je simultano prikazivanje detalja za sve otvorene crteže. Explorer je dinamički povezan s simbolima na crtežu te svako brisanje ili mijenjanje simbola uzrokuje njegovo obnavljanje. Slika 3.3 prikazuje Engineering Explorer. U njemu su također prikazani ime projekta te crteži koji se nalaze u tom projektu. Na slici je moguće vidjeti da su objekti grupirani s obzirom na kategorije te s obzirom na svoju oznaku. Crtež je moguće filtrirati tako da prikazuje samo određene objekte.



Slika 3.3 Engineering Explorer[11]

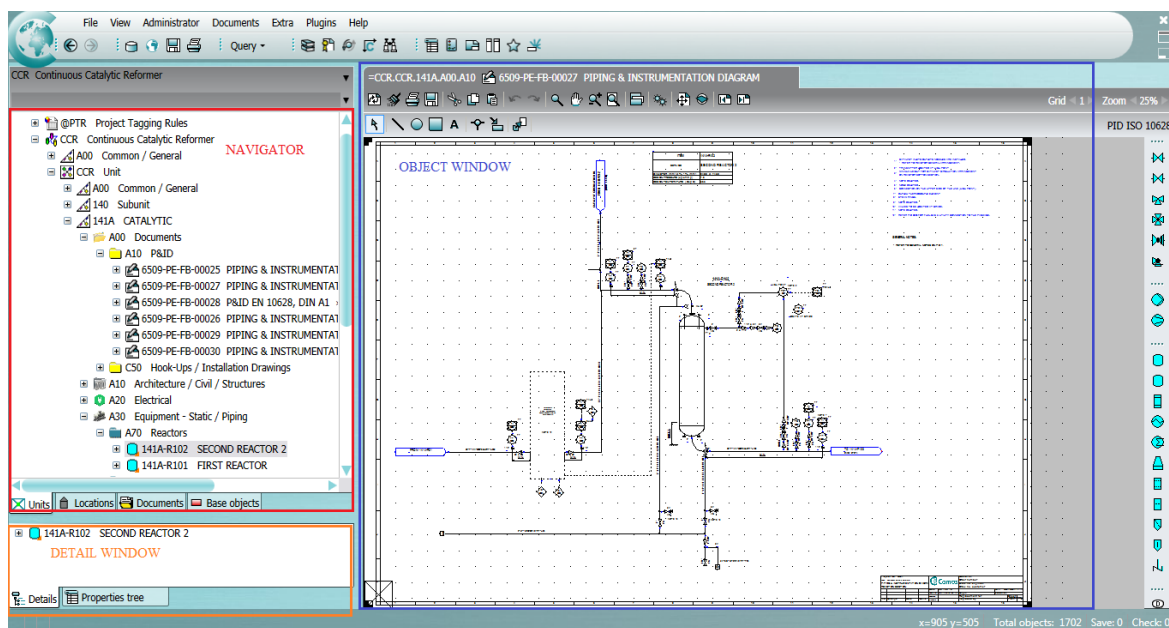
U programu je također moguće generirati izvješća koja sadrže detalje o objektima na crtežu. Izvješća je moguće grupirati tako da prikazuju određene objekte, primjerice samo ventile i cjevovode određene klase. Slika 3.4 prikazuje sučelje programa.



Slika 3.4 Sučelje programa Aveva P&ID[11]

3.2.2 Comos

Comos je program za konstruiranje i dizajn energetskih postrojenja izrađen od tvrtke Siemens. Jedan od modula Comosa je i Comos P&ID koji služi za izradu dijagrama cjevovoda i instrumentacije i ima sučelje koje sadrži sve palete i alate potrebne za izradu P&I dijagrama. Comos sadrži biblioteke s predefiniranim simbolima za različite objekte – filteri, oprema za hlađenje, pumpe te ostalo, koji se na crtež umeću pomoću "drag & drop" metode – povlačenjem simbola na crtež. Korisniku je također omogućeno stvaranje vlastitih simbola i biblioteka. Slika 3.5 prikazuje sučelje Comos P&ID modula. Na slici je prikazano nekoliko područja. Prvo, crveno uokvireno područje predstavlja navigacijski prozor koji prikazuje različite objekte – oprema, cijevi, instrumenti. Objekti su grupirani prema hijerarhiji te su njihovi odnosi automatski povezani. Drugo područje odnosno narančasti okvir predstavlja detalje o crtežu ili objektu. Treće, plavo područje predstavlja prostor izrade objekata i P&I dijagrama.

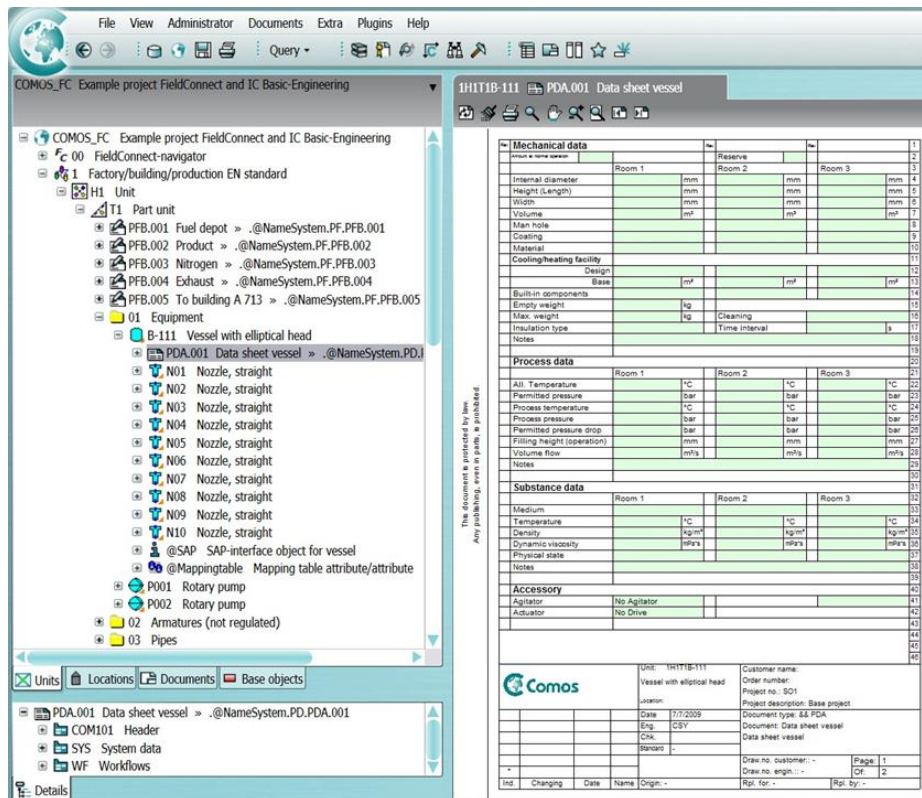


Slika 3.5 Sučelje COMOS P&ID[12]

Program također može generirati različite liste odnosno izvješća o objektima. Neke od listi su:

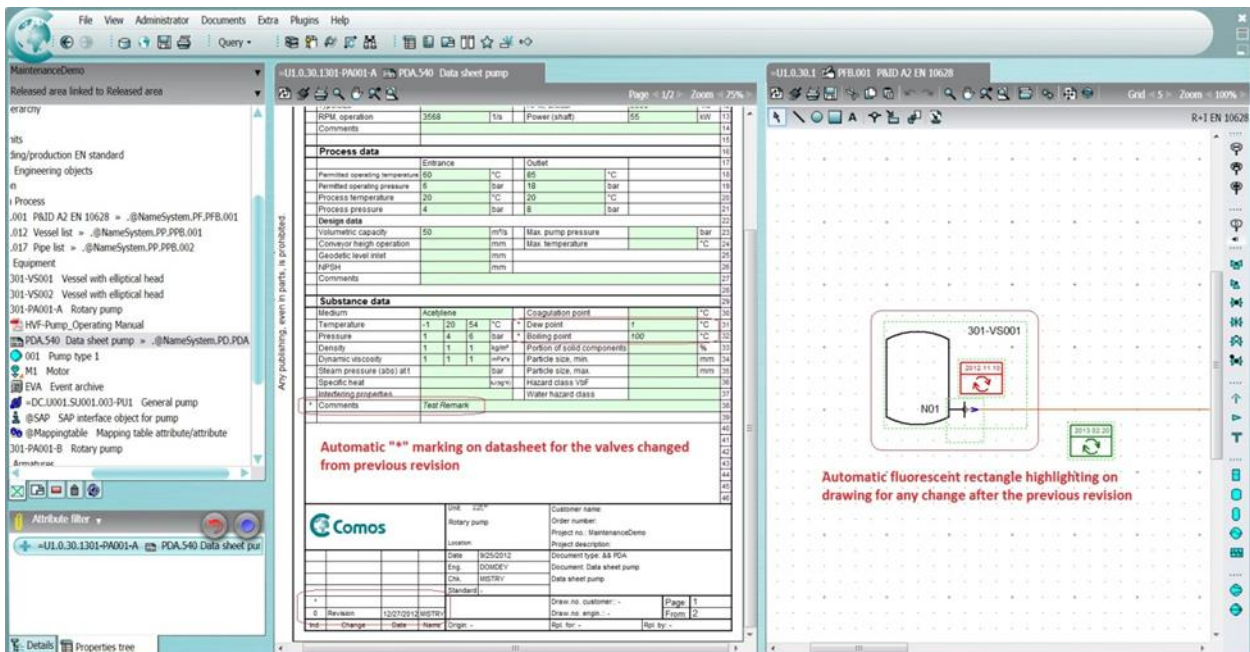
- Liste opreme – mogu se zasebno generirati i liste pumpi, izmjenjivača, spremnika i druge opreme
- Liste cijevi
- Liste instrumenata i njihovih oznaka
- Liste električnih potrošača i električnih žica
- Tumači simbola
- Liste fluida
- I druge

Slika 3.6 prikazuje generiranu listu odnosno izvješće spremnika u programu COMOS. U izvješću je moguće prikazati različite stavke od mehaničkih podataka spremnika, podataka o opremi na spremniku te vrsti tvari u spremniku. Za različite objekte generiraju se različite stavke.



Slika 3.6 izvješće u COMOSu[12]

Izrađeni crteži se mogu revidirati u Comosu. Svaka promjena na dokumentu se prati tako da se svaka revizija, bilo na izvješću ili crtežu, odvija automatski. U Comosu revizije se mogu napraviti u formatima TIF i PDF. Slika 3.7 prikazuje primjer praćenja promjena u programu.



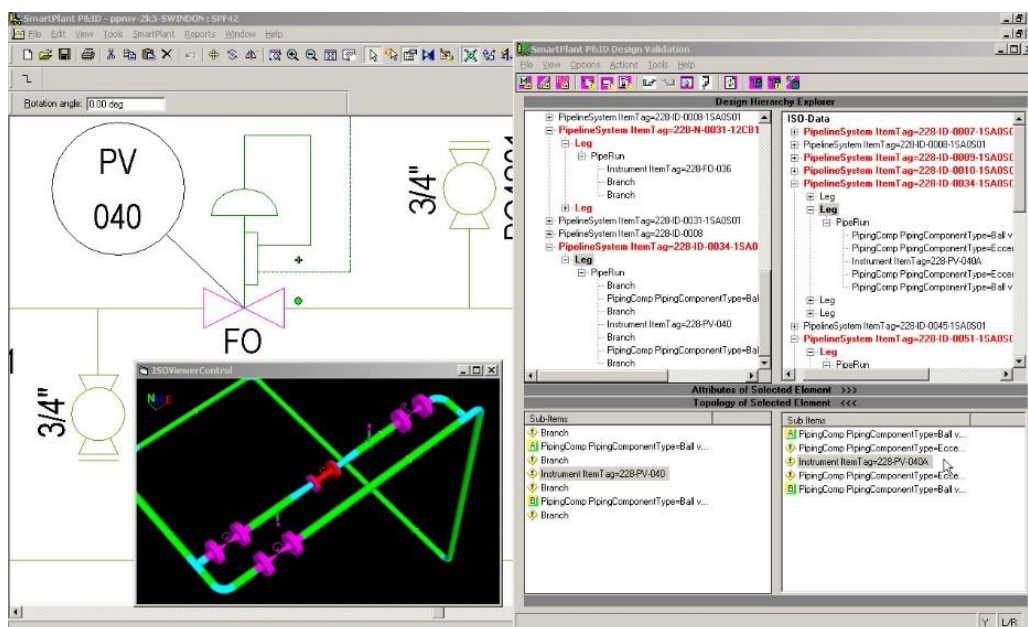
Slika 3.7 Revizija u COMOSu[12]

3.2.3 SmartPlant® P&ID

SmartPlant® P&ID je dio Intergraph-ovog programskog paketa SmartPlant i služi za izradu P&I dijagrama. Kao i kod prethodna dva programa crteži se izrađuju umetanjem simbola objekata iz biblioteke na crtež "drag&drop" metodom. Objekti su povezani i nakon njihova umetanja program analizira jesu li specifikacije objekta u skladu s projektom. Ukoliko specifikacije objekta nisu u skladu s projektom, program naznačuje da je unos pogrešan. Također, program ima opciju da pregleda crtež za neujednačenosti na crtežu. Te neujednačenosti mogu biti: priključak koji nije spojen s cijevi, nedostatak potrebnog priključka ili slično. Ukoliko neujednačenosti postoje program ih označi te ponudi neko bolje rješenje. Jedna od mogućnosti je i generiranje izvješća odnosno listi. Izvješća se mogu grupirati s obzirom na tip objekta ili specifikacije objekta. Predložak izvješća je moguće uređivati stavljanjem željenih vrijednosti i stavki.

SmartPlant® P&ID nudi i mogućnost validacije P&I dijagrama. Validacija se može provoditi uspoređujući P&I dijagram s:

- Izometrikom stvorenim pomoću SmartPlanta,
- Izometricima stvorenim u ISOGENu – Intergraph program za generiranje izometrika,
- 3D modelom postrojenja [13].



Slika 3.8 Validacija P&ID u SmartPlant P&ID[13]

Jedna od mogućnosti je i uvođenje P&I dijagrama stvorenih pomoću drugih programa – AutoCAD, MicroStation i drugi. Nakon uvođenja SmartPlant konvertira P&ID u svoj format te daje crtežu određene pametne značajke – specifikacije, povezanost objekata u hijerarhiji, različite postavke. Konvertiranje drugih formata ne daje uvijek najbolje rezultate te je potrebno dosta vremena provesti u prepravljanju nekonzistentnosti konverzije.

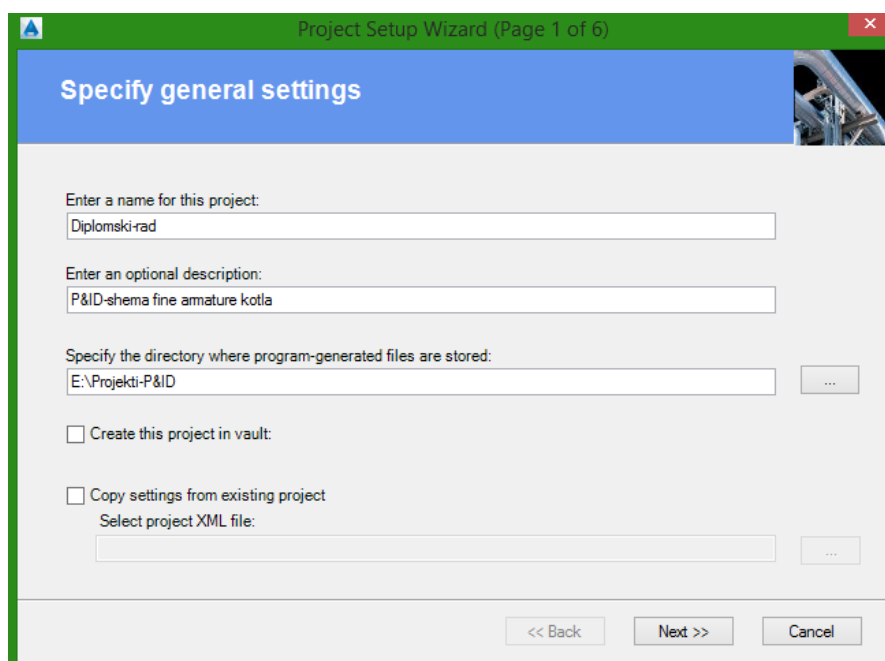
4 IZRADA P&I DIJAGRAMA U AUTODESK AUTOCAD PLANT 3D

4.1. STVARANJE PROJEKTA

Pokretanjem programa otvara se početno sučelje. Početno sučelje sadrži nekoliko opcija koje je moguće koristiti – stvaranje novog projekta, otvaranje već postojećeg projekta, otvaranje nedavno korištenih dokumenata, pristup Autodesk 360. Na početnom sučelju se također nalazi i "Project Manager".

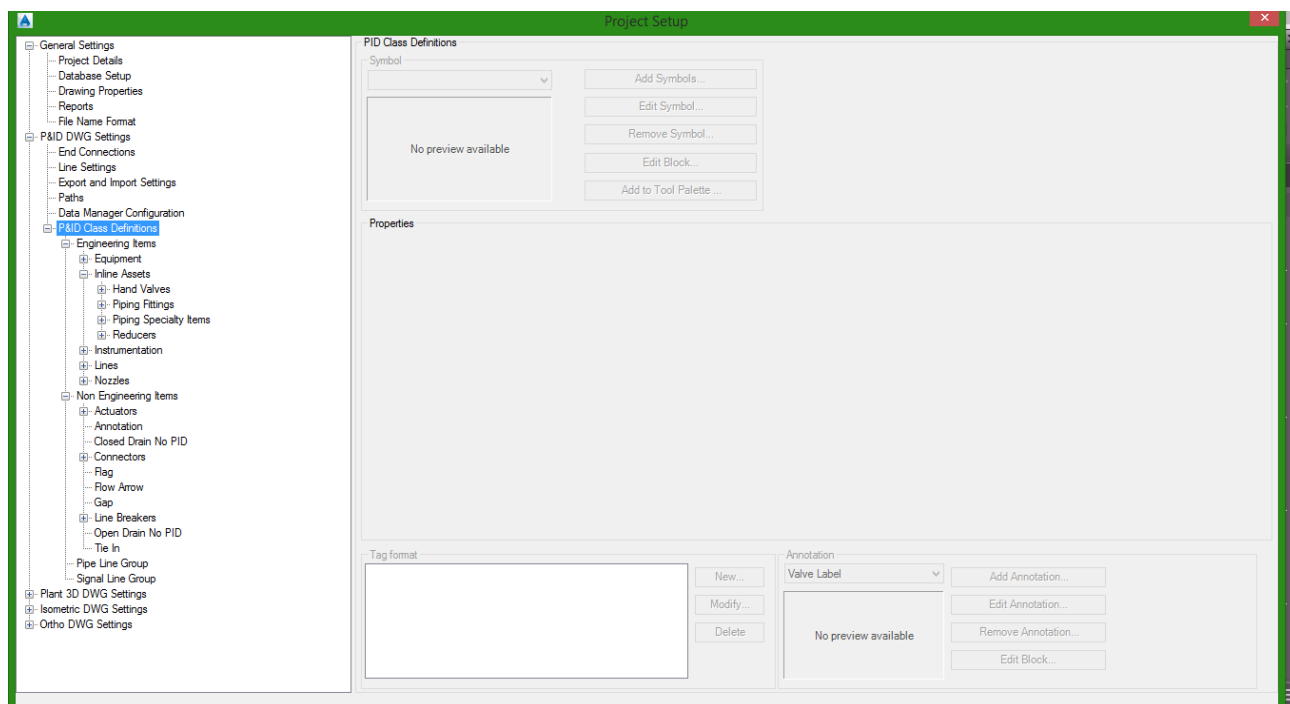
Novi projekt je moguće stvoriti klikom na naredbu "Create New Project" ili u "Project Manager" pod padajućim izbornikom "Current Project". Nakon pokretanja naredbe otvara se novi prozor gdje se uređuju pojedinosti o projektu.

Slika 4.1 prikazuje opcije koje je moguće urediti pri stvaranju projekta – "Project Setup Wizard". Na prvoj stranici ovog prozora uređuju se opće postavke projekta- ime, putanja direktorija projekta. Postavke projekta je moguće kopirati pomoću naredbe "Copy settings from existing project" i odabirom XML datoteke projekta čije postavke se žele kopirati. Na drugoj stranici se podešavaju jedinice koje se žele koristiti. Treba voditi pažnju da su različiti standardi dostupni samo kod određenih jedinica. Na idućoj stranici se odabire standard P&I dijagrama te direktorij u koje će se crteži spremati. Ostale stranice sadrže postavke spremanja različitih datoteka (3D modeli, tumači, tablice) te odabir baze podataka – lokalna baza ili SQL server koji se preporučuje pri radu više korisnika. Korištenje SQL baze zahtjeva namještanje postavki te instalaciju servera.



Slika 4.1 Stvaranje projekta

Na zadnjoj stranici prozora "Project Setup Wizard" nalazi se stavka "Edit Additional Project Settings After Creating Project". Ukoliko se izabere ta stavka otvara se prozor za uređivanje naprednijih postavki projekta. Ovim postavkama se može pristupiti i nakon što se otvori crtež preko naredbe "Project Manager-Project Setup". U "Project Setup" prozoru je moguće uređivati različite stavke koje se tiču projekta te P&I dijagrama – postavljanje simbola linija, specifikacije objekata, dodavanje novih simbola ili uređivanje postojećih.



Slika 4.2 Postavke projekta

4.2 UREĐIVANJE KLASJE OBJEKTA

Klase definiraju atribute i svojstva komponenti ili linija. Kako bi se stvorila većina opreme, instrumenata, priključaka i ostalih dijelova počinje se od postojeće komponente te joj se mijenjaju svojstva. Klase su podijeljene u četiri kategorije:

- "Engineering Items" – oprema, priključci, instrumenti, linije i linijske komponente
- "Non Engineering Items" – objekti koji se ne mogu kupiti i nisu generirani u izvješću (strelice strujanja, aktuatori, anotacije)
- "Pipe Line Groups" – cijevne linije
- "Signal Line Groups" – signalne linije s instrumentima

Postojeće klase se mogu uređivati ili se mogu stvarati nove klase temeljene na postojećim – primjerice ukoliko tvrtka koristi neki simbol kojeg nema u programu, moguće je stvoriti vlastiti simbol koji odgovara zahtjevima tvrtke. Kada se stvaraju klase temeljene na postojećim, nova klasa nasljeđuje svojstva i postavke postojeće klase.

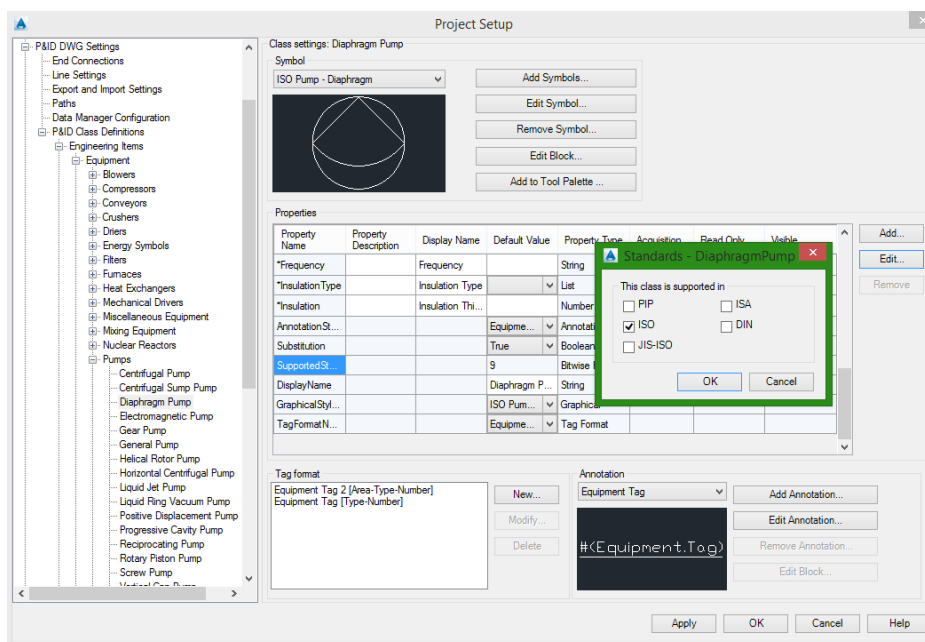
Stavke koje se mogu uređivati na postojećim klasama su:

- Simboli i postavke linija – razine (engl. *Layers*), mjerilo simbola, debljine linija
- Svojstva klase – opis, podržani standardi
- Format oznake
- Bilješka odnosno anotacija

Uređivanje te stvaranje klasa se odrađuje u izborniku "Project Setup – P&ID DWG Settings – P&ID Class Definitions".

U izborniku "P&ID Class Definition" potrebno je izabrati objekt koji se želi uređivati. Slika 4.3 prikazuje svojstva koja se mogu izmjenjivati. Određena svojstva se mogu mijenjati upisivanjem u prazne ćelije dok je kod nekih potrebno odabrati željeno svojstvo i kliknuti na naredbu "Edit". Jedno

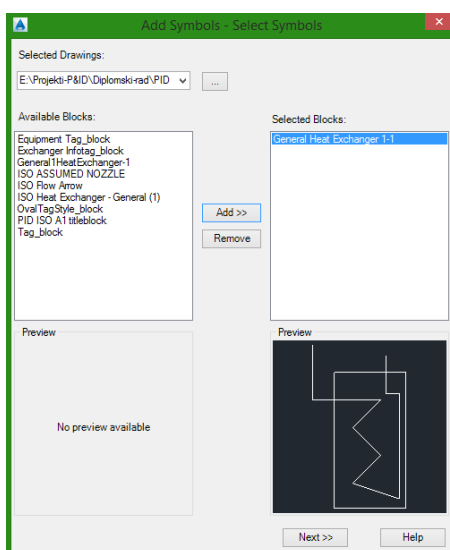
od svojstava koje je moguće mijenjati je podržani standard. Odabirom svojstva "SupportedStandards" i klikom na "Edit" otvara se izbornik s podržanim standardima. Ukoliko objekt nije podržan standardom projekta (standard nema kvačicu kraj sebe), a želi ga se koristiti, potrebno je u izborniku kraj korištenog standarda staviti kvačicu



Slika 4.3 Postavke klase - pumpe

4.2.1 Stvaranje i uređivanje simbola komponente

Pod svojstvima klasa moguće je mijenjati simbole komponenti. Odabirom određene klase i klikom na naredbu "Edit Block" moguće je uređivati oblik, veličinu i priključke simbola za cijeli projekt. Simbolu se također mogu mijenjati i svojstva odabirom naredbe "Edit Symbol". Svojstva koja se mogu mijenjati su razina, mjerilo, debljina linije, boja linije te postavke oko označavanja. Simbole je moguće i umetati iz drugih crteža (DWG) i projekata odabirom naredbe "Add Symbols" te odabirom crteža s kojeg želimo uzeti simbol – za umetanje simbol mora biti u obliku bloka. Nakon što se odabere crtež izbornik "Available Blocks" prikaže sve blokove koji su korišteni u odabranom crtežu. Na taj način se jedan crtež (DWG datoteka) može koristiti kao predložak za stvaranje simbola. Slika 4.4 prikazuje dodavanje simbola izmjenjivača za crtež "Schema fine armature kotla".



Slika 4.4 Dodavanje simbola izmjenjivača

4.2.2 Nasljeđivanje svojstava – "Property Acquisition"

Kada se za svojstvo stavi da je naslijeđeno ono se definira prema svojstvu nekog drugog objekta koji može biti klasa, svojstvo crteža ili projekt. Nasljeđivanje osigurava dosljednost između svojstava komponenti – ukoliko se izvorna vrijednost promijeni, mijenjanju se i svojstva svih komponenti koje imaju tu vrijednost kao naslijeđenu. Kao naslijeđena svojstva postavljaju se svojstva komponenti koje su u zajedničkom odnosu – veličina i klasa cijevne linije i veličine i klase svih ventila na toj cijevnoj liniji.

Neki od odnosa kod kojih je moguće stvoriti naslijeđeno svojstvo su:

- Cijevne linije i komponente na njoj
- Cijevne linije i početni priključak
- Cijevne linije i završni priključak
- Linija i strelica

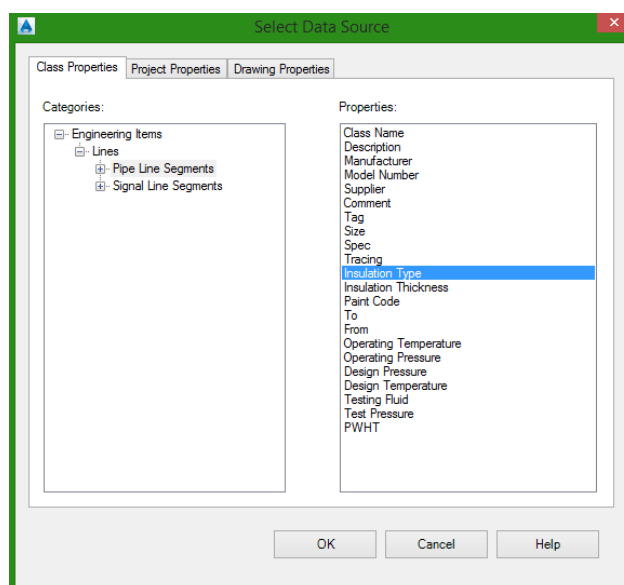
Tablica 4.1 prikazuje neke od naslijeđenih svojstava koja su predefinjirana u programu.

Tablica 4.1 Naslijeđena svojstva definirana u programu

Naslijeđeno svojstvo	Izvorno svojstvo
"HandValves.Size" - Dimenzije ventila	"PipeLines.Size" – Dimenzije cijevne linije
"HandValves.Spec" – klasa ventila	"PipeLines.Spec" – Specifikacija linije
"InLineInstruments.Size" – dimenzije instrumenta koji se nalazi na cijevnoj liniji	"PipeLines.Size" – Dimenzije linije

Svojstvo komponente koje je naslijeđeno je moguće upisati ručno, a to se postiže prebacivanjem svojstva u "Override" status. Prebacivanje u "Override" status je moguće u svojstvima ("Properties") objekta, "Data Manager" izborniku ili pri zadavanju oznake.

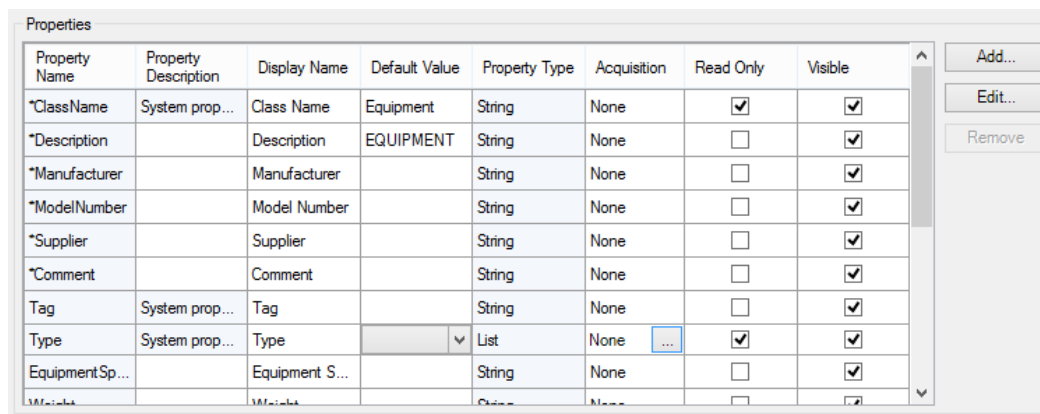
Naslijeđeno svojstvo se stvara u izborniku "Project Setup – P&ID DWG Settings – P&ID Class Definitions" te odabirom komponente. U prozoru komponente potrebno je odabrati naredbu "Add" te izabrati "Acquisition" i imenovati novo svojstvo. U prozoru "Select Data Source" potrebno je izabrati kategoriju i svojstvo te kategorije koje će biti izvorno – primjerice tip izolacije cijevne linije



Slika 4.5 Odabir izvornog svojstva

Osim stvaranja, moguće je i urediti već definirana svojstva da postanu naslijeđena. To se postiže odabirom ćelije pod stupcem "Acquisition" te klikom na tri točkice. Izvorna svojstva se biraju jednako kao i kod stvaranja.

Naslijeđena svojstva koja su predefinjirana programom (tablica 4.1) je također moguće uređivati odabirom ćelije te klikom na "Edit Acquisition Rule" ili "Remove Acquisition Rule".

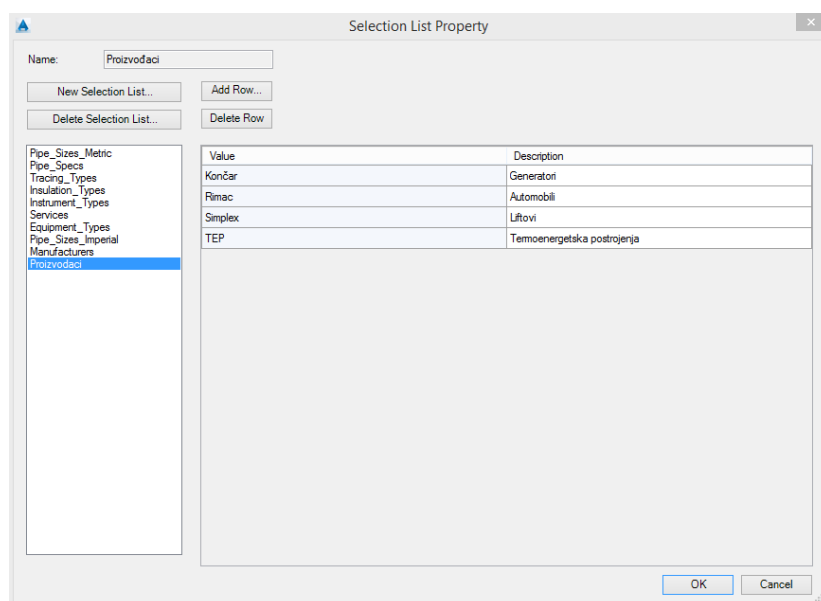


Property Name	Property Description	Display Name	Default Value	Property Type	Acquisition	Read Only	Visible
*ClassName	System prop...	Class Name	Equipment	String	None	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
*Description		Description	EQUIPMENT	String	None	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
*Manufacturer		Manufacturer		String	None	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
*ModelNumber		Model Number		String	None	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
*Supplier		Supplier		String	None	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
*Comment		Comment		String	None	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Tag	System prop...	Tag		String	None	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Type	System prop...	Type		List	None	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
EquipmentSp...		Equipment S...		String	None	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Slika 4.6 Postavljanje naslijeđivanja na definirana svojstva

4.2.3 Liste svojstava - "Selection Lists"

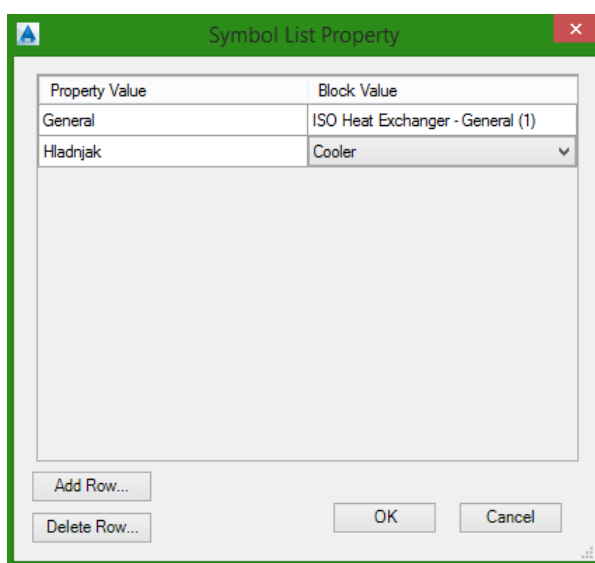
Liste svojstava se koriste kada se želi definirati standardna svojstva, poput veličina cijevi, specifikacije cijevi i tipa instrumenta ili kada se želi napraviti lista svojstava za jednostavniji odabir, primjerice lista proizvođača. Liste zapravo predstavljaju padajući izbornik s definiranim svojstvima. Liste definirane programom je moguće uređivati, a moguće je stvarati i vlastite liste svojstava. Stvaranje liste svojstava se vrši u izborniku "Project Setup – P&ID DWG Settings - P&ID Class Definitions" te odabirom komponente kod koje želimo stvoriti listu, npr. pumpe - "Pumps". Kada se izabere željena komponenta potrebno je odabrati naredbu "Add" u polju svojstava nakon čega se otvara novi prozor "Add Property". U ovom prozoru za stvaranje liste potrebno je odabrati "Selection List" te upisati željeno ime. U sljedećem prozoru potrebno je odabrati "New Selection List" te joj dati ime. Odabirom nove liste i naredbom "Add Row" u listu se upisuju željena svojstva – u listu se može upisati jedno ili više svojstava. Također je moguće mijenjati postojeće liste dodajući im nova svojstva naredbom "Add Row".



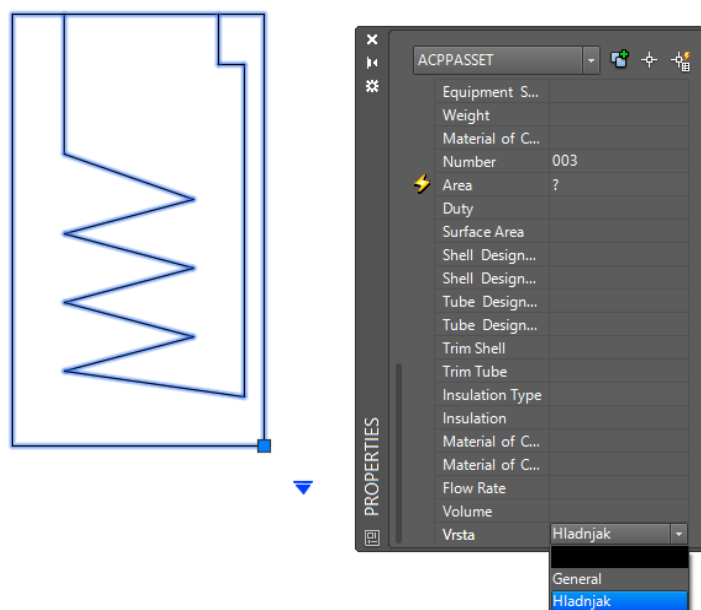
Slika 4.7 Izrada liste svojstava

4.2.4 Liste simbola

Lista simbola koriste se kada je potrebno definirati nekoliko simbola za različita svojstva – npr. simbol jednog proizvođača se razlikuje od simbola drugog. Da bi se mogle stvoriti liste simbola potrebno je imati nekoliko definiranih simbola za komponentu. Lista simbola se također stvara u "Project Setup" prozoru odabirom željene komponenta u izborniku "P&ID Class Definitions". Postupak je isti kao i kod stvaranja liste svojstava samo što je potrebno izabrati "Symbol List" nakon čega se otvara prozor "Symbol List Property" - Slika 4.8. U novom prozoru potrebno je izabrati naredbu "Add" te upisati svojstvo (proizvođač 1) koje će koristiti prvi simbol te zatim dodati još jedno svojstvo (proizvođač 2) koje će koristiti drugi simbol. Nakon stvaranja svojstva na padajućem izborniku "Block Value" moguće je izabrati željeni simbol svojstva. Kada se simbol uređivane komponente postavi na crtež moguće je desnim klikom na njega i odabirom "Properties" promijenti svojstvo koje smo stvorili. Promjenom svojstva automatski se mijenja i simbol.



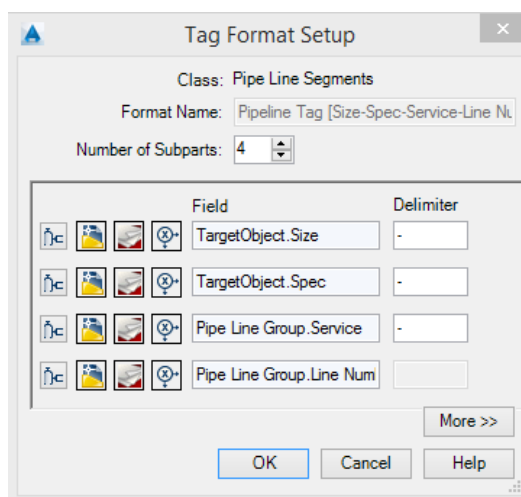
Slika 4.8 Stvaranje liste simbola



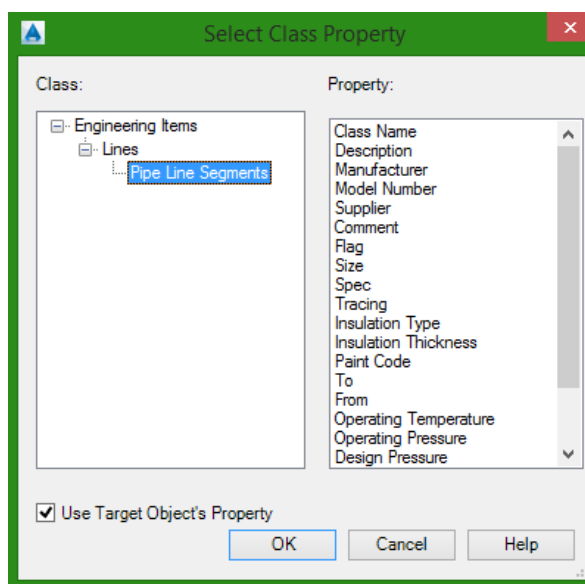
Slika 4.9 Promjena svojstva u listi simbola na crtežu

4.2.5 Uređivanje oznaka - engl. *Tag Editing*

U "Project Setup" izborniku je moguće i mijenjati format oznaka komponenti. Mijenjanje formata prikazano je na primjeru cijevne linije koja se nalazi u "P&ID DWG Settings – P&ID Class Definition – Lines – Line Segments – Primary Line Segment". Format koji je definiran u programu te se koristi prema ISO standardu je: veličina – klasa – usluga – broj linije. Uređivanje oznake se nalazi u donjem dijelu prozora pod izbornikom "Tag Format". Odabirom naredbe "Modify" otvara se prozor za uređivanje oznake linije gdje je moguće odabrati broj svojstava ("Number of Subparts") koja se prikazuju u oznaci linije te svojstva koja će se koristiti za označavanje – moguće je odabrati svojstva klase, crteža ili projekta. Stupac "Delimiter" predstavlja hoće li svojstva u oznaci biti odvojena nekim simbolom. Svojstva se odabiru klikom na ikonu u izborniku "Field". Klikom na ikonu, primjerice na "Select Class Properties" u redu – "TargetObject.Size", otvara se novi izbornik - Slika 4.11. U izborniku je pod stupcem "Class" prikazana klasa čije će se svojstvo koristiti, a pod stupcem "Properties" su prikazana svojstva koja se mogu koristiti. Odabirom svojstva (npr. "Description") i potvrđivanjem unosa, mijenja se oznaka cijevne linije i sada umjesto promjera cijevi sadrži opis cijevi. Nova oznaka se može stvoriti na isti način samo što je umjesto "Modify" naredbe potrebno izabrati naredbu "New". Nakon što je stvorena oznaka potrebno ju je postaviti kao standardnu. To je moguće u polju svojstva "Properties". U stupcu "Property Name" potrebno je naći svojstvo "TagFormatName" i promijeniti njegovu vrijednost u padajućem izborniku "Default Value" na oznaku koja je stvorena.



Slika 4.10 Izbornik za uređivanje oznake linije



Slika 4.11 Odabir svojstva za oznaku linije

4.3 UREĐIVANJE CRTEŽA

Prije umetanja simbola i izrade crteža potrebno je urediti postavke crtanja zbog brže i jednostavnije izrade. Postavke koje je moguće urediti su

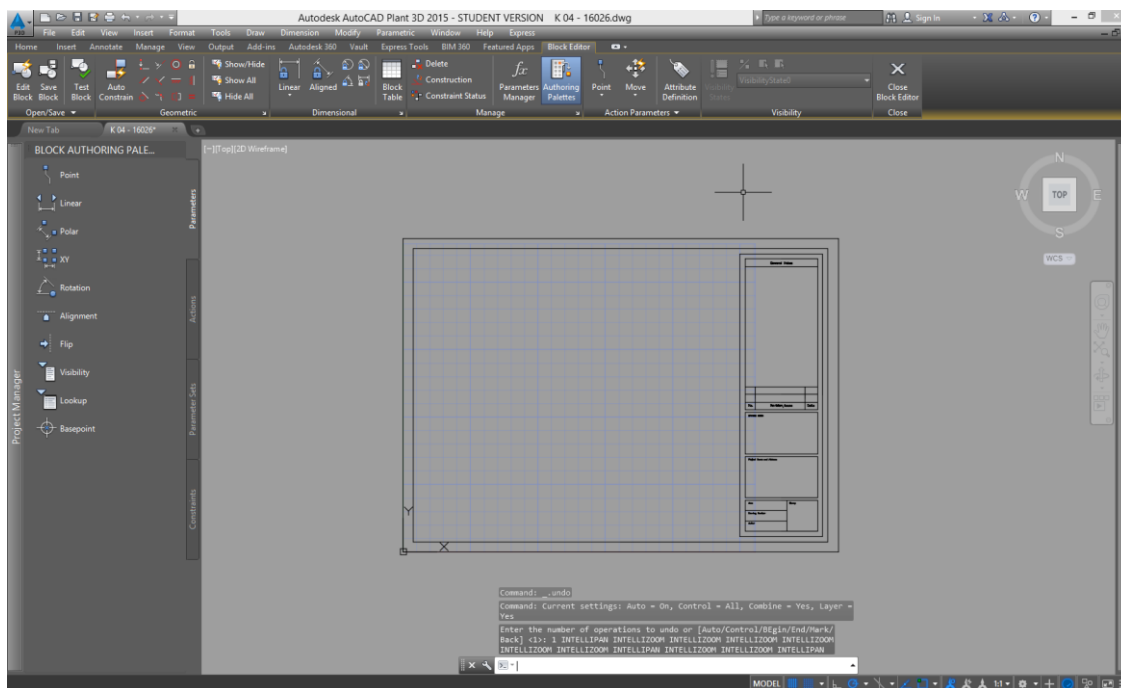
- "Object Snap" – hvatanje različitih rubova objekta
- "Ortho Mode" – kretanje kursora samo pod kutom od 90°
- "Snap to Grid" – hvatanje odnosno kvačenje kursora za mrežu
- "Hardware Acceleration" – moguće je isključiti neke stavke prikaza kako bi se poboljšale performanse

Nakon što su uređene osnovke postavke crtanja, prije umetanja simbola i crtanja potrebno je urediti prostor papira (format, sastavnice, okviri), razine (engl. *Layers*) te urediti palete simbola. Uređivanje paleta nije neophodno za izradu crteža, ali omogućava brže snalaženje i izradu.

4.3.1 Uređivanje prostora crtanja

Format papira te sastavnica su u programu određeni preko predložaka. Za korištenje u ISO standardu dostupni su A0 i A1 format. Ove predloške je moguće uređivati te stvarati nove predloške. Korišteni predložak se može promijeniti na "Project Manager – Project Setup – P&ID DWG Settings – Paths – Drawing template file (DWT)". Ovaj predložak se može uređivati u ovom programu ili u Autodesk AutoCAD-u.

Preporučljivo je da se ne uređuje originalni predložak. Ukoliko se predložak želi mijenjati potrebno je naći mapu s predloškima te kopirati predložak koji je najpodobniji. Nakon toga je kopirani predložak potrebno otvoriti u programu i urediti blok. Blok je moguće uređivati na "Insert – Block Definition – Block Editor". Kada su napravljene željene promjene predložak se može spremiti te koristiti na svim daljnjim projektima. Blok je također moguće uređivati u trenutno otvorenom crtežu, ali sve promjene koje su napravljene se odnose na taj crtež i ne prenose se u projektu.



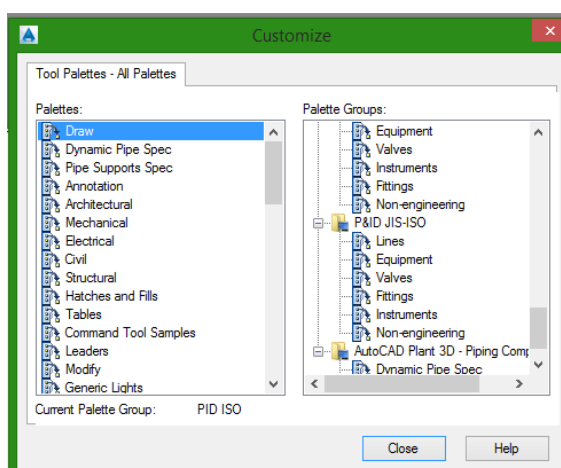
Slika 4.12 Uređivanje bloka – sastavnica i okvir

U sastavnicu je moguće unositi dinamički tekst koji je povezan s svojstvima projekta i crteža – ime crteža, ime projekta, broj crteža i projekta te drugo. Takav tekst se unosi naredbom "Insert – Data – Field".

4.3.2 Uređivanje paleta i razina – engl. Layers

Uređivanje paleta

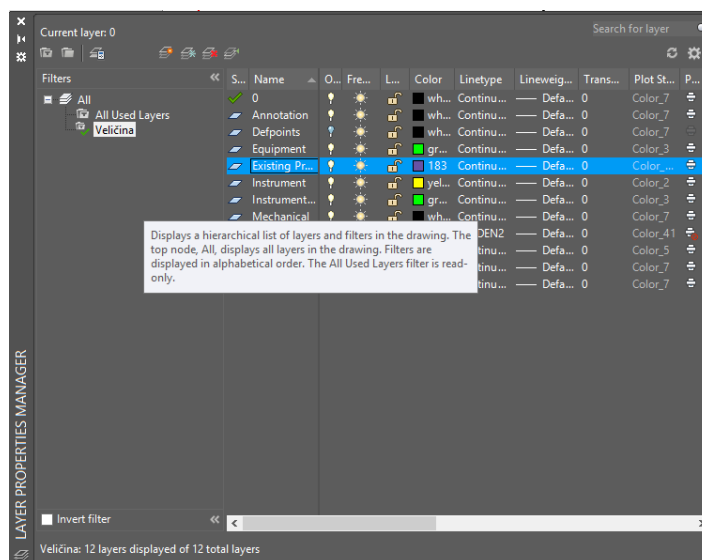
Paleta sadrže alate potrebne za rad na crtežu. Svako okruženje dolazi s definiranim paletama. Standardne palete mogu se mijenjati desnim klikom na paletu te odabirom željene. Na definirane palete mogu se dodavati alati koji nisu na paleti – "Modify" alati u "P&ID ISO" paletu desnim klikom na paletu te odabirom "Customize Palletes". Paleta mogu značajno ubrzati rad jer se alati nalaze na jednom mjestu.



Slika 4.13 Uređivanje paleta

Uređivanje razina

Razine služe za definiranje tipova linija, debljina linija, boja linija te vidljivosti. Pomoću razina je na jednostavan moguće izolirati određene objekte gašenjem vidljivosti razine. Razine se definiraju u prozoru "Home – Layers – Layer properties". Moguće je stvarati nove razine, uređivati već postojeće, dodavati nova svojstva na razine te ih grupirati. Kao i blokovi i razine se mogu uređivati u predlošku i u trenutnom crtežu.

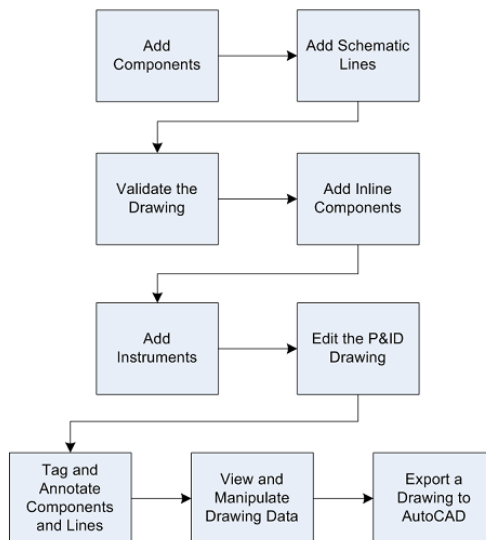


Slika 4.14 Prikaz razina (Layers)

4.4 SLIJED IZRADE, UMETANJE SIMBOLA I OZNAKE OBJEKTA

4.4.1 Slijed izrade dijagrama

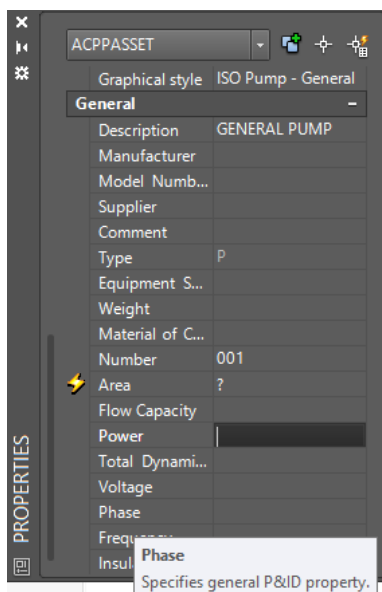
Slika 4.15 prikazuje preporučeni slijed izrade. Prvo se umeću simboli opreme (pumpi, spremnika, izmjenjivača) zatim slijede shematske linije, validacija, komponente na liniji (ventili), instrumenti, uređivanje dijagrama, označavanje komponenti, uređivanje detalja te izvoz crteža u AutoCAD.



Slika 4.15 Slijed izrade dijagrama

4.4.2 Umetanje objekata na crtež

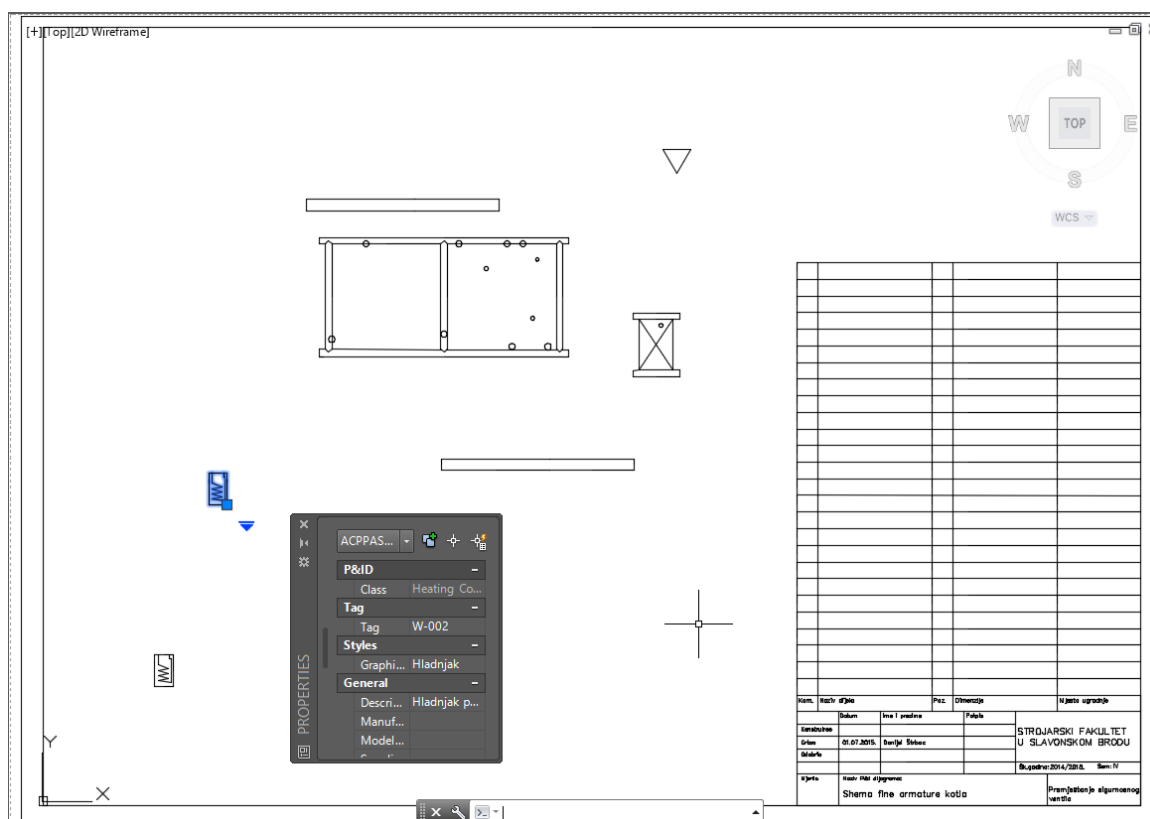
Simboli se umeću na crtež iz paleta povlačenjem i spuštanjem. Nakon umetanja moguće je mijenjati različita svojstva i postavke objekta te njegovo označavanje. Postavke se otvaraju desnim klikom na simbol te klikom na "Properties". U postavkama je moguće mijenjati razinu objekta, poziciju na crtežu, veličinu simbola, svojstva objekta (proizvođač, broj modela, težina, kapacitet) i drugo. Simbole je moguće skalirati pomoću naredbe "Scale", rotirati – "Rotate" te pomicati – "Move".



Slika 4.16 Svojstva objekta

Umetanje simbola opreme i komponenti

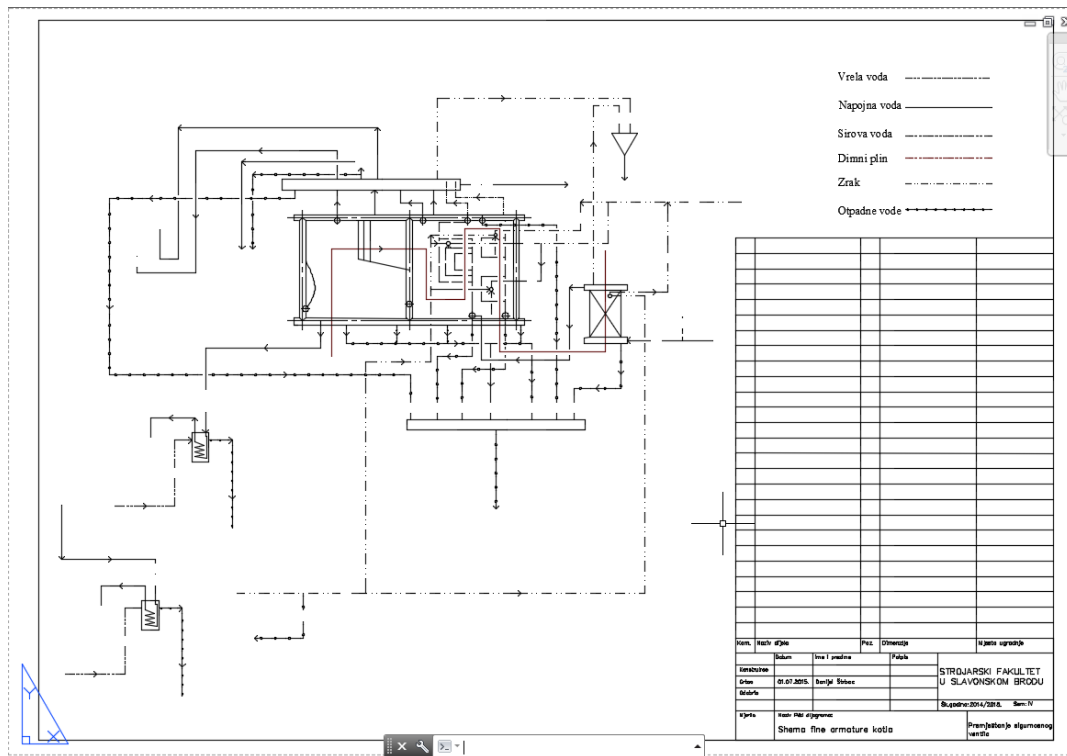
Prvi simboli koji se umeću su simboli opreme te određene komponente koje predstavljaju jezgru postrojenja - slika 4.15. Umetanje opreme i komponenti na crtežu "Shema fine armature kotla" prikazuje slika 4.17. Od opreme na slici se nalaze dva izmjenjivača topline odnosno hladnjaci probe vode – simboli u donjem lijevom kutu. Opremu je moguće zamijeniti pomoću strelice ispod simbola – izmjenjivač topline moguće je zamijeniti samo drugim tipom izmjenjivača. Ostale komponente na slici predstavljaju jezgru postrojenja, odnosno razvodne komore (desni i lijevi bočni ekran), sabirne komore, ulazne i izlazne komore. Te komponente su stvorene pomoću alata za stvaranje blokova "Insert – Block Definition – Create Block" i ne ulaze u izvještaje i upravitelj podacima – poglavlje 4.5. Ukoliko se želi da se ovakve komponente nalaze na izvještajima potrebno je blok pretvoriti u P&ID objekt – desnim klikom na blok te odabirom "Convert to P&ID Object" otvara se novi izbornik gdje je potrebno izabrati klasu pod koju želimo smjestiti komponentu



Slika 4.17 Umetanje simbola opreme i pomoćne konstrukcije

Dodavanje shematskih linija – cijevne linije

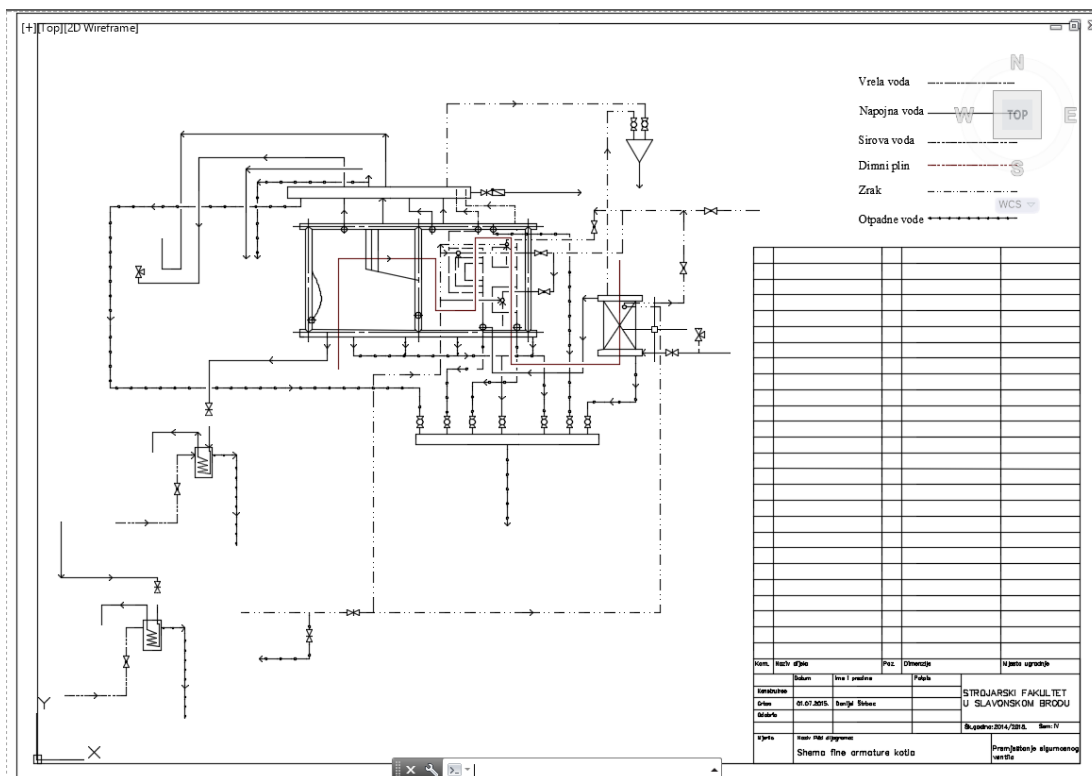
Nakon umetanja opreme i komponenti potrebno ih je spojiti cijevnim linijama. Cijevne linije se spajaju na opremu na priključnim mjestima opreme "Attachment points" ukoliko su definirana u uređivaču bloka "Block Editor". Primjer priključnog mjesta za aktuator prikazuje slika 4.22, a priključno mjesto za opremu se definira na isti način. Slika 4.18 prikazuje cijevne linije dodane na crtež "Shema fine armature kotla". Strelice na cijevnim linijama prikazuju smjer strujanja fluida. Različiti simboli linija mogu se postići stvaranjem novih razina (engl. *Layers*) te odabirom linije i promjenom njezine razine.



Slika 4.18 Dodavanje cijevnih linija

Dodavanje komponenti na cijevne linije – ventili

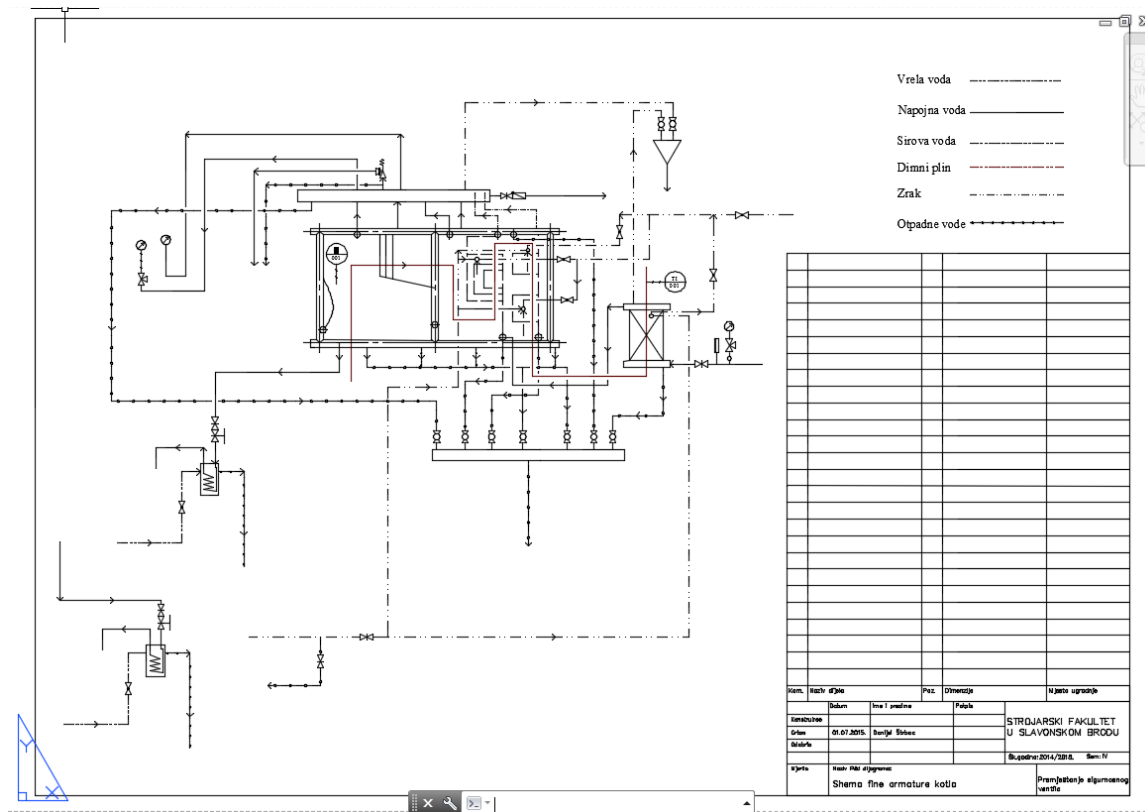
Nakon što je oprema spojena cijevnim linijama može se pristupiti dodavanju ventila. Ventili se dodaju tako da se odvuču iz palete te puste na željenu cijevnu liniju. Poravnanje ventila s cijevnom linijom je automatsko, što znači da će se kod vertikalne linije ventil automatski rotirati. Slika 4.19 prikazuje crtež "Shema fine armature kotla" s dodanim ventilima



Slika 4.19 Dodavanje ventila na crtež

Dodavanje instrumenata

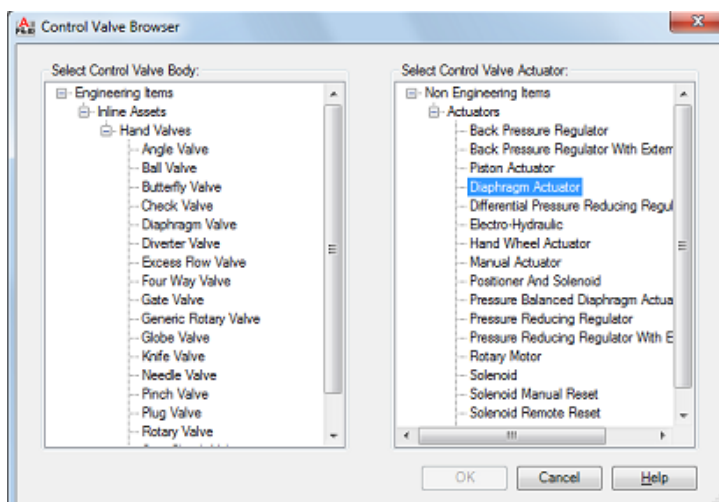
Instrumenti se obično dodaju na neku od linija signala – električni signal, pneumatski, hidraulički. Prilikom dodavanja instrumenta potrebno je u dijalogu "Assign Tag" dodijeliti tip instrumenta u padajućem izborniku "Type". Slika 4.20 prikazuje crtež "Shema fine armature kotla" s nadodanim instrumentima.



Slika 4.20 Dodavanje instrumenata na crtež

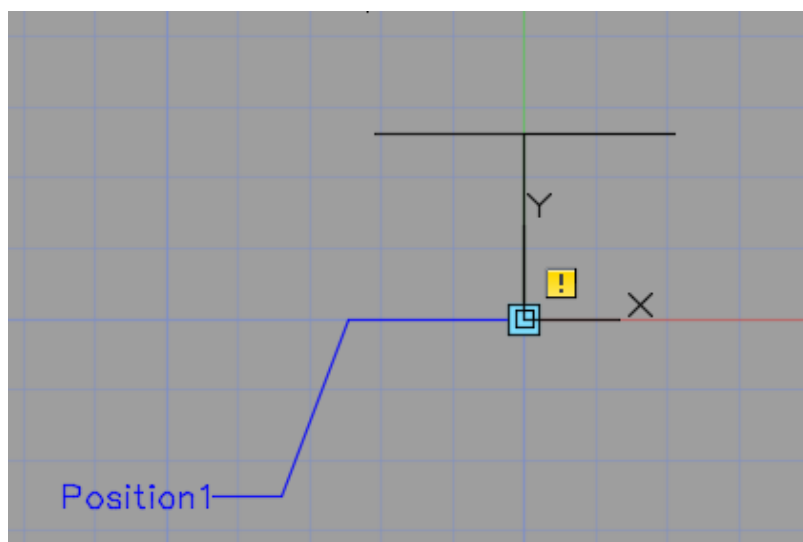
Jedna od specifičnih komponenti koja se ubraja u instrumente je regulacijski ventil. Njegovo dodavanje na crtež te izrada simbola je drugačija od ostalih ventila

Kod postavljanja regulacijskih ventila potrebno je na njih postaviti aktuator. Nakon umetanja simbola otvara se prozor koji prikazuje slika 4.21. U lijevom dijelu prozora odabire se vrsta ventila, a u desnom dijelu vrsta aktuatora.



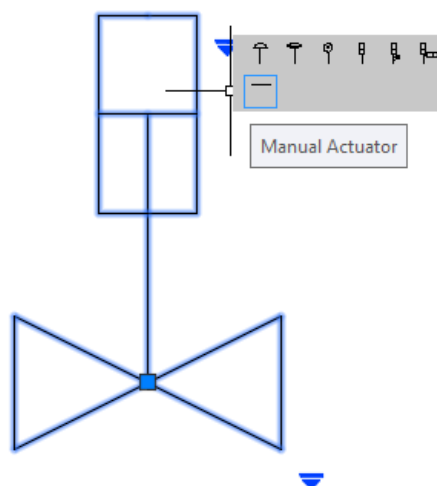
Slika 4.21 Odabir regulacijskog ventila

Programom je definirano nekoliko simbola aktuatora te je ponekad potrebno dodati novi simbol aktuatora u projekt. Dodavanje simbola aktuatora je slično kao i dodavanje ostalih simbola, poglavlje 4.2.1., ali uz nekoliko iznimki. Mijenjanje simbola je prikazano na primjeru ručnog aktuatora "Project Setup – P&ID DWG Settings – P&ID Class Definitions – Non-Engineering items – Actuators – Manual Actuator". Nakon što je simbol dodan naredbom "Add" potrebno mu je definirati priključno mjesto s ventilom naredbom "Edit Block". Nakon odabira naredbe otvara se uređivač bloka u kojem se priključno mjesto definira alatom "Block Editor – Action Parameters – Point" te odabirom točke koja bi trebala biti spojena na ventil – Slika 4.22. Nakon toga je u polju svojstava potrebno omogućiti opciju "Substitution – True" i postaviti podržani standard "SupportedStandard –Default Value" na ISO.



Slika 4.22 Priključno mjesto za ručni aktuator

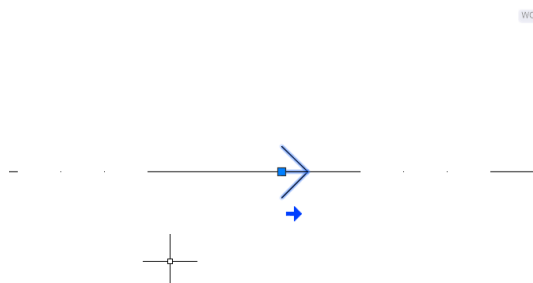
Ukoliko se želi zamijeniti simbol regulacijskog ventila koji je već postavljen to se može odabirom simbola te klikom na strelicu u donjem desnom kutu. Na isti se način mijenja i aktuator ventila, samo klikom na strelicu kod aktuatora. Kod dodavanja simbola ručnog aktuatora opcija "Substitution – True" služi kako bi se simbol prikazao na listi zamjene.



Slika 4.23 Zamjena simbola

Uređivanje P&I dijagrama

P&I dijagram je moguće uređivati nakon što su umetnute sve njegove komponente. Najčešći elementi koji se uređuju su linije i komponente na linijama odnosno ventili. Linije se mogu premještati povlačenjem te puštanjem, a moguće je i mijenjati smjer toka fluida. Smjer toka se mijenja odabirom strelice na liniji te klikom na znak ispod strelice - slika 4.24. Ventilima se može naknadno mijenjati položaj povlačenjem po cijevnoj liniji.

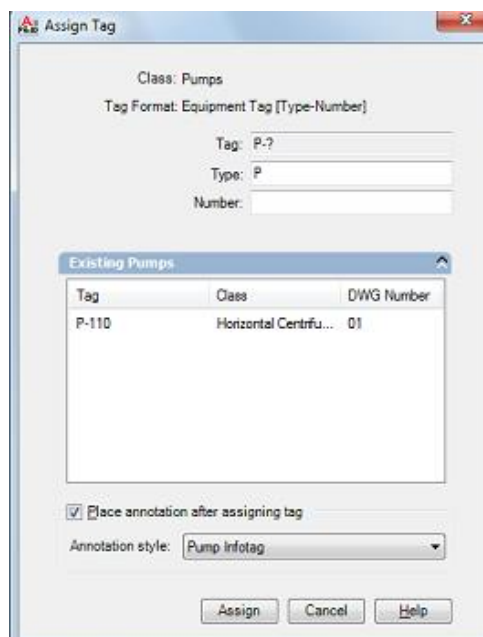


Slika 4.24 Mijenjanje smjera toka fluida

Uređivanje simbola koji je umetnut na crtež se radi pomoću naredbe "Edit Block" te odabirom simbola. Simbolu je moguće mijenjati oblik, dodavati linije te dodavati i uklanjati priključna mjesta. Na ovaj način mijenja se samo taj simbol na crtežu te mu ostaju svojstva objekta iz biblioteke – primjerice svojstva izmjenjivača.

4.4.3 Oznake i bilješke objekata

Glavna razlika između oznake i bilješke (engl. *Annotation*) je što oznaka predstavlja svojstvo objekta dok bilješka služi samo za označavanje broja i vrste objekta na crtežu. Oznaku nije potrebno definirati čim se simbol umetne već ju je moguće i naknadno definirati pomoću naredbe "Home – P&ID – Assign Tag". Nakon odabira naredbe otvara se prozor koji prikazuje slika 4.25. U ovom prozoru moguće je dodijeliti broj te oznaku objekta. Ukoliko se želi može se postaviti bilješka definirane oznake na crtež – "Place annotation after assigning tag". Bilješka se na crtež može postaviti i naredbom "P&ID Annotate".

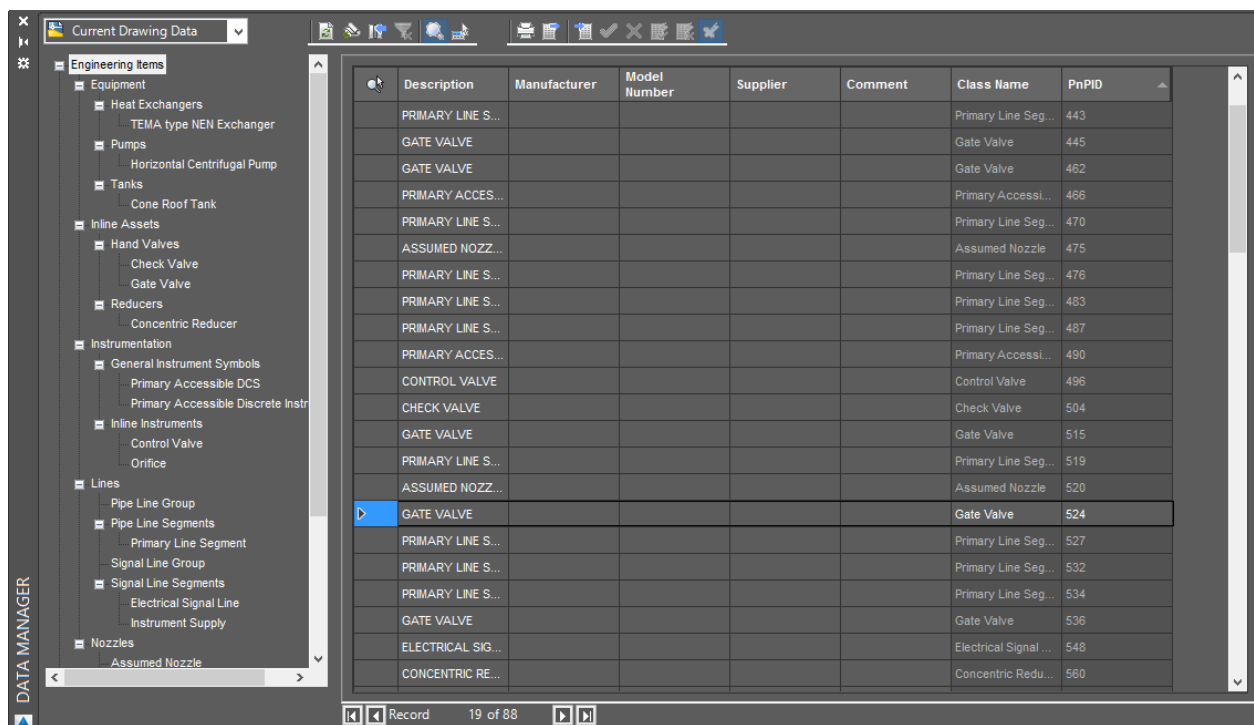


Slika 4.25 Definiranje oznake

4.5 UPRAVITELJ PODACIMA I IZVJEŠTAJI

4.5.1 Upravitelj podacima

Upravitelj podacima je prozor u kojem su prikazani svi objekti na dijagramu te sva svojstva objekata. Pomoću upravitelja podataka je moguće i uređivati svojstva objekta. Klikom na strelicu pored naziva objekta program automatski zumira tu komponentu na crtežu



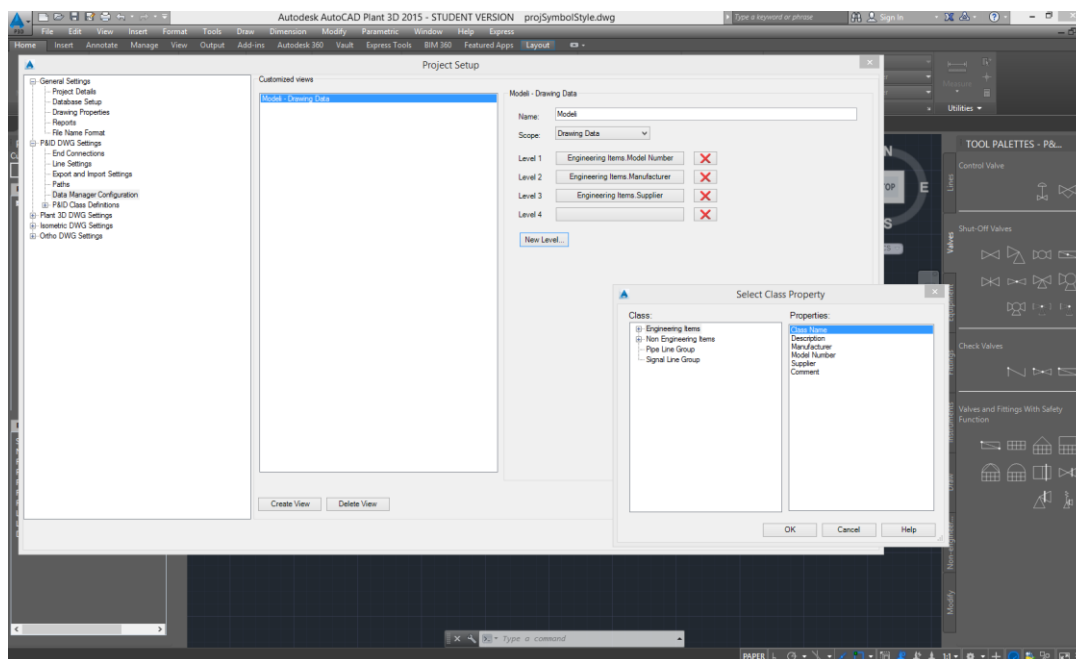
Slika 4.26 Upravitelj podacima

Upravitelj podacima može prikazivati hijerarhijski raspored objekata u:

- Trenutno otvorenom crtežu
- U cijelom projektu
- Izvještaj o projektu
- Prilagođeni pogled

Pogled je moguće promijeniti na padajućem izborniku koji se nalazi u gornjem desnom kutu prozora.

Prilagođavanjem pogleda moguće je prikazivati objekte u različitim hijerarhijama –hijerarhija prema proizvođaču, nabavljaču, broju modela ili slično. Raspored se prilagođava u "Project Setup – P&ID Settings – Data Manager Configuration". Odabirom "Create View" pojavljuje se novi pogled te njegova svojstva koja se mogu uređivati. Nakon davanja imena, potrebno je izabrati hoće li novi pogled prikazivati objekte s trenutnog crteža ili cijelog projekta na padajućem izborniku "Scope". Odabirom "New Level" naredbe otvara se novi prozor "Select Class Property" pomoću kojeg se definiraju svojstva prema kojima će se objekti rasporediti. Lijevi dio prozora prikazuje objekte na koje će se pogled primijeniti, a desni dio svojstvo prema kojem će biti hijerarhija. Moguće je napraviti raspodjelu prema nekoliko razina te napraviti nekoliko prilagođenih pogleda.



Slika 4.27 Stvaranje prilagođenog pogleda za upravitelj podataka

Svojstva i detalje o objektima je moguće izvesti iz upravitelja podataka u XLS format. Za izvoz potrebno je u upravitelju podataka odabrati opciju "Export". Nakon toga se otvara novi prozor s nekoliko opcija – podaci koji će se izvesti (odabrani segment i sve podgrupe ili samo odabrani segment) te direktorij u koji će biti spremljena izvezena datoteka. XLS datoteka sadrži svaku podgrupu na drugom listu (engl. *Sheet*). Podatke je moguće uređivati u Microsoft Excel-u te ponovno uvući u AutoCAD Plant 3D. Prilikom umetanja datoteke u upravitelj potrebno je paziti koje su se grupe uređivale, odnosno koji list u Excelu je uređivan. Prije umetanja potrebno je izabrati grupu koja se uređivala te odabrati naredbu "Import", a nakon toga potvrditi da prihvaćamo promjene. Ukoliko se ne odabere grupa koja se uređivala neće doći do nikakvih promjena. Ukoliko je mijenjano nekoliko grupa potrebno je umetati XLS datoteku za svaku grupu pojedinačno – odabir grupe pa "Import" i tako za svaku grupu koja je uređivana.

4.5.2 Generiranje izvješća

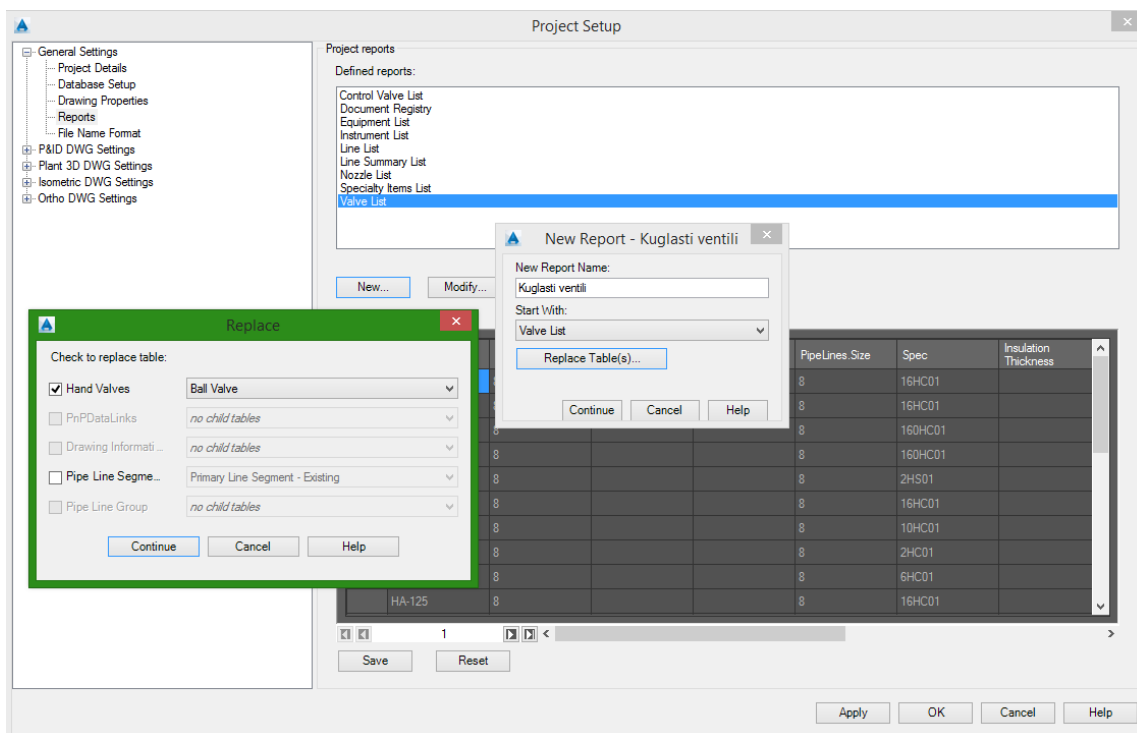
AutoCAD Plant 3D ima dva načina generiranja izvještaja:

- Upravitelj podacima – "Data Manager"
- Kreator izvještaja – "Report Creator"

U upravitelju datoteka se također generiraju i izvješća. Da bi se izvješće generiralo potrebno je na padajućem izborniku u gornjem dijelu upravitelja odabrati "Project Reports". Izvješća koja su predefinirana u programu su:

- "Control Valve List" – izvješće o regulacijskim ventilima
- "Document Registry" - izvješća o crtežima u projektu
- "Equipment Index" – izvješća o opremi
- "Instrument Index" – izvješća o instrumentima
- "Line list" – izvješća o cijevnim linijama
- "Nozzle List" – izvješća o priključcima
- "Valve list" – izvješća o ventilima

Moguće je uređivati predefinjirana izvješća tako da prikazuju drugačija svojstva ili u različitom redosljedu. Svojstva se uređuju u "Project Setup – Reports" odabirom izvješća koje želimo izmijeniti te klikom na "Modify". U novom prozoru moguće je dodavati svojstva koja će se nalaziti u izvješću te njihov redosljed. Osim uređivanja postojećih, moguće je i stvarati nova izvješća koja se temelje na standardnim. U istom izborniku "Reports" potrebno je izabrati naredbu "Create" nakon čega se otvara novi prozor u kojem je potrebno izabrati izvješće na kojem će se novo temeljiti i odabrati "Replace Table". Nakon toga je potrebno izabrati podgrupu čije će se izvješće generirati – na slici je prikazana izrada izvješća o kuglastim ventilima temeljeno na izvješću o ventilima. Na kraju je potrebno izabrati svojstva koja će biti u izvješću te njihov raspored.



Slika 4.28 Stvaranje izvješća

Izvješća je moguće izvesti u XLS format iz upravitelja podacima pomoću naredbe "Export".

Tag	From	To	Size	Spec
zrak iz stanice		zrak za hladenje	8	16HC01
zrak iz kompresijske stanice			8	160HC01
u otpadne vode	vrela voda		8	2HS01
zrak iz stanice	zrak iz kompresijske stanice		8	16HC01
zrak iz stanice	zrak za hladenje		8	160HC01
zrak za hladenje			8	16HC01
vrela voda		izlazna komora kotla-?-?	8	6HS01
prolaz vode 4	prolaz vode 2	prolaz vode 2	8	6HC01
prolaz vode 3	prolaz vode 2	prolaz vode 2	8	6HC01
prolaz vode 1			8	6HC01
prolaz vode 7	prolaz vode 5	prolaz vode 5	8	6HC01
prolaz vode 6	prolaz vode 5	prolaz vode 5	8	6HC01
prolaz vode 5			8	6HC01
zrak iz stanice	zrak iz stanice		8	16HC01
vrela voda	izlazna komora kotla-?-?		8	6HS01
u otpadne vode			8	2HS01
u otpadne vode	zrak iz kompresijske stanice		8	2HS01
napojna voda			8	10HC01
napojna voda	ulaz vode u kotao		8	10HC01
odzraka komore			8	16HC01
zrak iz stanice	zrak iz stanice		8	16HC01

Slika 4.29 Dio izvješća o cijevnim linijama izvezen u XLS format

Slika 4.30 prikazuje izvješće ventila u upravitelju podacima. U izvješću je određena svojstva moguće sakriti desnim klikom na stupac te odabirom naredbe "Hide". Stupci se također mogu razvrstavati povlačenjem i puštanjem. Iz izvješća ventila vidljivo je da se regulacijski ventili ne nalaze na izvješću ventila već imaju zasebnu kategoriju "Control Valve List".

Tag	Size	PipeLines.Size	Spec	Description	DWG Name	PnPID
HA-108	8	8	16HC01	Kuglasti ventili	Shema fine armature kotla.dwg	1497
HA-113	8	8	2HS01	Kuglasti ventili	Shema fine armature kotla.dwg	1531
HA-112	8	8	2HS01	Kuglasti ventili	Shema fine armature kotla.dwg	1526
HA-107	8	8	16HC01	Kuglasti ventili	Shema fine armature kotla.dwg	1492
HA-110	8	8	2HS01	Kuglasti ventili	Shema fine armature kotla.dwg	1508
HA-111	8	8	2HS01	Kuglasti ventili	Shema fine armature kotla.dwg	1521
HA-114	8	8	2HS01	Kuglasti ventili	Shema fine armature kotla.dwg	1536
HA-115	8	8	2HS01	Kuglasti ventili	Shema fine armature kotla.dwg	1541
HA-116	8	8	2HS01	Kuglasti ventili	Shema fine armature kotla.dwg	1546
HA-105	8	8	6HS01	Nepovratni ventili	Shema fine armature kotla.dwg	1470
HA-124	8	8	16HC01	Propusni ventili	Shema fine armature kotla.dwg	1588
HA-119	8	8	16HC01	Propusni ventili	Shema fine armature kotla.dwg	1561
HA-121	8	8	16HC01	Propusni ventili	Shema fine armature kotla.dwg	1572
HA-125	8	8	16HC01	Propusni ventili	Shema fine armature kotla.dwg	1593
HA-123	8	8	16HC01	Propusni ventili	Shema fine armature kotla.dwg	1583
HA-1287	8	8	6HC01	Propusni ventili s ...	Shema fine armature kotla.dwg	2078
HA-128	8	8	6HC01	Propusni ventili s ...	Shema fine armature kotla.dwg	1613
HA-102	8	8	6HS01	Troputni ventili	Shema fine armature kotla.dwg	1449
HA-131	8	8	10HC01	Troputni ventili	Shema fine armature kotla.dwg	1648
HA-117	8	8	16HC01	Zaporni ventili	Shema fine armature kotla.dwg	1551
HA-134	8	8	2HC01	Zaporni ventili	Shema fine armature kotla.dwg	2057
HA-129	8	8	2HC01	Zaporni ventili	Shema fine armature kotla.dwg	1618
HA-118	8	8	2HS01	Zaporni ventili	Shema fine armature kotla.dwg	1556
HA-104	8	8	6HS01	Zasun ventili	Shema fine armature kotla.dwg	1463
HA-103	8	8	10HC01	Zasun ventili	Shema fine armature kotla.dwg	1458

Slika 4.30 Izvješće ventila u upravitelju podacima

Slika 4.31 prikazuje izvješće kuglastih ventila koje je prethodno stvoreno. Na izvješću su sakriveni svi prazni stupci pomoću naredbe u gornjem dijelu dijaloga "Hide Blank Columns".

Tag	Size	PipeLines.Size	Spec	Description	DWG Name	PnPID
HA-107	8	8	16HC01	Kuglasti ventili	Shema fine arma...	1492
HA-108	8	8	16HC01	Kuglasti ventili	Shema fine arma...	1497
HA-110	8	8	2HS01	Kuglasti ventili	Shema fine arma...	1508
HA-111	8	8	2HS01	Kuglasti ventili	Shema fine arma...	1521
HA-112	8	8	2HS01	Kuglasti ventili	Shema fine arma...	1526
HA-113	8	8	2HS01	Kuglasti ventili	Shema fine arma...	1531
HA-114	8	8	2HS01	Kuglasti ventili	Shema fine arma...	1536
HA-115	8	8	2HS01	Kuglasti ventili	Shema fine arma...	1541
HA-116	8	8	2HS01	Kuglasti ventili	Shema fine arma...	1546

Slika 4.31 Izvješće kuglastih ventila u upravitelju podacima

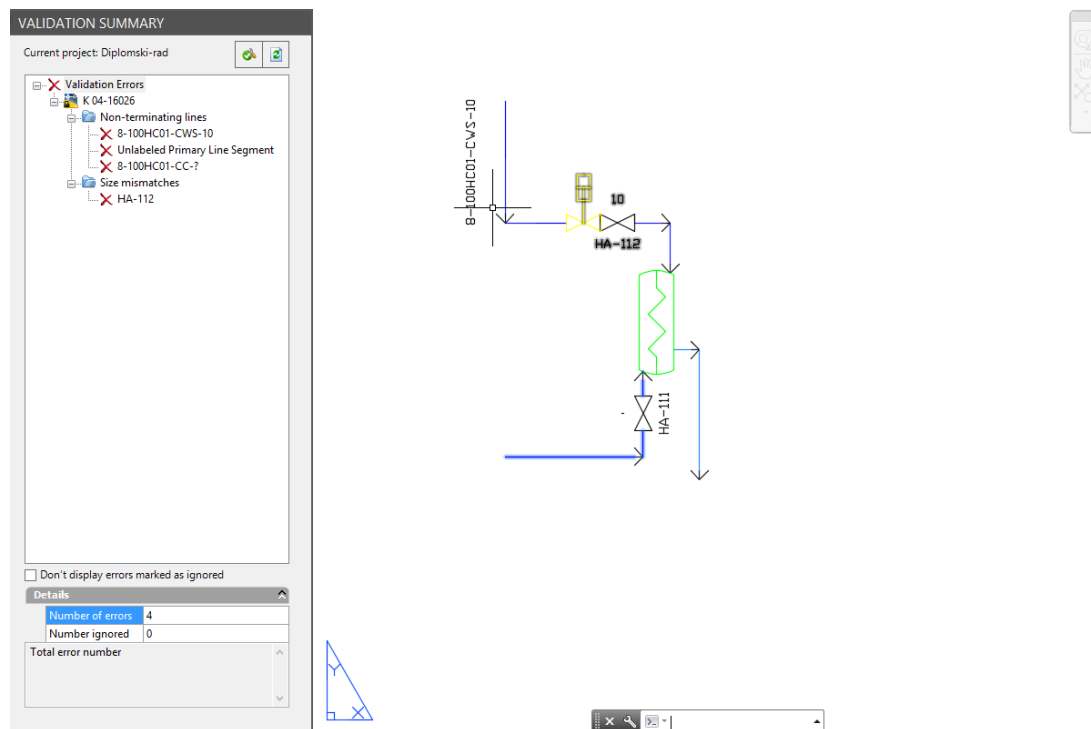
4.6 VALIDACIJA P&I DIJAGRAMA

Validacijom se provjeravaju i označavaju eventualne greške na crtežu. Može se provoditi za jedan crtež, nekoliko crteža ili za sve crteže u projektu: Prije pokretanja validacije potrebno je namjestiti koje će potencijalne greške validacija provjeravati. Greške koje se mogu provjeravati su:

- "Size Mismatch" – veličina cijevne linije i komponente cijevne linije nisu jednake. Razlog tome je najčešće ručno mijenjanje svojstva komponente. Nakon pronalaska greške potrebno je promijeniti ili dimenziju cijevne linije ili komponente da budu jednake
- "Spec Mismatch" – Svojstva klase – npr. materijal komponente – nisu jednaka za cijevne linije i njezine komponente
- "Non-Terminating Line" – procesne linije ne završavaju na priključku na opremu te nemaju simbol koji označava odvod ili neki drugi završetak. Ukoliko postoje takve greške potrebno je priključiti na liniju komponentu ili drugu liniju
- "Unconnected Component" – komponente nisu spojene s procesnom linijom. Sljedeća pravila vrijede za različite komponente:
 - Oprema – sva priključna mjesta moraju biti spojena s cijevnom linijom
 - Instrumenti – barem jedna signalna linija mora biti spojena na instrument
 - Komponente na liniji (ventili) – moraju biti smješteni na cijevnoj liniji
 - Spremnici i tlačna oprema – moraju biti spojeni s barem jednom cijevnom linijom
- "Flow Direction Conflict" – smjer strujanja je nepravilan za liniju ili komponentu – primjerice strelice na istoj liniji prikazuju različiti smjer
- "Orphaned Annotation" – bilješke su pomaknute od komponente na koju se asociraju
- "Unresolve Off – page connectors" – simboli za referenciranje na drugi crtež ne označavaju pravilnu projektnu lokaciju
- "Base AutoCAD Object" – AutoCAD objekt je umetnut u crtež. Takav objekt se ne pojavljuje u izvještajima ili upravitelju podacima. Rješenje je da se objekt pretvori u P&ID objekt. To je moguće napraviti desnim klikom na željeni objekt te odabirom "Convert to P&ID Object", nakon čega se otvara prozor u kojem je potrebno izabrati koju komponentu objekt predstavlja te izabrati mjesto umetanja

Postavke validacije se određuju u izborniku "Home – Validate – Validate Config", a validacija se pokreće pomoću naredbe "Run Validation".

Slika 4.32 prikazuje validaciju crteža. U validacijskom prozoru moguće je vidjeti pronađene greške. Odabirom greške program zumira komponentu s greškom te prikaže detalje o greški u donjem dijelu validacijskog prozora. Greške se mogu ispraviti ili ignorirati.



Slika 4.32 Validacija crteža

4.6.1 Validacija P&I dijagrama s 3D modelom

Program ima mogućnost validacije P&I dijagrama s 3D modelom. Greške koje se mogu pretražiti su:

- Označene komponente na liniji su na 3D modelu, ali se ne nalaze u P&I dijagramu
- Komponente na liniji se nalaze na P&I dijagramu, ali ih nema na 3D modelu
- Objekti imaju istu oznaku i na 3D modelu i P&I dijagramu, ali nisu iste vrste
- Svojstva imaju drugačije vrijednosti
- Komponente na liniji nisu na jednakim linijama
- Oprema na 3D modelu ima više priključaka nego na P&I dijagramu
- Oprema na 3D modelu ima manje priključaka nego na P&I dijagramu

Prije pokretanja validacije potrebno je u izborniku "Home – Validate – Config" namjestiti postavke validacije. Za validaciju P&I dijagrama i 3D modela potrebno je izabrati "3D Model to P&ID checks".

5 ZAKLJUČAK

Dijagrami cjevovoda i instrumentacije predstavljaju važan dio svakog postrojenja te je njihovoj izradi potrebno pristupiti odgovorno i pažljivo. Kako bi P&I dijagrami bili kvalitetno izrađeni potrebno je vrlo dobro poznavati različita područja strojarstva – procese koji se odvijaju u postrojenju, komponente dijagrama (kad i gdje ih ugraditi, koju klasu, zašto se stavljaju na određeno mjesto i dr.), pravila crtanja i označavanja dijagrama. Dobro i jednostavno izrađen P&I dijagram može dosta olakšati vođenje postrojenja, njegovu izradu, remont ili nabavu rezervnih dijelova.

Za kvalitetnu izradu osim poznavanja struke, potrebno je poznavati i alate koji mogu pomoći u izradi. Današnja tehnologija nudi mnoštvo takvih alata, odnosno programa koji su specijalizirani za izradu P&I dijagrama. Programi specijalizirani za izradu P&I dijagrama ubrzavaju rad te smanjuju mogućnost pojave grešaka. Osim toga pomoću ovih programa je olakšan rad u timu pošto svaki član tima ima uvid o fazi izrade te je pristup crtežima u projektu jednostavniji i brži.

U radu je proučen program Autodesk AutoCAD Plant 3D izradom crteža "Shema fine armature kotla". Prilikom izrade uočene su određene prednosti, ali i nedostaci programa. Budući da program sadrži klasično sučelje kao i program Autodesk AutoCAD, privikavanje na rad u programu je brzo za korisnike koji se znaju koristiti AutoCADom. Alati su također slični što predstavlja još jednu olakotnu stavku prilikom učenja programa. Sama izrada dijagrama je olakšana postojanjem velikog broja simbola, ali malo manji problem nastaje ukoliko je potreban novi simbol jer program nema opciju uvođenja slika kao simbola već je simbol potrebno izraditi kao blok unutar programa. Veliku prednost programa predstavlja alat "Data Manager" koji je prilikom izrade dijagrama uvelike olakšao unošenje podataka o elementima koji se nalaze na dijagramu te omogućio vrlo lako generiranje izvješća. Prilikom izrade nije uočen alat za automatsko generiranje tumača simbola odnosno legende, što je znatno usporilo izradu dijagrama, a može biti problem posebno kod većih projekata. Isprobane alternative izrade skripte za preslikavanje simbola na crteža u drugi dokument također nisu dale dobre rezultate. Jedna potencijalno vrlo dobra mogućnost programa je 3D validacija crteža, što bi kod izrade većih projekata moglo dosta umanjiti mogućnost pogreške – manjak potrebnih elemenata, stvaranje škarta, pogrešno postavljene elementi. Ova mogućnost nije detaljno proučena u radu te je snagu ovog alata potrebno dodatno proučiti.

6 LITERATURA

- [1] Autodesk Inc., San Rafael, USA: *Autocad Plant 3D*. 2015, URL:<http://www.autodesk.com/products/autocad-plant-3d/overview> (26.06.2015.)
- [2] Meier, A. Frederick: *A P&ID standard: What, why, how?*, ISA Transaction Vol. 41, 2002, str. 389-394
- [3] U.S. Department of Energy Washington: *Engineering symbology, prints, and drawings – Volume 1 of 2*. Washington, US Department of Energy Washington 1993, str. 120
- [4] Antaki, A. George : *Piping and Pipeline Engineering: Design, Construction, Maintenance, Integrity, and Repair*. Aiken South Carolina U.S.A., Marcel Dekker Inc., 2003, str. 555
- [5] Aveva Solutions Ltd, Cambridge, United Kingdom: *Aveva P&ID*. 2015, URL:http://www.aveva.com/en/Products_and_Services/Product_Finder.aspx#open:97347D08-014A-4D2E-A444-91B5E02587E3 (26.06.2015.)
- [6] Siemens, Munich, Germany: *COMOS P&ID*. 2015, URL:<http://w3.siemens.com/mcms/plant-engineering-software/en/comos-process/comos-p-and-id/pages/default.aspx> (26.06.2015)
- [7] ZWCAD Software Co., Guangzhou, China: *Eplant – P&ID*. 2015, URL:<http://www.zwsoft.com/zdn/article-139.html> (26.06.2015.)
- [8] KLM Technology Group: *Piping and instrumentation diagrams (Project standards and specifications)*. 2011. URL:http://kolmetz.com/pdf/ess/PROJECT_STANDARDS_AND_SPECIFICATIONS_piping_and_instrument_diagram_REV01.pdf (28.06.2015)
- [9] Jurakić, Bojan: *Oblikovanje cjevovoda naftnog postrojenja*.(diplomski rad), Slavonski Brod, Strojarski fakultet u Slavonskom_Brodu, 2010 , str. 80
- [10] Mohinder L. Nayyar: *Piping Handbook, Seventh Edition*. United States of America, McGraw-Hill Education, 2000, str. 2483
- [11] Aveva Solutions Ltd, Cambridge, United Kingdom: *Aveva P&ID 12.0 User Guide*. 2009. URL:<http://support.aveva.com/services/products/90122/ug90122.pdf> (29.06.2015)
- [12] Siemens, Munich, Germany, AtenSystem, 2015: *COMOS brochure*, URL: <http://www.atensystem.com/Comos1.aspx>, (26.06.2015.)
- [13] InterGraph, HuntsVile, Alabama, USA: *SmartPlant®P&ID Design Validation*. 2015, URL:<http://www.intergraph.com/products/ppm/smartplant/piddv/default.aspx> (26.06.2015.)
- [14] Autodesk Inc., San Rafael, USA: *Tailoring AutoCAD P&ID and AutoCAD Plant 3D*. 2015. URL:http://docs.autodesk.com/PLNT3D/2015/ENU/pdf/Tailoring_AutoCAD_PnID_and_Plan_t_3D.pdf (01.07.2015.)

PRILOZI

1. Izvorni dijagram cjevovoda i instrumentacije "Shema fine armature kotla"

Broj stranica: 1

2. Dijagram cjevovoda i instrumentacije "Shema fine armature kotla"

Broj stranica: 1