

# Osiguravanje kvalitete izgradnje i održavanja plinskog transportnog sustava

---

**Bolanča, Antonijo**

**Professional thesis / Završni specijalistički**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:987402>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-23**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

**OSIGURAVANJE KVALITETE  
IZGRADNJE I ODRŽAVANJA  
PLINSKOG TRANSPORTNOG SUSTAVA**

ZAVRŠNI RAD

**Antonijo Bolanča, mag.ing.traff.**

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

**OSIGURAVANJE KVALITETE  
IZGRADNJE I ODRŽAVANJA  
PLINSKOG TRANSPORTNOG SUSTAVA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:  
Prof.dr.sc. Vedran Mudronja

Student:  
Antonijo Bolanča, mag.ing.traff.

Zagreb, 2016.

## PODACI ZA BIBLIOGRAFSKU KARTICU

UDK: 658.5  
Ključne riječi: Kvaliteta, cjevovod, plin, planiranje  
Znanstveno područje: Tehničke znanosti  
Znanstveno polje: Strojarstvo  
Institucija u kojoj je rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet strojarstva i brodogradnje

Mentor rada: prof.dr.sc. Vedran Mudronja

Broj stranica: 260

Broj slika: 164

Broj tablica: 21

Broj korištenih bibliografskih jedinica: 84

Datum obrane: 24. veljače 2016.

Povjerenstvo:

prof.dr.sc Nedeljko Štefanić

(predsjednik povjerenstva)

prof.dr.sc. Vedran Mudronja

(voditelj završnog rada)

dr.sc. Darko Pavlović, PLINACRO d.o.o., Zagreb

(član povjerenstva)

Institucija u kojoj je rad pohranjen: Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb



Zagreb, 14.05.2015.

## Zadatak za završni rad

Kandidat: Antonijo Bolanča mag.ing.traff.

Naslov zadatka: **Osiguravanje kvalitete izgradnje i održavanja plinskog transportnog sustava**

Sadržaj zadatka:

Izgradnja i održavanje cjevovodne infrastrukture plinskog transportnog sustava spada u kategoriju izrazito složenih interdisciplinarnih zadataka. Uzimajući u obzir uložena financijska sredstva, trajanje projekta, broj angažiranih eksperata različitih struka, utjecaj koji će završeni radovi imati na gospodarstvo, okoliš i kvalitetu života, jasno je da svaki takav projekt zahtjeva izuzetno sustavan pristup osiguravanju kvalitete u svim fazama, od izrade idejnog projekta pa do završnih radova, puštanja u pogon i održavanja. Trenutno stanje u kojem se Republika Hrvatska nalazi i otvaranje njezinog tržišta transportnih kapaciteta prema zemljama u okruženju postavlja posebne zahtjeve kvalitete prema investitorima i izvođačima. U toj situaciji, investitorima, projektantima i izvođačima stoje na raspolaganju propisani mehanizmi kojima moraju osiguravati traženu razinu kvalitete kod izgradnje plinskog transportnog sustava. Trenutna izgrađenost cjevovodne infrastrukture plinskog transportnog sustava prilično zadovoljava domaće potrebe ali ne iskorištava prednosti geostrateškog položaja Republike Hrvatske te je razvidan smjer razvoja budućih projekata prema tranzitnim pravcima transportnog sustava prirodnog plina. Nove okolnosti nakon ulaska Republike Hrvatske u Europsku uniju otvorile su pristup fondovima u svrhu izrade projekata plinskog transportnog sustava između dvije ili više susjednih zemalja. Upravo takvi projekti koji su djelomično sufinancirani iz fondova Europske unije zahtijevaju vrlo visoku razinu osiguravanja kvalitete. Zahtjevi na kvalitetu moraju biti planirani, dokumentirani i ostvareni u svim fazama projekta.

U radu je potrebno:

1. Opisati proces osiguravanja kvalitete u postupcima planiranja, projektiranja, izgradnje i puštanja u pogon plinskog transportnog sustava (sudionici u gradnji, vrste projekata, nabava opreme i radova te tehnički pregledi).
2. Navesti temeljne zahtjeve osiguravanja kvalitete koji se traže prilikom planiranja (projektiranja) te postupke kontrole kvalitete tijekom procesa izgradnje i održavanja plinskog transportnog sustava.
3. Opisati ulogu pojedinih čimbenika osiguravanja kvalitete (dobavljači certificirani prema ISO normama, tipska, rutinska i preuzimna ispitivanja, ispitivanja prije puštanja u pogon, periodična ispitivanja, planovi kvalitete i tehnički konzalting).



Sveučilište u Zagrebu  
**Fakultet strojarstva i brodogradnje**  
Poslijediplomski specijalistički studij  
Smjer Industrijsko inženjerstvo i menadžment

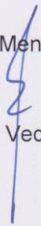


4. Opisati proizvoljno odabran projekt izgradnje ili remonta plinskog transportnog sustava te predložiti poboljšanja u ispunjavanju zahtjeva za osiguravanje kvalitete pri planiranju te postupcima kontrole kvalitete na budućim projektima sličnih karakteristika.

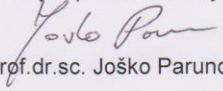
Zadatak zadan:

Rad predan:


Mentor:

  
Prof.dr.sc. Vedran Mudronja

Predsjednik Odbora za  
poslijediplomske studije:

  
Prof.dr.sc. Joško Parunov,

Voditelj smjera:

  
Prof.dr.sc. Nedeljko Štefanić,

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

Zahvaljujem se svojoj obitelji na podršci te mentoru, prof.dr.sc. Vedranu Mudronji na savjetima tijekom izrade ovog rada.

U Zagrebu, siječanj 2016.

Antonijo Bolanča, mag.ing.traff.

# SADRŽAJ

PREDGOVOR .....	7
SAŽETAK.....	8
SUMMARY .....	9
POPIS SLIKA .....	11
POPIS TABLICA.....	15
POPIS OZNAKA .....	16
POPIS KRATICA .....	17
1. UVOD.....	20
2. PRIRODNI PLIN KAO ENERGENAT I OSNOVE RAZVOJA TRANSPORTNOG SUSTAVA.....	22
2.1. Osnovne karakteristike prirodnog plina .....	22
2.2. Pretvorba mjernih jedinica .....	23
2.3. Standardna kvaliteta plina .....	24
2.4. Dobivanje prirodnog plina .....	25
2.5. Tržište prirodnog plina .....	26
2.6. Vrste transportnih sustava prirodnog plina .....	27
2.7. Tipičan magistralni plinovod i osnovni propisi.....	28
2.8. Transportni sustav Republike Hrvatske te domaći regionalni razvojni projekti.....	29
3. PROJEKTIRANJE I TRASIRANJE PLINOVODA.....	42
3.1. Faze projektiranja.....	42
3.2. Životni ciklus plinovoda.....	44
3.3. Utjecaj klimatoloških faktora na izvedbu i trasiranje plinovoda.....	44
3.4. Geološki i hidrološki faktori trasiranja.....	46
3.5. Faktor potresnih djelovanja na trasiranje podzemskih plinovoda .....	48
3.6. Određivanje razreda trase.....	53
3.7. Izračun debljine stijenske stijenke plinovoda.....	56
3.8. Zaštitni pojas .....	57
3.9. Metode podzemnog polaganja cjevovoda bez iskopa rova.....	59
3.9.1. Horizontalno usmjereno bušenje .....	60
3.9.2. Mikrotuneliranje.....	62
3.10. Karakteristike koje mogu utjecati na odabir konačne metode. ....	62
3.11. Prolazi plinovoda ispod cesta.....	64
3.12. Prolazi plinovoda ispod željezničkih pruga .....	64
3.13. Prolazi plinovoda ispod manjih vodotoka i kanala .....	64
4. ELEMENTI OSIGURAVANJA KVALITETE PRILIKOM PROJEKTIRANJA I IZRADE SUSTAVA TRANSPORTA PRIRODNOG PLINA.....	67
4.1. Osiguravanje kvalitete prilikom polaganja cijevi plinovoda.....	67
4.2. Osnovne obveze izvođača prije polaganje plinovoda .....	68



4.2.1. Priprema rova za polaganje cjevovoda.....	69
4.2.2. Polaganje plinovoda .....	69
4.3. Vođenje tehničke dokumentacije .....	69
4.4. Smanjenje tvrdoće zavarenog spoja .....	70
4.5. Spajanje pojedinih stanica u plinovod.....	71
4.6. Ispitivanje materijala cjevovoda na čvrstoću .....	71
4.7. Potrebna dokumentacija prije ispitivanja .....	72
4.8. Čelici za izradu cijevi.....	73
4.8.1. Ubrzano hlađenje.....	77
4.9. Projektiranje podvodnih plinovoda .....	78
4.9.1. Suho podvodno zavarivanje .....	83
4.9.2. Mokro podvodno zavarivanje.....	85
4.10. Klasifikacija podvodnih zavara prema AWS D3.6 .....	86
4.11. Elementi osiguravanja kvalitete za planiranu izgradnju podmorskog prijelaza plinovoda kopno - otok Krk.....	87
4.12. Zahtjevi za osiguravanje kvalitete .....	91
4.12.1. Kriteriji prihvatljivosti.....	93
4.13. Kontrola kvalitete .....	95
4.13.1. Mehanička ispitivanja .....	96
4.13.2. Nerazorna ispitivanja.....	99
5.       NAJČEŠĆI UZROCI OŠTEĆENJA .....	103
5.1. Osnovni podaci o europskim plinovodima.....	105
5.2. Prikaz analize incidenata na Europskim plinovodima .....	108
5.3. Prikaz analize incidenata na plinovodima u Sjedinjenim Američkim Državama.....	113
5.4. Udubljenja .....	117
5.5. Naboravanje cijevi.....	118
5.6. Ovalnost cijevi.....	118
5.7. Korozija kao faktor osiguravanja kvalitete .....	119
5.7.1. Ekonomski značaj korozije .....	121
5.7.2. Vrste korozije prema mehanizmu procesa .....	123
5.7.3. Vrste korozije prema geometriji korozijskog razaranja .....	123
5.8. Osnovne metode za zaštitu od korozije.....	126
5.8.1. Konstrukcijsko-tehnološke mjere.....	127
5.8.2. Primjena korozijski postojanih materijala.....	128
5.8.3. Elektrokemijska zaštita .....	128
5.8.4. Protektorska zaštita .....	128
5.8.5. Zaštita inhibitorima korozije .....	128
5.8.6. Zaštita prevlačenjem .....	129
5.8.7. Katodna zaštita .....	129
5.8.8. Katodna zaštita podmorskog dijela plinovoda .....	130
5.9. Tipičan primjer antikorozivne izolacije cjevovoda.....	131
5.9.1. Polietilenska zaštitna traka .....	132
5.9.2. Toplinski stezljivi rukavci.....	132
5.9.3. Tipična specifikacija troslojnog sustava zaštite od korozije .....	132
5.9.4. Tipična tvornička izolacija za ravne dijelove cjevovoda .....	133
5.9.5. Izolacija trakama prijelaza i ukopanog dijela cjevovoda .....	136
5.9.6. Skladištenje materijala za izolaciju .....	136
5.9.7. Osiguravanje kvalitete tokom izvođenja antikorozivne izolacije .....	136
5.10. Osiguravanje kvalitete izolacije zavarenih spojeva cijevi na primjeru iz prakse.....	138
5.10.1. Plinovodi na kopnu.....	138
5.10.2. Odobalni plinovodi.....	139

5.11. Ugradnja izolacijskih spojnica .....	139
5.12. Zaštita antikorozivnim premazima teže dostupnih područja.....	139
5.13. Procjena utjecaja korozije .....	139
5.13.1. Faktor sigurnosti.....	141
<b>6. MJERENJE ELEMENATA KVALITETE SUSTAVA TRANSPORTA</b>	
<b>PRIRODNOG PLINA .....</b>	<b>142</b>
6.1. Parametri koji utječu na odabir odgovarajuće metode osiguravanja kvalitete plinovoda	143
6.1.1. Geometrija i materijali .....	143
6.1.2. Lokacija i konfiguracija plinovoda .....	145
6.1.3. Priroda, tip i orijentacija oštećenja .....	145
6.2. Beskontaktni mjerni uređaji kao instrumenti detekcije oštećenja .....	146
6.2.1. Radiografsko ispitivanje.....	146
6.2.2. Ispitivanje fluorescentnim česticama .....	147
6.2.3. Optičke metode .....	149
6.2.4. Ultrazvučna kontrola .....	150
6.2.5. Metoda rasipanjem magnetskog toka .....	151
6.3. In -line metode utvrđivanja mjesta oštećenja plinovoda .....	152
6.3.1. Praćenje promjena magnetskog toka .....	153
6.3.2. Ultrazvučna mjerenja .....	154
6.3.3. Mjerenje uz pomoć vrtložnih struja .....	155
6.4. Tehnologije detekcije promjene geometrije plinovoda .....	156
6.4.1. Elektro – mehanički uređaji .....	156
6.4.2. Uređaji s vrtložnim strujama .....	156
<b>7. OSIGURAVANJA KVALITETE TOKOM ODRŽAVANJA PLINOVODA .....</b>	<b>158</b>
7.1. Osiguravanje kvalitete zaobilaženjem oštećenog dijela cijevi .....	158
7.2. Osiguravanje kvalitete pomoću brušenja .....	159
7.3. Osiguravanje kvalitete primjenom zavarivanja .....	160
7.3.1. Zone zavarenog spoja.....	164
7.3.2. Primjer iz prakse kod osiguravanja kvalitete primjenom zavarivanja .....	165
7.3.3. Vizualna kontrola poštivanja certificiranog odabranog postupka zavarivanja na primjeru magistralnog plinovoda Zagreb – Karlovac.....	166
7.3.4. Primjer kontrole kvalitete dimenzija stijenke cijevi za magistralni plinovod Zagreb-Karlovac.....	169
7.3.5. Zavarljivost materijala cjevovoda .....	172
7.4. Ugradnja obujmica .....	173
7.4.1. Ugradnja čeličnih obujmica .....	173
7.4.2. Ugradnja kompozitnih obujmica .....	174
7.4.3. ESR – ugradnja hibridnih obujmica uz upotrebu epoksidnog materijala.....	175
7.5. Zamjena oštećenog dijela cijevi .....	176
<b>8. POSTUPAK OSIGURAVANJA KVALITETE PRILIKOM PROIZVODNJE</b>	
<b>PLINOVODA KUTINA 1 - DOBROVAC.....</b>	<b>177</b>
8.1. Općenito o proizvodnji, rukovanju i prijevozu cijevi magistralnog plinovoda Kutina 1 – Dobrovac.....	178
8.2. Postupak proizvodnje i materijal cijevi magistralnog plinovoda Kutina 1 – Dobrovac .	179
8.2.1. Postupak proizvodnje .....	179
8.2.2. Materijal .....	180
8.3. Zahtjevi na materijal cijevi magistralnog plinovoda Kutina 1 – Dobrovac .....	180

8.3.1. Kemijska svojstva .....	181
8.3.2. Mehanička svojstva i ispitivanja .....	181
8.3.3. Hidrostatska ispitivanja .....	183
8.4. Dimenzije, težine i dužine za cijevi magistralnog plinovoda Kutina 1 – Dobrovac .....	183
8.5. Obrada, nedostaci i popravci tokom izrade cijevi magistralnog plinovoda Kutina 1 – Dobrovac .....	185
8.5.1. Udubljenja .....	185
8.5.2. Visina nadvišenja elektro-zavarenih cijevi .....	185
8.5.3. Naprsline i pukotine .....	185
8.5.4. Raslojavanja .....	186
8.5.5. Ostali nedostaci .....	186
8.5.6. Popravak zavara .....	186
8.6. Ispitivanje postupcima bez razaranja .....	186
8.6.1. Vizualni pregled .....	186
8.6.2. Ultrazvučno ispitivanje .....	186
8.6.3. Metode ispitivanja .....	187
8.6.4. Pregled zavara i tijela cijevi .....	187
8.6.5. Pregled krajeva cijevi .....	187
8.7. Označavanje cijevi magistralnog plinovoda Kutina 1 – Dobrovac .....	187
8.7.1. Jedinice, lokacija i hladno utiskivanje .....	187
8.8. Izoliranje cijevi magistralnog plinovoda Kutina 1 – Dobrovac .....	188
8.8.1. Općenito .....	188
8.9. Inspekcija kupca cijevi magistralnog plinovoda Kutina 1 – Dobrovac .....	189
8.10. Dokumentacija cijevi magistralnog plinovoda Kutina 1 – Dobrovac .....	190
8.11. Specifikacija za vanjsko izoliranje čeličnih cijevi magistralnog plinovoda Kutina 1 – Dobrovac ekstrudiranim polietilenom .....	191
8.11.1. Primjenjive norme .....	191
8.11.2. Pogonski zahtjevi .....	192
8.11.3. Funkcionalni zahtjevi .....	192
8.11.4. Priprema za nanošenje izolacije .....	194
8.11.6. Popravak izolacije .....	195
8.11.7. Kontrola kvalitete tokom proizvodnje .....	196
8.12. Specifikacija za vanjsku cementnu oblogu za čelične cijevi magistralnog plinovoda Kutina 1 – Dobrovac izolirane polietilenom .....	199
8.12.1. Normativne reference .....	199
8.12.2. Materijal cementne obloge .....	200
8.12.3. Primjena .....	201
8.12.4. Kontrola i testiranje .....	202
8.12.5. Kupčeva inspekcija .....	203
8.12.6. Dokumentacija .....	203
<b>9. PRIMJER ODRŽAVANJA PLINOVODA .....</b>	<b>205</b>
9.1. Primjer analize izvještaja nakon utvrđivanja stanja plinovoda Ivanić Grad – Kutina ....	205
9.2. Strojarsko-montažni radovi .....	208
9.3. Prekid transporta plina plinovodom DN 500/50 Ivanić Grad – Kutina .....	213
9.3.1. Postupak izvođenja radova .....	214
9.3.2. Opis radova .....	214
9.3.3. Sposobnost izvođitelja radova za izvršenje radova .....	215
9.3.4. Rad na siguran način .....	220
9.3.5. Zaštita od požara .....	222
9.3.6. Nadzor .....	222
9.4. Obveze naručitelja i izvođača radova .....	223

9.5. Tehnologija zavarivanja .....	225
9.5.1. Postupci zavarivanja.....	225
9.5.2. Dodatni materijali.....	225
9.5.3. Zavarivači.....	226
9.5.4. Priprema spojeva za zavarivanje .....	226
9.5.5. Priprema krajeva .....	226
9.5.6. Predgrijavanje.....	227
9.5.7. Zavarivanje.....	227
9.5.8. Označavanje .....	228
9.5.9. Popravci.....	229
9.5.10. Zavarivački dnevnik .....	229
9.6. Kontrola kvalitete .....	229
9.7. Tehnologija transporta i montaže .....	229
9.7.1. Transport cijevi na trasu i nizanje po trasi .....	230
9.7.2. Montaža.....	230
9.7.3. Spuštanje zavarenih sekcija u rov .....	230
9.8. Tehnologija tlačne probe .....	231
9.8.1. Propisi i standardi tlačne probe .....	232
9.8.2. Metoda ispitivanja i ostali uvjeti ispitivanja tlačne probe.....	232
9.8.3. Oprema za ispitivanje.....	233
9.8.4. Postupak ispitivanja.....	233
9.9. Tehnologija izvođenja i kontrole antikorozivne izolacije podzemnog dijela plinovoda .....	233
9.9.1. Priprema materijala za antikorozivnu izolaciju.....	234
9.9.2. Izvođenje antikorozivne izolacije.....	234
9.9.3. Kontrola izvođenja izolacije.....	236
9.10. Tehnologija ispitivanja izolacije na neprobojnost.....	236
9.10.1. Područje primjene .....	237
9.10.2. Ostale norme povezane s ispitivanjem izolacije .....	237
9.10.3. Priprema površine .....	237
9.10.4. Uređaj za ispitivanje.....	237
9.10.5. Tehnika ispitivanja .....	237
9.10.6. Odabir ispitnog napona i opseg ispitivanja .....	238
10. PREPORUKE ZA OSTVARENJE POBOLJŠANJA .....	239
10.1. Generalne smjernice za poboljšanje kvalitete po fazama projekta .....	240
10.2. Tehnološka poboljšanja.....	243
10.3. Najnovija tehnološka rješenja .....	244
10.4. Lokalne specifičnosti.....	250
11. ZAKLJUČAK.....	254
12. POPIS IZVORA .....	257
13. PRILOZI.....	261
13.1. Plan testiranja i inspekcije za cijevi plinovoda Kutina 1 – Dobrovac proizvedene visokofrekvencijskim zavarivanjem .....	261
13.2. Ispitivanje i testiranje vanjske polietilenske izolacije (tri sloja) .....	270
13.3. Inspekcija i testiranje vanjske cementne obloge .....	276
13.4. Testiranje i inspekcija unutrašnjeg premaza epoksidom.....	281
13.5. Certifikat proizvođača o korištenom materijalu u procesu proizvodnje .....	286
13.6. Plan kontrole kvalitete plinovoda Ivanić Grad – Kutina.....	289

13.7. Specifikacije postupaka zavarivanja (WPS) plinovoda Ivanić Grad – Kutina.....	294
13.8. Izvješće radiografskog ispitivanja plinovoda Ivanić Grad – Kutina.....	302
13.9. Dio tipičnog izvještaja nakon in line inspekcije.....	304
13.10. Rezultati „in-line“ inspekcije plinovoda Kutina 1 - Dobrovac.....	309
13.11. Primjer programskih rješenja i generiranog radnog lista (Det Norske Veritas AS.) i (Project Consulting Services, Inc) .....	310
13.12. Metode proračuna iz norme ASME B31.G.....	318

## **PREDGOVOR**

Sustav magistralnog plinovoda predstavlja tehnološku cjelinu sastavljenu od cjevovoda i ugrađenom svom potrebnom opremom i tehnološkim objektima za obavljanje cjevovodnog transporta prirodnog plina. Svrha magistralnog plinovoda je otprema i doprema plina korisnicima pri visokom tlaku.

Transport plina se u današnje vrijeme nalazi pred sve većim izazovima za optimiziranje troškova prilikom izgradnje i tijekom osiguravanja kvalitete kroz čitav životni vijek cjevovodnog transportnog sustava. Paralelno su pooštreni standardi kvalitete i cjelokupna regulativa oko transporta plina na nacionalnom i međunarodnom nivou. Kako bi kvalitetno ostvarili projekt izgradnje ili remonta plinskog transportnog sustava potrebno je poznavati specifičnosti osiguravanja kvalitete te optimizirati i sinkronizirati sve aktivnosti i procese kroz svaki korak planiranja i realizacije.

Tijekom posljednjih nekoliko desetljeća tvrtke čija se djelatnost veže uz transport plina prihvatile su visoke standarde osiguravanja kvalitete te ih integrirala u svoje svakodnevno poslovanje. Primjenom takvog pristupa i načina razmišljanja u svakodnevnim poslovnim procesima osigurali su značajne dobitke u području sigurnosti, racionalizacije troškova održavanja i produljenja životnog vijeka infrastrukture.

Kroz ovaj završni rad razmotrena je široka lepeza elemenata osiguravanja kvalitete te su prikazane ključne specifičnosti u teoriji i praksi. Obzirom da je problematika osiguravanja kvalitete prilikom izgradnje i održavanja plinskog transportnog sustava globalnog karaktera, unutar ovog završnog rada također će se prikazati osnovne specifičnosti prilikom izgradnje i održavanja plinskog transporta u raznim klimatskim uvjetima te specifičnosti elemenata osiguravanja kvalitete odobalnih plinovoda.

## **SAŽETAK**

Završni rad sadrži teoretsku i praktičnu analizu osiguravanja kvalitete tokom procesa proizvodnje, transporta i izgradnje magistralnih plinovoda. Samim time rad je podijeljen na tematske jedinice koje opisuju elemente osiguravanja kvalitete prilikom planiranja, proizvodnog procesa te tokom realizacije projekata remonta i izgradnje. Sukladno tome, svaka tematska jedinica rada sastoji se od pregleda elemenata kvalitete i primjera iz praktične primjene. Namjena rada je integralni prikaz elemenata osiguravanja kvalitete tokom čitavog procesa i argumentiranje nužnosti neprestanog napredovanja i usavršavanja procesnog pristupa kako bi sustav magistralnih plinovoda bio što sigurniji, dugotrajniji i ekonomski isplativiji. Navedeni primjeri iz prakse odnose se na domaće projekte, kako bi se što jasnije prikazalo djelovanje metoda za osiguravanje kvalitete.

## **SUMMARY**

Final paper describes theoretical and practical analysis of quality assurance through process of production, transport and building gas transmission pipelines. Paper contains thematic chapters which describes elements of quality assurance in phases of planning, production and building/general reconstruction. According to contain, every thematic chapter contains quality assurance elements and practical examples. Purpose of this evaluation is integral overview of quality assurance elements through whole process and providing arguments for benefits of continuous development and improvement of integral approach to achieve more safe, long lasting and provable economic value of gas pipelines. All examples in paper are domestic projects in purpose of better review of all quality assurance elements.



▪ KLJUČNE RIJEČI:

- Kvaliteta
- Cjevovod
- Prirodni plin
- Planiranje
- Plinski transportni sustav
- Proizvodnja cijevi
- Izgradnja i održavanje plinovoda
- Oštećenja plinovoda

▪ KEYWORDS:

- Quality
- Pipeline
- Natural gas
- Planning
- Gas transmission system
- Pipeline production
- Building and maintaining pipelines
- Gas pipeline damages

## POPIS SLIKA

Slika 1.1 Izgradnja plinovoda Benkovac – Dugopolje – kanjon Guduča [33].....	20
Slika 1.2 Izgradnja plinovoda Gospić – Benkovac (prijelaz ispod državne ceste D1) [33].....	21
Slika 2.1 Usporedba emisije polutanata pri proizvodnji .....	22
Slika 2.2 Prikaz domaće potrošnje i proizvodnje plina [35] .....	26
Slika 2.3 Prikaz domaće proizvodnje plina po poljima i godinama [10] .....	26
Slika 2.4 Prikaz rasta svjetskih potreba za energijom i predviđanja [62] .....	27
Slika 2.5 Udio VBS-a na tržištu plina u 2014. godini [10] .....	27
Slika 2.6 Primjer poprečnog presjeka ukopanog magistralnog plinovoda [33] .....	29
Slika 2.7 Karta magistralnih plinovoda [32] .....	30
Slika 2.8 Karta razvoja magistralnih plinovoda do 2024. [32] .....	31
Slika 2.9 Projekcija transporta plinskim sustavom RH 2014.-2024 [33].....	32
Slika 2.10 Novi dobavni pravci u razmatranju [33] .....	32
Slika 2.11 Područje zaliha, tržišta i najkraća ruta dobave [62] .....	34
Slika 2.12 Planirana proizvodna polja [62] .....	34
Slika 2.13 Glavni plinovodi Ruske federacije za opskrbu EU [62] .....	35
Slika 2.14 Gazpromova strategija diversifikacije [62] .....	35
Slika 2.15 Uvoz plina Europske unije [63] .....	37
Slika 2.16 Izgrađenost europskog plinskog transportnog sustava po godinama i promjeru cijevi [64] .....	38
Slika 2.17 Tok plina od proizvodnje do potrošača [35] .....	41
Slika 3.1 Cijena investicije u plinovode ovisno o promjeru i godini izgradnje [64].....	42
Slika 3.2 Plinovod u polarnom području Aljaske [44] .....	45
Slika 3.3 Karta seizmičkih aktivnosti u Mediteranu prema maksimumu akceleracije tla [65].....	47
Slika 3.4 Mapa zabilježenih potresa i tsunamija u Mediteranu. Plave točke – potresi, crvene tsunami, crvene linije – područja pod utjecajem tsunamija [65].....	48
Slika 3.5 R faktor predstavlja maksimalnu vrijednost kinetičke energije .....	49
Slika 3.6 Polaganje plinovoda Benkovac – Dugopolje na dno rijeke Krke kod Skradina [33] ....	50
Slika 3.7 Faktor rizika erozije ovisno o padalinama i gustoći erozije [65] .....	51
Slika 3.8 Derazijski (padinski) procesi [66] .....	52
Slika 3.9 Zaštitni pojas plinovoda [33] .....	58
Slika 3.10 Tipičan profil iskopa na ravnom terenu [33] .....	59
Slika 3.11 Tipičan profil iskopa na kosom terenu [33] .....	59
Slika 3.12 Komunikacijski rov na početku trase bušenja.....	60
Slika 3.13 Horizontalno usmjereno bušenje [67] .....	60
Slika 3.14 Horizontalno usmjereno bušenje: 1. bušenje pilot bušotine; 2. proširivanje bušotine i uvlačenje cijevi; 3. uvučena cijev [67] .....	61
Slika 3.15 Ulaz u horizontalno usmjerenu bušotinu [67].....	61
Slika 3.16 Profil horizontalno usmjerenog bušenja [67].....	61
Slika 3.17 Mikrotuneliranje [67] .....	62
Slika 3.18 Prolaz plinovoda ispod cesta u zaštitnoj cijevi metodom bušenja [33] .....	63
Slika 3.19 Prolaz plinovoda ispod željezničke pruge u zaštitnoj cijevi [33].....	64
Slika 3.20 Prolaz plinovoda ispod vodotoka i kanala [33].....	65
Slika 4.1 Tipičan profil položenog plinovoda [33] .....	68
Slika 4.2 Najčešće pogreške na zavarenim spojevima [55] .....	71
Slika 4.3 Razvoj čelika visoke čvrstoće [55] .....	75
Slika 4.4 Mehanizmi očvršćivanja čelika gradacije X60, X70 i X80. [55].....	76
Slika 4.5 Tipične mikrostrukture čelika X60, X70 i X80 [55].....	77
Slika 4.6 Utjecaj ubrzanog hlađenja na mikrostrukturu termomehanički valjanih čelika [55].....	78
Slika 4.7 Cijev otežana betonskim prstenom za polaganje na morsko dno [33].....	79
Slika 4.8 Kraj cijevi otežane betonskim prstenom [68] .....	79

Slika 4.9 Glavni mehanizmi unaprjeđivanja čelika za cijevi [55].....	80
Slika 4.10 Zavarivanje plinovoda Platforma Ivana A – Platforma Garibaldi K [35].....	81
Slika 4.11 Plinovod Platforma Ivana A – Platforma Garibaldi K.....	81
Slika 4.12 Definijska skica za hidrodinamičke sile kod opstrujavanja horizontalnog uronjenog valjka stacionarnom morskom strujom brzine $V_{S,x}$ i istovremenim nestacionarnim valnim djelovanjima vodnih čestica; tj. brzinama $v_x(z,t)$ i $v_z(z,t)$ te ubrzanjima $a_x(z,t)$ i $a_z(z,t)$ [37] ..	82
Slika 4.13 Postavljanje plastičnog ovala i kalupa oko mjesta zavarenog spoja [35] .....	83
Slika 4.14 Ulijevanje poliuretanske smole u prostor gdje je zavareni spoj [35].....	83
Slika 4.15 Zavarivačka komora PRS welding habitat [56] .....	84
Slika 4.16 Zavarivačka komora kao dio sustava Statoil - PRS welding habitat [56].....	84
Slika 4.17 Mokro podvodno zavarivanje [69].....	86
Slika 4.18 Prostorni plan Primorsko-goranske županije energetske sustav,.....	87
Slika 4.19 Kopanje rova u moru uz obalu za plinovod Platforma Ivana K – Pula [35].....	90
Slika 4.20 Deponija cijevi na barži za plinovod Platforma Ivana A – Platforma Garibaldi K [35] .....	90
Slika 4.21 Polaganje odobalnog plinovoda [35] .....	91
Slika 4.22 Tunel na cjevopolagaču za zavarivanje plinovoda Platforma Ivana K – Pula [35] .....	93
Slika 4.23 Prikaz načina vađenja uzoraka kod uzdužnih i spiralnih šavnih cijevi [33] .....	97
Slika 5.1 Eksplozija plinovoda Ukrajina - svibanj 2007. [63] .....	103
Slika 5.2 Puknuće cijevi plinovoda [63] .....	104
Slika 5.3 Udio cijevi ovisno o promjeru u ukupnoj dužini cijevi [64].....	105
Slika 5.4 Udio cijevi ovisno o godini izgradnje u ukupnoj dužini cijevi [64] .....	106
Slika 5.5 Udio debljine stijenke cijevi ovisno o godini izgradnje u ukupnoj dužini cijevi [64] ..	106
Slika 5.6 Materijal stijenke cijevi prema API 5L ovisno o godini izgradnje u ukupnoj dužini cijevi [64] .....	107
Slika 5.7 Radni tlak plinovoda ovisno o godini izgradnje u ukupnoj dužini cijevi [64].....	107
Slika 5.8 Godišnji broj incidenata [64] .....	108
Slika 5.9 Učestalost incidenata raspoređen prema promjeru cijevi i tipu oštećenja [64].....	109
Slika 5.10 Uzroci incidenata za razdoblje od 2004. do 2013. godine [64] .....	109
Slika 5.11 Udio uzroka incidenata u promatranom razdoblju [64] .....	110
Slika 5.12 Tip oštećenja i učestalost incidenata prema uzroku [64] .....	110
Slika 5.13 Učestalost incidenata ovisno o promjeru cijevi i tipu oštećenja [64] .....	111
Slika 5.14 Učestalost incidenata ovisno o debljini stijenke cijevi i tipu oštećenja [64].....	111
Slika 5.15 Učestalost incidenata ovisno o godini izgradnje i tipu oštećenja [64].....	112
Slika 5.16 Uzrok pomicanja tla u kvarovima za razdoblje od 1970. do 2013. godine [64] .....	112
Slika 5.17 Lokacija incidenta (1984-2013) [70] .....	113
Slika 5.18 Lokacija incidenta na kopnenim plinovodima (1984-2013) [70] .....	114
Slika 5.19 Dio sustava na kojem je nastao kvar (nadzemni kopneni plinovodi) (1984-2013) [70] .....	114
Slika 5.20 Dio sustava na kojem je nastao kvar (podzemni kopneni plinovodi) (1984-2013) [70] .....	115
Slika 5.21 Tipovi incidenata na kopnenim nadzemnim plinovodima (1984-2013) [70] .....	115
Slika 5.22 Tipovi incidenata na kopnenim podzemnim plinovodima (1984-2013) [70].....	116
Slika 5.23 Uzrok incidenta na kopnenim nadzemnim plinovodima (1984-2013) [70].....	116
Slika 5.24 Uzrok incidenta na kopnenim podzemnim plinovodima (1984-2013) [70] .....	117
Slika 5.25 Udubljenja [46] .....	118
Slika 5.26 Ekstremno naboravanje [46] .....	118
Slika 5.27 Oštećenja zbog vanjske korozije [33] .....	120
Slika 5.28 Tvornička greška s gubitkom metala i konstrukcijske.....	122
Slika 5.29 Erozijska cijevi nakon prigušnice [46] .....	125
Slika 5.30 Strujnice u području strujanja oko prigušnice [46].....	126
Slika 5.31 Postupak ugradnje izolacije cijevi sa troslojnim ekstrudiranim polietilenom [71]....	131

Slika 5.32 Dobiveni rezultati pomoću ASME B31.G kriterija. Crvene točke predstavljaju oštećenja za koja potrebno izvršiti popravke [72].....	141
Slika 6.1 Savijanje cijevi DN 800 [33] .....	143
Slika 6.2 Trn za osiguranje ovaliteta [33] .....	144
Slika 6.3 Uređaj za radiografsko ispitivanje [73].....	147
Slika 6.4 Rezultat radiografskog ispitivanja [73].....	147
Slika 6.5 Postupak fluorescentnog ispitivanja 1 – priprema površine – čišćenje, 2 – nanošenje tankog sloja obojenog penetranta – penetriranje, 3 – odstranjivanje viška penetranta s površine, 4 – nanošenje bijelog „razvijača“ – razvijanje [73] .....	148
Slika 6.6 Oštećenja pri osvjetljavanju sa ultraljubičastom svjetlošću [73].....	148
Slika 6.7 Prijenosni 3D skener [74] .....	149
Slika 6.8 Skeniranje i prikaz rezultata skeniranja [74].....	150
Slika 6.9 Uređaj za ultrazvučnu kontrolu zavara s magnetnim kotačićima [75].....	151
Slika 6.10 Ispitivanje MFL metodom [76].....	152
Slika 6.11 "In-line" uređaj za mjerenje geometrije [46] .....	153
Slika 6.12 Uređaj koji mjeri promjene na stijenci plinovoda uz pomoć promjene magnetskog toka [46] .....	154
Slika 6.13 Shema rada uređaja koji mjeri promjene na stijenci plinovoda .....	154
Slika 6.14 Ultrazvučni uređaj za mjerenje promjena stijenke plinovoda [48] .....	155
Slika 6.15 Elektro – mehanički uređaj za detekciju promjene geometrije [78] .....	156
Slika 6.16 Uređaji za detekciju promjene geometrije pomoću vrtložnih struja [57] .....	157
Slika 7.1 Shema i izvedba HOT-TAP zaobilazna oštećenja [52].....	159
Slika 7.2 "Grouted tee" [52] .....	159
Slika 7.3 Popravci brušenjem [45] .....	160
Slika 7.4 Zavarivanje cjevovoda [45] .....	161
Slika 7.5 Glava za zavarivanje [35] .....	162
Slika 7.6 Centralizer s bakrenom podloškom [46].....	163
Slika 7.7 Elementi zavara [55] .....	164
Slika 7.8 Postavljeni zaštitni šatori na trasi radova [33] .....	171
Slika 7.9 Održavanje zavarivanjem [46] .....	172
Slika 7.10 Održavanje zavarivanjem [33].....	173
Slika 7.11 Primjer ugradnje čelične obujmice [33].....	174
Slika 7.12 Ugradnja "clock-spring" obujmice [46] .....	175
Slika 7.13 "Weldwrap" materijal [43] .....	175
Slika 7.14 Primjeri ugradnje ESR obujmice [59].....	176
Slika 7.15 Primjer podvodne ESR obujmice prije ugradnje [59].....	176
Slika 8.1 Neki od procesa proizvodnje [79].....	177
Slika 8.2 Proces proizvodnje bešavne cijevi [80] .....	179
Slika 8.3 Proces proizvodnje [79] .....	180
Slika 8.4 Preša za oblikovanje kružnog oblika [79].....	181
Slika 8.5 Proizvodni tijek izrade vanjske polietilenske izolacije (tri sloja) [79].....	189
Slika 8.6 Deponija cijevi za plinovod Platforma Ivana K – Pula ( Kopneni dio ) Tvornička izolacija se na nekim mjestima napuhavala na suncu ( poliuretan – jednoslojni debljine 2 mm) [35] .....	197
Slika 9.1 Ruta plinovoda [33] .....	205
Slika 9.2 Čistači plinovoda sa žičanim četkama i kalibar pločom [46] .....	206
Slika 9.3 Primjeri uređaja za čišćenje [46].....	206
Slika 9.4 Procjena razvoja korozivnih oštećenja u narednih 8 godina [33] .....	207
Slika 9.5 Iskop rova [33].....	209
Slika 9.6 Shema plinovoda DN 500/50 Ivanić Grad – Kutina [33] .....	210
Slika 9.7 Dijagram toka popravka plinovoda DN 500/50 Ivanić-Kutina [33].....	212
Slika 9.8 Priprema za ugradnju [33].....	214

Slika 9.9 Punjenje iskopanih rovova vodom zaostalom u okolnom tlu nakon višednevnih kišnih dana [33].....	216
Slika 9.10 Polaganje cijevi [33] .....	217
Slika 9.11 Skidanje izolacije i čišćenje cijevi [33].....	221
Slika 9.12 Zavareni spoj i vidljive zone utjecaja topline [46].....	228
Slika 9.13 Rezultati mjerenja tokom tlačne probe [33].....	232
Slika 9.14 Iskopano mjesto oštećenja i skidanje izolacije [33].....	235
Slika 9.15 Postavljanje izolacijske trake [33] .....	236
Slika 10.1 Suradnja kroz životni ciklus proizvoda [68] .....	239
Slika 10.2 Upravljanje dokumentacijom unutar IT platforme [46].....	242
Slika 10.3 Programsko rješenje CAESAR II [46].....	244
Slika 10.4 Kut kosog fotografiranja [51] .....	245
Slika 10.5 Format tla zahvaćen kosom fotografijom [51].....	245
Slika 10.6 Koridor fotografiranja [51] .....	245
Slika 10.7 3D prikaz naseljenog područja [51] .....	246
Slika 10.8 3D prikaz nenaseljenog područja [51] .....	246
Slika 10.9 Dron s instaliranom kamerom i GPS sustavom navođenja [45] .....	246
Slika 10.10 Označavanje zavara bar kodom i ručno upisanom oznakom [46] .....	247
Slika 10.11 Termo sifoni snimljeni termo kamerom [81] .....	247
Slika 10.12 Dron s detektorom curenja prirodnog plina [81] .....	248
Slika 10.13 Položaji optičkih kablova detekciju [82] .....	248
Slika 10.14 Domet detekcije [82].....	249
Slika 10.15 Daljinski upravljana podmornica sa ugrađenim flourometrom [45].....	249
Slika 10.16 Zaštitni pojas i objekti ilegalne gradnje [33] .....	250
Slika 10.17 Narušavanje zaštitnog pojasa plinovoda [35] .....	251
Slika 10.18 Odstranjen komad cijevi s ilegalno montiranim priključkom FG [33].....	252

## POPIS TABLICA

Tablica 2.1 Kvaliteta plina s točke uzorkovanja MRS Zagreb zapad u 2014. godini [33] .....	24
Tablica 2.2 Standardna kvaliteta plina za obujam plina od 1 m <sup>3</sup> pri apsolutnom tlaku plina 101 325 Pa (1,01325 bar) i temperaturi plina 288,15 K (15 °C ) [61].....	25
Tablica 2.3 Transportni sustav Republike Hrvatske [33].....	38
Tablica 3.1 Definiranje Razreda zaštitnog pojasa .....	54
Tablica 3.2 Proračun debljine stijenke cijevi .....	54
Tablica 3.3 Min. dubine ukapanja cijevi u cm, do tjemena .....	55
Tablica 3.4 Ispitni tlak plinovoda.....	55
Tablica 3.5 Primjer ispitivanja čvrstoće i nepropusnosti za Razrede plinovoda.....	57
Tablica 3.6 Primjer magistralnog plinovoda Zagreb – Karlovac [33] .....	57
Tablica 3.7 Širina zaštitnog pojasa plinovoda ovisno promjeru [33].....	58
Tablica 4.1 Čelici za izradu cijevi [55] .....	73
Tablica 4.2 Vrste procesa proizvodnje cijevi i osnovne specifičnosti [55].....	75
Tablica 5.1 Karakteristike kompletnog sustava zaštite [33] .....	133
Tablica 5.2 Minimalna debljina izolacije za promjere cjevovoda [33].....	133
Tablica 6.1 Učestalost kvarova i oštećenja [33].....	142
Tablica 6.2 Specifikacije stroja za savijanje cijevi tip HD 325 [33].....	144
Tablica 7.1 Primjer kontrole kvalitete dimenzija stijenke cijevi za magistralni plinovod Zagreb-Karlovac [33].....	169
Tablica 8.1 Dubina žlijeba koja rezultira skidanjem unutarnjeg nadvišenja elektro zavarenih cijevi .....	185
Tablica 8.2 Ukupna debljina izolacije ovisno o promjeru cjevovoda [33] .....	194
Tablica 8.3 Dužina oguljenog PE dijela cijevi ovisno o nazivnom promjeru cijevi [33] .....	195
Tablica 10.1 Aktivnosti legalizacije u zaštitnom pojasu [35] .....	251

## POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
$\alpha$	°	kut savijanja
$a_g$	m/s <sup>2</sup>	proračunsko ubrzanje tla za relevantnu potresnu zonu i za referentni povratni period
$D$	mm	nazivni vanjski promjer cijevi
$d$	mm	unutarnji promjer cijevi
$f(T)$		funkcija elastičnog odziva za razna područja TB, TC i TD perioda titranja konstrukcije
$F_b$	N	horizontalna potresna sila (statička)
$K$	N/mm <sup>2</sup> = MPa	minimalna granica razvlačenja
$p$	bar	ispitni tlak
$P$	bar	maksimalni radni tlak plinovoda
$R$	mm	srednji radijus savijanja
$R_{m, max.}$	N/mm <sup>2</sup> = MPa	vlačna čvrstoća materijala cijevi
$S$	N/mm <sup>2</sup> = MPa	90 % od minimalne specificirane granice razvlačenja
$S$		koeficijent sigurnosti = (min. granica razvlačenja/maks. dopušteno rubno naprezanje)
$S$		koeficijent tipa tla (za tip tla A: $S = 1$ , za tip tla B: $S = 1$ i za tip tla C: $S = 0,9$ )
$S_d(T)$	m/s <sup>2</sup>	spektralno ubrzanje proračunskog spektra koje odgovara osnovnom periodu oscilacija konstrukcije
$t$	mm	debljina stijenke cijevi
$T$		faktor temperature do 120 °C = 1
$T$	mm	nazivna debljina stijenke
$T$	s	period titranja sustava s jednim stupnjem slobode razmatrane konstrukcije
$V$		faktor uzdužnog i spiralnog zavara (obavezno = 1)
$W$	kg	ukupna masa konstrukcije koja titra (vlastita masa + pridružena masa vode)
$W_x, max.$	cm <sup>3</sup>	otporni moment presjeka savijane cijevi

## POPIS KRATICA

- AKI – Anti korozivna izolacija
- AKZ trake – Anti korozivno zaštitne trake
- ANSI – engl. *American National Standards Institute*
- API – engl. *American Petroleum Institute*
- ASME – engl. *American Society of Mechanical Engineers*
- ASTM – engl. *American Society for Testing and Materials*
- AWS – engl. *American Welding Society*
- BIS – Blokadno-ispuhivačka stanica
- BS – Blokadna stanica
- CCD – engl. *Charge-coupled device*
- CE<sub>ITW</sub> – *Carbon equivalent formula*
- CE<sub>Pcm</sub> – engl. *Itto – Bessyo carbon equivalent equation*
- DC – Istosmjerna struja (engl. *Direct current*)
- DIN – njem. *Deutsches Institut für Normung*
- DM – Dodatni materijal
- DN – Promjer (engl. *Diameter nominal*)
- DVD – Dobrovoljno vatrogasno društvo
- DVGW-GW – njem. *Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches*
- DWT – Ispitivanje udarne izdržljivosti padajućim batom (engl. *Drop Weight Test*)
- EGIG – engl. *European Gas pipeline Incident data Group*
- EN – Europska norma
- EP – Epoxy
- EPP – Elektrolučno zavarivanje taljivom elektrodom pod zaštitom praška
- EPRG – engl. *European Pipeline Research Group*
- ESR – engl. *Epoxy Sleeve Repair*
- EU – Europska unija
- EWE – engl. *European Welding Engineer*
- FCAW – Zavarivanje pod praškom (engl. *Flux-Cored Arc Welding*)
- GPS – engl. *Global positioning system*
- HF – Visoka frekvencija (engl. *High Frequency*)
- HRC – Oznaka tvrdoće po Rockwellu (engl. *Rockwell Hardness*)
- HRN – Hrvatska norma
- HTZ – Higijensko-tehnička zaštita
- HV<sub>10</sub> – Oznaka tvrdoće po Vickersu (engl. *Vickers Hardness test with Force of 98,07 N*)



IAP – engl. *Ionian Adriatic Pipeline*  
ISO – engl. *International Organization for Standardization*  
IT – Informatička tehnologija  
IWE – engl. *International Welding Engineer*  
IWT – engl. *International Welding Technologist*  
JANAF – Jadranski naftovod  
LBC – engl. *Line Break Control*  
LNG – engl. *Liquefied Natural Gas*  
MAG – Zavarivanje metala u aktivnom plinu (engl. *Metal Active Gas*)  
MAOP – Najveći dozvoljeni radni tlak (engl. *Max allowable operating pressure*)  
MFL – Curenje magnetskog toka (engl. *Magnetic Flux Leakage*)  
MIG – Zavarivanje taljivom u zaštiti inertnog plina (engl. *Metal Inert Gas*)  
MRČ – Mjerno redukcijsko čvorište  
MRS – Mjerno-redukcijska stanica  
MT – engl. *Magnetic testing*  
NACE – engl. *National Association of Corrosion Engineers*  
NDC – Nacionalni dispečerski centar  
NN – Narodne novine  
OČS – Otpremna čistačka stanica  
OM – Osnovni materijal  
OPČS – Odašiljačko-prihvatna stanica  
PCI – Projekti od zajedničkog interesa (engl. *Projects of common interest*)  
PČ – Plinski čvor  
PE – Polietilen  
PECI – Projekti od interesa energetske zajednice (engl. *Projects of Energy Community Interest*)  
PHMSA – engl. *Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration*  
PQR – engl. *Procedure Qualification Record*  
PRS – engl. *Pipeline Repair System*  
PSL – engl. *Product Specification Level*  
PSP – Podzemno skladište plina  
REL – Ručno elektrolučno zavarivanje  
RP – Preporuka sukladno praksi (engl. *Recommended Practice*)  
RT – Radiografsko testiranje  
RTG – Rentgen  
RX – Radiografija

SAD – Sjedinjene Američke Države  
SCC – engl. *Stress Corrosion Cracking*  
SCP - engl. *South Caucasus Pipeline*  
SI – fr. *Système International d'Unités*  
SL – Službeni list  
SMYS – engl. *Specified minimum yield strength*  
STU – Sektor tehnološkog upravljanja  
TANAP – engl. *Trans Anatolia Gas Pipeline*  
TAP – engl. *Trans Adriatic Pipeline*  
TBM – Stroj za bušenje tunela (engl. *Tunnel Boring Machine*)  
TIG – Elektrolučno zavarivanje netaljivom elektrodom u zaštiti inertnog plina (engl. *Tungstan Inert Gas*)  
TYNDP – Desetogodišnji plan razvoja mreže (engl. *Ten-year Network Development Plan*)  
UK – Ultrazvučna kontrola kvalitete  
USLE – engl. *Universal Soil Loss Equation*  
UV – Ultraljubičasto (engl. *Ultraviolet*)  
UZV – Ultrazvuk  
WPS – engl. *Welding Procedure Specification*  
Z – Zavareni spoj  
ZIT – Zavodu za zavarivanje, ispitivanje i tehnologiju d.o.o.  
ZT – Zona taljenja  
ZUT – Zona utjecaja topline

## 1. UVOD

Osiguravanje kvalitete predstavlja nezaobilazni segment svakog energetskog sustava, a izrazitu važnost ima u transportu plina. Ukoliko promatramo energetski intenzivne djelatnosti, očito je da su investicije u takve sustave izrazito velike te dugoročno planiranje aktivnosti i troškova predstavlja važnu kariku u kalkulacijama isplativosti investicija.

Osnovni element osiguravanja kvalitete glavne infrastrukture plinskog transporta predstavlja sigurnost opskrbe. Sigurnost možemo sagledati iz dva osnovna pravca. Prvi pravac kao imperativ nameće kontinuiranu opskrbu korisnika, a drugi pravac predstavlja sigurnost sustava od pojave neželjenih aktivnosti po ljude, okolinu i financijske gubitke proizašlih iz curenja plina.



**Slika 1.1 Izgradnja plinovoda Benkovac – Dugopolje – kanjon Guduča [33]**

Osnovni dokumenti koji propisuju osiguravanje kvalitete su: norma HRN EN 14 161: Industrija nafte i prirodnog plina – Sustav transporta cjevovodima, ANSI/ASME B31.8: Gas transmission and distribution piping system te Pravilnik o tehničkim uvjetima i normama za siguran transport tekućih i plinovitih ugljikovodika magistralnim naftovodima i plinovodima te naftovodima i plinovodima za međunarodni transport (SL 26/1985).

Cjevovodi se grade već desetljećima. Razvoj novih materijala i tehnologija izrade, izgradnje i nadzora ubrzano napreduje te se pojavljuje potreba za definiranjem minimalnih uvjeta kvalitete koji se moraju ispuniti prilikom izrade cijevi i cjevovoda. Poznato je da havarija cjevovoda može dovesti do ljudskih žrtava i do teških posljedica za okoliš. Stoga je radi pravovremenog sprječavanja takvih scenarija nužno poznavati i definirati sve čimbenike osiguravanja kvalitete koji utječu na integritet cjevovoda.

Cilj završnog rada je opisati i na primjerima pokazati specifičnosti ovakvog sustava i metode prilikom realizacije. Završni rad polazi od preporuka prilikom projektiranja i izrade sustava transporta prirodnog plina, zatim obrađuje metode praćenja, kontrolu stanja sustava i prikazuje paletu elemenata osiguravanja kvalitete plinovoda. Kao integralni prikaz preventivnog održavanja prema stanju obrađene su aktivnosti na plinovodu Ivanić Grad – Kutina, a u ostalim poglavljima uzeti su primjeri iz projekata: Zagreb – Karlovac, platforma Ivana “A“ – platforma Garibaldi “K“ u epikontinentalnom pojasu Republike Hrvatske, otpremni plinovod platforma Ivana “K“ – Pula te Koprno – otok Krk. Kao primjer osiguravanja kvalitete tokom proizvodnje uzet je primjer tokom proizvodnje u tvornici UMRAN Celik Boru Sana A.S. (iz Turske), za potrebe plinovoda Kutina 1 – Dobrovac.

Kao završni dio razmatrane su moguće smjernice u svrhu budućih poboljšanja. Osnovni imperativ predstavlja osiguravanje kvalitete te optimalno investiranje u segmentima izgradnje, nadzora i održavanja uz postizanja veće sigurnosti strateške energetske infrastrukture i duži životni vijek plinskog transportnog sustava.



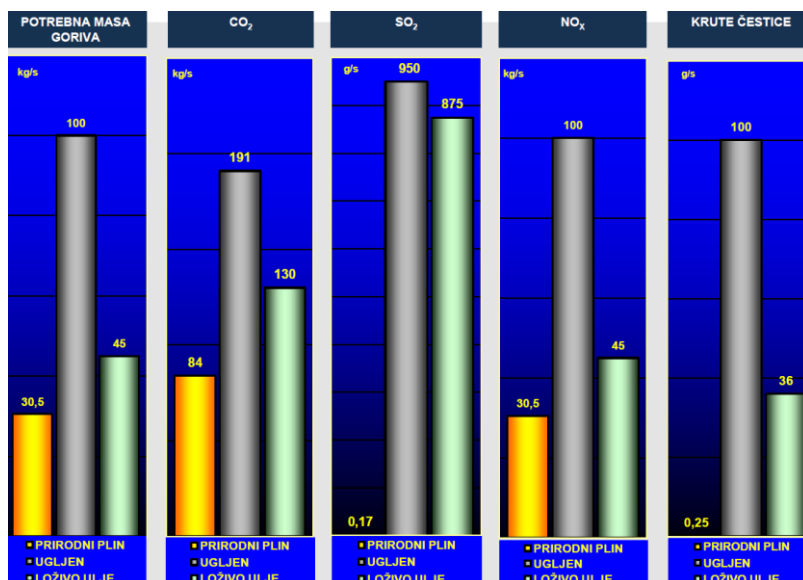
**Slika 1.2 Izgradnja plinovoda Gospić – Benkovac (prijelaz ispod državne ceste D1) [33]**

## 2. PRIRODNI PLIN KAO ENERAGENT I OSNOVE RAZVOJA TRANSPORTNOG SUSTAVA

### 2.1. Osnovne karakteristike prirodnog plina

Prirodni plin je plinska smjesa različitih ugljikovodika od kojih je najveći udio (veći od 90 %) metana (CH<sub>4</sub>). Metan je najjednostavnija i najlakša molekula ugljikovodika, bez boje, mirisa i okusa te neotrovan. Zapaljiv je i eksplozivan u koncentraciji od 5 % do 15 % prirodnog plina u smjesi sa zrakom. U manjim količinama prisutni su i ostali ugljikovodici (etan, propan, butan i primjese težih ugljikovodika) te ugljikov dioksid (CO<sub>2</sub>) i dušik (N<sub>2</sub>), a moguća je i pojava helija, sumporovodika, argona, vodika, živinih i drugih para. Porijeklo, vrsta i udio tih primjese u prirodnom plinu ovise o vrsti matičnih stijena, o utjecaju magmatskih, odnosno hidrotermičkih procesa u litosferi i o procesima migracije prirodnog plina.

Prirodni plin je lakši od zraka (gustoća prirodnog plina približno iznosi 0,67 kg/Sm<sup>3</sup> do 0,717 kg/Sm<sup>3</sup>, prema gustoći zraka od 1,293 kg/Sm<sup>3</sup>). Obično ga mjerimo standardnim m<sup>3</sup>; 1 Sm<sup>3</sup> odgovara količini plina, koja pri tlaku od 1,01325 bar i temperaturi od 15 °C, zauzima prostor od 1 m<sup>3</sup>. Kao što je prikazano na slici 2.1., prirodni plin predstavlja ekološki najprihvatljivije fosilno gorivo s izrazito malim ispuštanjem sumporov dioksida i krutih čestica.



Slika 2.1 Usporedba emisije polutanata pri proizvodnji energije iz fosilnih goriva (energetski ekvivalent 1000 MJ) [35]

## 2.2. Pretvorba mjernih jedinica

Obzirom da se prilikom obračuna koristi mjerna jedinica energije plina iskazana u kWh/h, opisat ćemo proces pretvorbe izmjerenih m<sup>3</sup> u kWh/h.

Jedan vat je jedan džul energije po sekundi, odnosno:

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$$

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W} = 1000 \text{ J/s}$$

$$1 \text{ kW s} = 1000 \text{ J}$$

Ako uzmemo u obzir da  $1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$  ( $60 \text{ min} \cdot 60 \text{ s}$ ), tj.  $1 \text{ s} = 1 / 3600 \text{ h}$ , slijedi da je:

$$1 \text{ kWh} / 3600 = 1000 \text{ J}$$

$$1 \text{ kWh} = 1000 \cdot 3600 \text{ J}$$

$$1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ J}$$

S obzirom da je  $1 \text{ MJ} = 1\,000\,000 \text{ J} = 10^6 \text{ J}$ , slijedi da je:

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$$

Obračunski pretvorbeni faktor ( $\text{kWh/m}^3$ ) = isporučena donja ogrjevna vrijednost ( $\text{MJ/m}^3$ )/3,6

- Osnovna ulazna izračunata veličina je:
  - obujam plina protekao kroz obračunsko mjerno mjesto, izražen u m<sup>3</sup> pri standardnim uvjetima;
  - donja ogrjevna vrijednost plina za specifičnu točku, izražena u MJ/m<sup>3</sup> pri standardnim uvjetima.

Za izračun energije plina, iskazane u kWh/h, obujam plina protekao kroz obračunsko mjerno mjesto u jednom satu (m<sup>3</sup>/h) množi se s iznosom donje ogrjevnosti ( $\text{kWh/m}^3$ , pri 15 °C) utvrđene za pojedini plinski dan. Preračunavanje iznosa donje ogrjevnosti iskazano u mjernoj jedinici MJ/m<sup>3</sup> u mjernu jedinicu kWh/m<sup>3</sup>, pri referentnoj temperaturi od 15 °C, izvedeno je dijeljenjem s 3,6 ( $\text{kWh/m}^3$ ), a tako dobivena vrijednost zaokružena je na šest decimalnih mjesta. Izračunata energija plina iskazuje se kao cjelobrojna vrijednost. U tablici 2.1 možemo vidjeti iskazane donje ogrjevnosti dobivene kromatografskim analizama prirodnog plina provedenima u ovlaštenom laboratoriju Republike Hrvatske.

Tablica 2.1 Kvaliteta plina s točke uzorkovanja MRS Zagreb zapad u 2014. godini [33]

Razdoblje/ Period	Sastav prirodnog plina / Gas composition										Svojstva prirodnog plina / Gas properties						
	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	i-C <sub>4</sub>	n-C <sub>4</sub>	i-C <sub>5</sub>	n-C <sub>5</sub>	C <sub>6+</sub>	Hg	Hd	Wi	M	p	d	R
	(mol%)										MJ/m <sup>3</sup> @15°C	MJ/m <sup>3</sup> @15°C	MJ/m <sup>3</sup> @15°C	kg/kmol	kg/m <sup>3</sup> @15°C	zrak=1	J/kgK
01.01. - 15.01.	0,76	0,25	96,30	1,92	0,54	0,08	0,09	0,02	0,01	0,02	38,46	34,67	50,52	16,730	0,7092	0,5797	496,99
16.01. - 31.01.	0,76	0,24	96,34	1,88	0,55	0,09	0,09	0,02	0,01	0,02	38,47	34,67	50,53	16,727	0,7091	0,5796	497,06
01.02. - 15.02.	0,76	0,25	96,28	1,91	0,57	0,09	0,09	0,02	0,01	0,02	38,48	34,68	50,53	16,738	0,7095	0,5800	496,73
16.02. - 28.02.	0,68	0,11	97,70	1,11	0,29	0,05	0,05	0,01	0,01	0,00	38,06	34,29	50,43	16,439	0,6968	0,5695	505,77
01.03. - 15.03.	0,69	0,21	96,49	1,88	0,51	0,08	0,08	0,02	0,01	0,01	38,46	34,66	50,58	16,689	0,7074	0,5783	498,20
16.03. - 31.03.	0,66	0,21	96,47	1,95	0,50	0,08	0,08	0,02	0,01	0,02	38,49	34,69	50,66	16,693	0,7075	0,5773	498,08
01.04. - 15.04.	0,67	0,28	96,04	2,22	0,57	0,09	0,09	0,02	0,01	0,01	38,58	34,77	50,65	16,772	0,7109	0,5801	495,73
16.04. - 30.04.	0,71	0,30	95,85	2,26	0,64	0,10	0,10	0,02	0,01	0,01	38,63	34,82	50,65	16,816	0,7127	0,5816	494,43
01.05. - 15.05.	0,64	0,14	96,20	2,09	0,66	0,11	0,11	0,02	0,01	0,02	38,71	34,89	50,84	16,761	0,7104	0,5797	496,06
16.05. - 31.05.	0,67	0,28	95,86	2,29	0,58	0,09	0,10	0,02	0,01	0,10	38,74	34,92	50,74	16,852	0,7143	0,5829	493,38
01.06. - 15.06.	0,74	0,31	95,60	2,31	0,74	0,11	0,12	0,03	0,02	0,02	38,74	34,93	50,68	16,889	0,7158	0,5842	492,30
16.06. - 30.06.	0,88	0,29	95,71	2,21	0,65	0,10	0,10	0,02	0,02	0,02	38,58	34,78	50,55	16,842	0,7138	0,5825	493,67
01.07. - 15.07.	0,85	0,39	95,02	2,70	0,74	0,11	0,12	0,03	0,02	0,02	38,78	34,97	50,60	16,979	0,7197	0,5873	489,69
16.07. - 31.07.	0,93	0,53	94,46	3,02	0,75	0,11	0,12	0,03	0,02	0,03	38,81	34,99	50,49	17,082	0,7240	0,5909	486,73
01.08. - 15.08.	0,97	0,61	93,68	3,37	0,97	0,14	0,16	0,04	0,03	0,03	39,07	35,24	50,56	17,261	0,7317	0,5971	481,69
16.08. - 31.08.	0,89	0,67	93,71	3,53	0,86	0,12	0,14	0,03	0,02	0,03	39,01	35,18	50,53	17,232	0,7304	0,5961	482,50
01.09. - 15.09.	0,87	0,55	94,45	3,15	0,70	0,10	0,11	0,02	0,02	0,03	38,81	34,99	50,50	17,071	0,7236	0,5905	487,05
16.09. - 30.09.	0,97	0,67	94,13	3,30	0,67	0,09	0,10	0,02	0,02	0,03	38,73	34,92	50,33	17,121	0,7257	0,5922	485,63
01.10. - 15.10.	0,72	0,60	95,23	2,75	0,50	0,07	0,08	0,02	0,01	0,02	38,54	34,74	50,38	16,917	0,7170	0,5851	491,48
16.10. - 31.10.	0,66	0,39	95,97	2,34	0,45	0,07	0,07	0,02	0,01	0,02	38,49	34,69	50,53	16,775	0,7110	0,5802	495,64
01.11. - 15.11.	0,51	0,28	96,41	2,32	0,33	0,06	0,05	0,01	0,01	0,02	38,48	34,67	50,68	16,672	0,7066	0,5766	498,70
16.11. - 30.11.	0,55	0,27	96,55	2,18	0,32	0,06	0,05	0,01	0,00	0,01	38,39	34,60	50,61	16,639	0,7052	0,5755	499,69
01.12. - 15.12.	0,54	0,23	96,66	2,12	0,32	0,06	0,05	0,01	0,00	0,01	38,40	34,60	50,65	16,618	0,7043	0,5748	500,32
16.12. - 31.12.	0,54	0,27	96,57	2,22	0,28	0,05	0,05	0,01	0,01	0,01	38,38	34,58	50,61	16,628	0,7047	0,5751	500,02

Hg - Gornja ogrjevna vrijednost/ Superior calorific value  
Hd - Donja ogrjevna vrijednost/ Inferior calorific value  
Wi - Wobbe indeks/ Wobbe indeks  
M - Molarna masa/ Molar mass  
p - Gustoća/ Density  
d - Relativna gustoća/ Relative density  
R - Specifična plinska konstanta/ Molar gas constant

### 2.3. Standardna kvaliteta plina

Prirodni plin standardne kvalitete izgara plavim plamenom, gotovo bez štetnih produkata izgaranja, čađe, pepela i s vrlo malim količinama ugljičnog monoksida i sumporovog dioksida čime se svrstava među ekološki najčišće energente. Energetsku vrijednost i kvalitetu prirodnog plina definiraju donja ogrjevna vrijednost (MJ/m<sup>3</sup>, na temperaturi od 15 °C), gornja ogrjevna vrijednost (MJ/m<sup>3</sup>, na temperaturi od 15 °C) i Wobbeov indeks (MJ/m<sup>3</sup>, na temperaturi od 15 °C). Ostali parametri standardne kvalitete prikazani su u tablici 2.2.

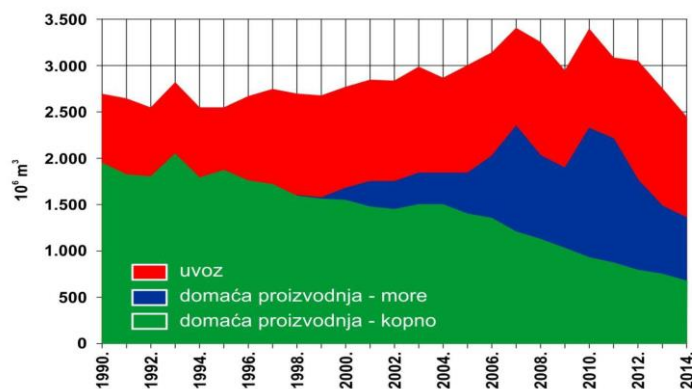
**Tablica 2.2 Standardna kvaliteta plina za obujam plina od 1 m<sup>3</sup> pri apsolutnom tlaku plina 101 325 Pa (1,01325 bar) i temperaturi plina 288,15 K (15 °C) [61]**

PRIRODNI PLIN		
<b>A. Kemijski sastav, mol %</b>		
Metan (CH <sub>4</sub> )	minimalno	85
Etan (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	maksimalno	7
Propan (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ) i viši ugljikovodici	maksimalno	6
Dušik (N <sub>2</sub> )	maksimalno	3
Ugljični dioksid (CO <sub>2</sub> ) (do 31.12.2015. – maksimalno 3 mol %)	maksimalno	2,5
Kisik (O <sub>2</sub> ) (do 31.12.2015. – ne utvrđuje se)	maksimalno	0,001
<b>B. Sadržaj sumpora, mg/m<sup>3</sup></b>		
Sumpor ukupni	maksimalno	30
Sumporovodik i karbonil sulfid ukupno (H <sub>2</sub> S+COS) (do 31.12.2015. – maks. 7 mg/m <sup>3</sup> )	maksimalno	5
Merkaptani (RSH)	maksimalno	6
<b>C. Gornja ogrjevna vrijednost Hg, kWh/m<sup>3</sup></b>		
	minimalno	10,28
	maksimalno	12,75
<b>D. Donja ogrjevna vrijednost Hg, kWh/m<sup>3</sup></b>		
	minimalno	9,25
	maksimalno	11,47
<b>E. Gornji Wobbe – indeks Wg, kWh/m<sup>3</sup></b>		
	minimalno	12,75
	maksimalno	15,81
<b>F. Donji Wobbe – indeks Wg, kWh/m<sup>3</sup></b>		
	minimalno	11,48
	maksimalno	14,23
<b>G. Relativna gustoća d</b>		
	minimalno	0,56
	maksimalno	0,70
<b>H. Točka rosišta, °C pri tlaku od 70 bar (do 31.12.2015. – pri tlaku 50 bar)</b>		
vode (do 31.12.2015. – pri -10 °C)		-8
ugljikovodika (do 31.12.2015. – pri 0 °C)		-2
<b>I. Plin neodoriziran (osim plina u distribucijskom sustavu), bez mehaničkih primjesa, smola ili spojeva koji tvore smolu)</b>		

## 2.4. Dobivanje prirodnog plina

Prirodni plin dobiva se eksploatacijom iz naftnih i plinskih ležišta te ga je potrebno obraditi u procesnim postrojenjima (proizvodnja), kako bi se mogao prihvatiti u transportni sustav i transportirati cjevovodima (plinovodima) do krajnjih potrošača. Velika ulaganja u potrebnu infrastrukturu ograničavaju njegovu upotrebu. Često velika udaljenost lokaliteta proizvodnje od potrošača čini ga nekonkurentnim i nedostupnim.

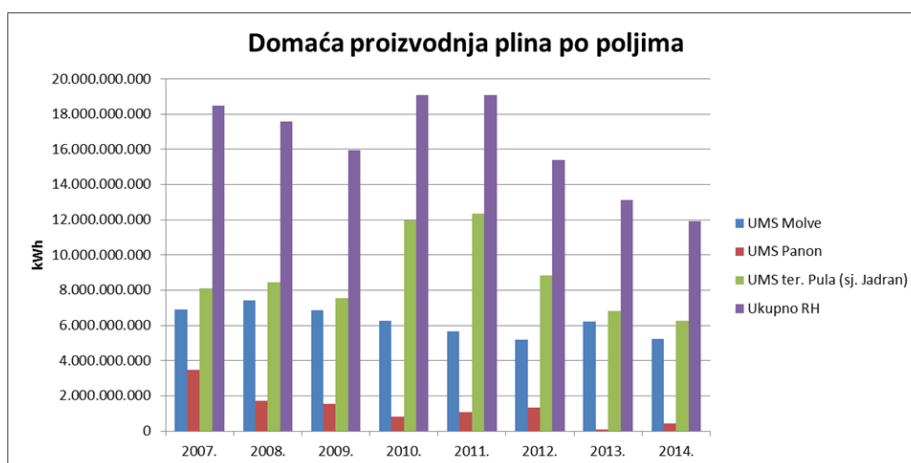




Slika 2.2 Prikaz domaće potrošnje i proizvodnje plina [35]

Podzemna nalazišta prirodnog plina utvrđena su na dubinama od nekoliko metara pa do više od 5 tisuća metara, pod tlakom nekad višim i od 300 bara te temperaturama višim i od 180 °C, ovisno o dubini ležišta. Plin se nakuplja u propusnim slojevima stijena (u čije šupljine se može smjestiti plin), koji su okruženi nepropusnim slojevima (tako da sprečavaju migraciju plina i drže ga na neki način zarobljenog u propusnim slojevima). Najčešće se nalazi kao plinska kapa u naftnim ležištima, ali nisu rijetka ni čista plinska polja, bez prisutnosti nafte.

Od svih danas dostupnih fosilnih goriva, prirodni plin je najčišći izvor energije u smislu onečišćenja okoliša i sigurno će biti jedan od glavnih energenata sljedećih 20 do 30 godina.

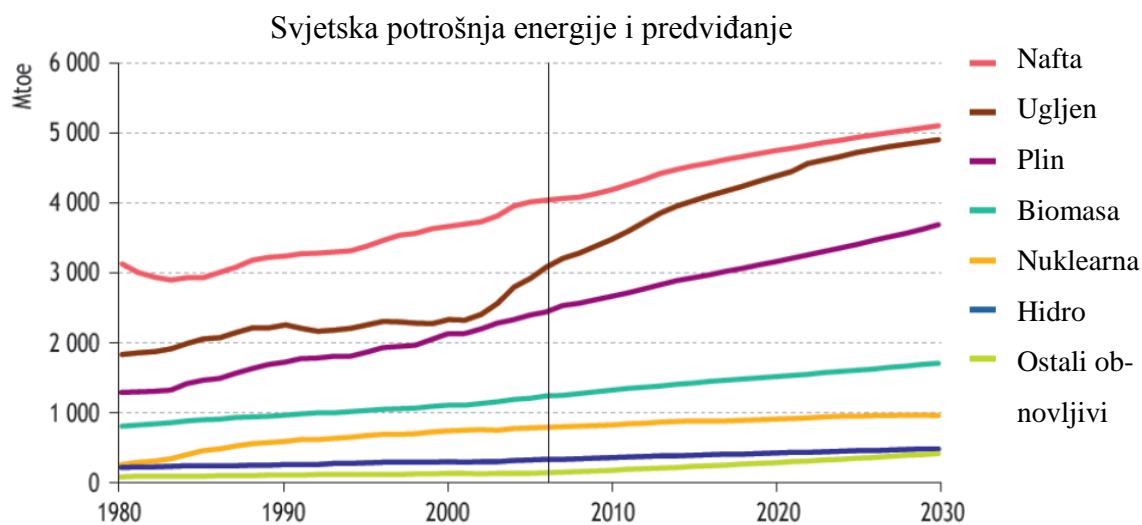


Slika 2.3 Prikaz domaće proizvodnje plina po poljima i godinama [10]

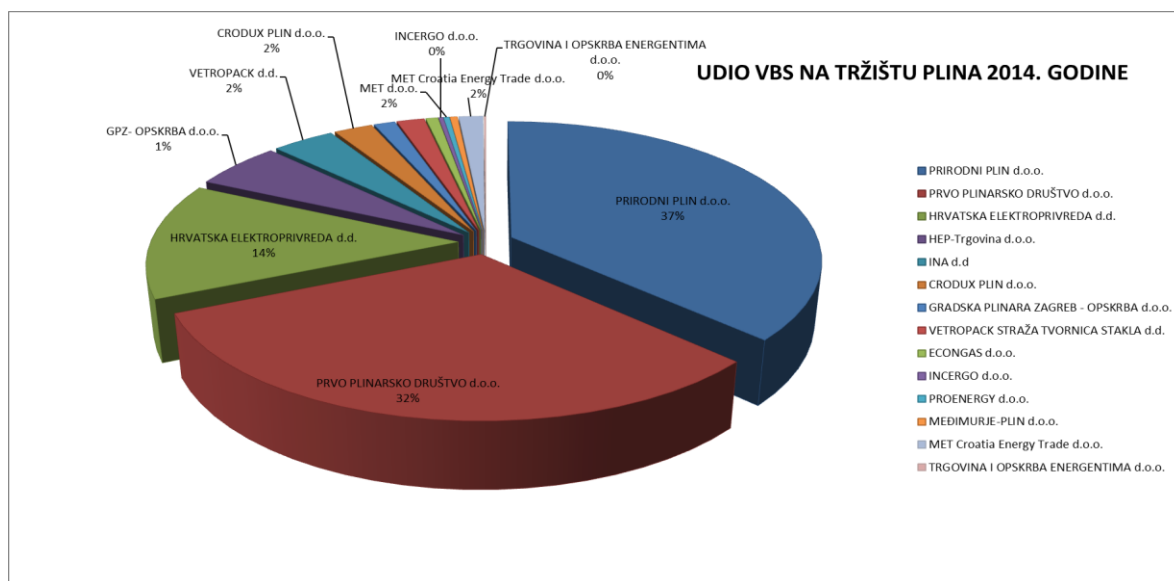
## 2.5. Tržište prirodnog plina

Tržište prirodnog plina temeljni je čimbenik razvoja plinskog transportnog sustava. Iako je udio prirodnog plina u potrošnji primarne energije EU izuzetno značajan, u ovome trenutku, uz negativno sinergijsko djelovanje gospodarske krize, konkurenciju obnovljivih izvora energije te sniženu cijenu ugljena u kombinaciji s niskim cijenama emisija ugljičnog dioksida, njegova je

potrošnja značajno smanjena, pogotovo u sektoru proizvodnje električne energije. Međutim, uloga prirodnog plina u daljnjem razvoju energetike EU je neupitna, premda ovisna o velikom broju čimbenika, prije svega gospodarskih, političkih i ekoloških.



Slika 2.4 Prikaz rasta svjetskih potreba za energijom i predviđanja [62]



Slika 2.5 Udio VBS-a na tržištu plina u 2014. godini [10]

## 2.6. Vrste transportnih sustava prirodnog plina

Danas se u svijetu gotovo sve kompanije i društva koja upravljaju cjevovodima prilikom održavanja pridržavaju pravila i preporuka koje je izdalo Američko društvo strojarских inženjera pod nazivom "ASME (engl. *American Society of Mechanical Engineers*) Code For Pressure Piping". Navedeno udruženje je izdalo publikaciju koja se bavi transportom plina, a koja se naziva B 31.8

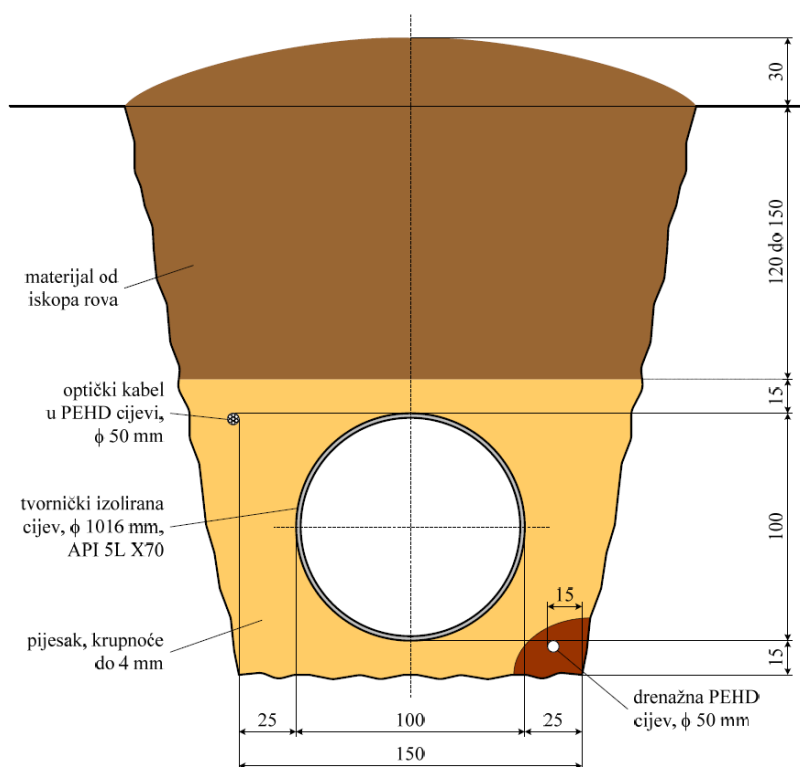
– Sustavi cjevovoda za transport i distribuciju plina. (engl.: "*B31.8 – Gas Transmission and Distribution Piping Systems*").

Stavak C6.1 iz ASME preporuke definira sljedeće transportne sustave:

- Sabirni sustavi – koji se sastoje od cjevovoda koji transportiraju prirodni plin od mjesta proizvodnje do centralne plinske stanice gdje se odvija obrada plina;
- Magistralni plinovodi – definirani su kao dio sustava kojim se prirodni plin transportira od proizvođača do distributera ili do većih kupaca. Napravljen je od cijevi većeg promjera s kompresorskim stanicama i međustanicama;
- Distribucijske mreže – čine je cjevovodi manjeg promjera koji sežu do krajnjih potrošača plina.

## **2.7. Tipičan magistralni plinovod i osnovni propisi**

Fokus ovog završnog rada predstavlja osiguravanje kvalitete kod radova na magistralnim plinovodima. Na slici 2.6 prikazan je primjer poprečnog presjeka ukopanog magistralnog plinovoda na kopnu.



**Slika 2.6** Primjer poprečnog presjeka ukopanog magistralnog plinovoda [33]

Ukoliko želimo sagledati elemente osiguravanja kvalitete kod magistralnih plinovoda, postoje temeljna pravila koja su propisana u zakonodavnom okviru i normama za promatrano područje.

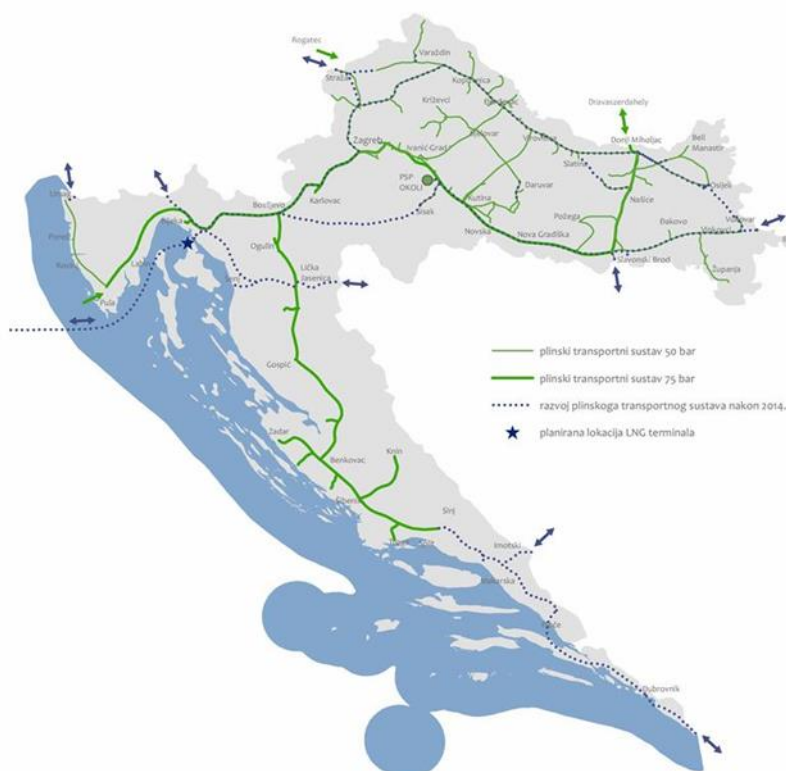
Pregled glavnih propisa i normi kod projektiranja magistralnih plinovoda:

- Pravilnik o tehničkim uvjetima i normama za siguran transport tekućih i plinovitih ugljikovodika magistralnim naftovodima i plinovodima te naftovodima i plinovodima za međunarodni transport (SL 26/1985);
- HRN EN 14 161: Industrija nafte i prirodnog plina – Sustav transporta cjevovodima;
- ANSI/ASME B31.8: *Gas transmission and distribution piping system*;
- *Offshore Standard Detnorske Veritas DnV-OS-F101: Submarine Pipeline Systems*;
- Tehnički propis za čelične konstrukcije (NN br. 112/08, 125/10).

## 2.8. Transportni sustav Republike Hrvatske te domaći regionalni razvojni projekti

Transportni sustav Republike Hrvatske sastoji se od međunarodnih, magistralnih, regionalnih, odvojnih i spojnih plinovoda i objekata na plinovodu, radnog tlaka 75 bara i 50 bara te mjerno-redukcijskih stanica različitih kapaciteta. Postojećim ustrojem i teritorijalnim rasprostranjem (na

gotovo 95 % teritorija) transportnog sustava usuglašeni su tehničko – tehnološki aspekti s potrebama korisnika transportnog sustava u cilju osiguravanja kvalitete te sigurnosti, pouzdanosti transporta i isporuke plina uz optimalizacije troškova održavanja i poslovanja. Ukupna duljina plinovoda u transportnom sustavu iznosi 2694 km.



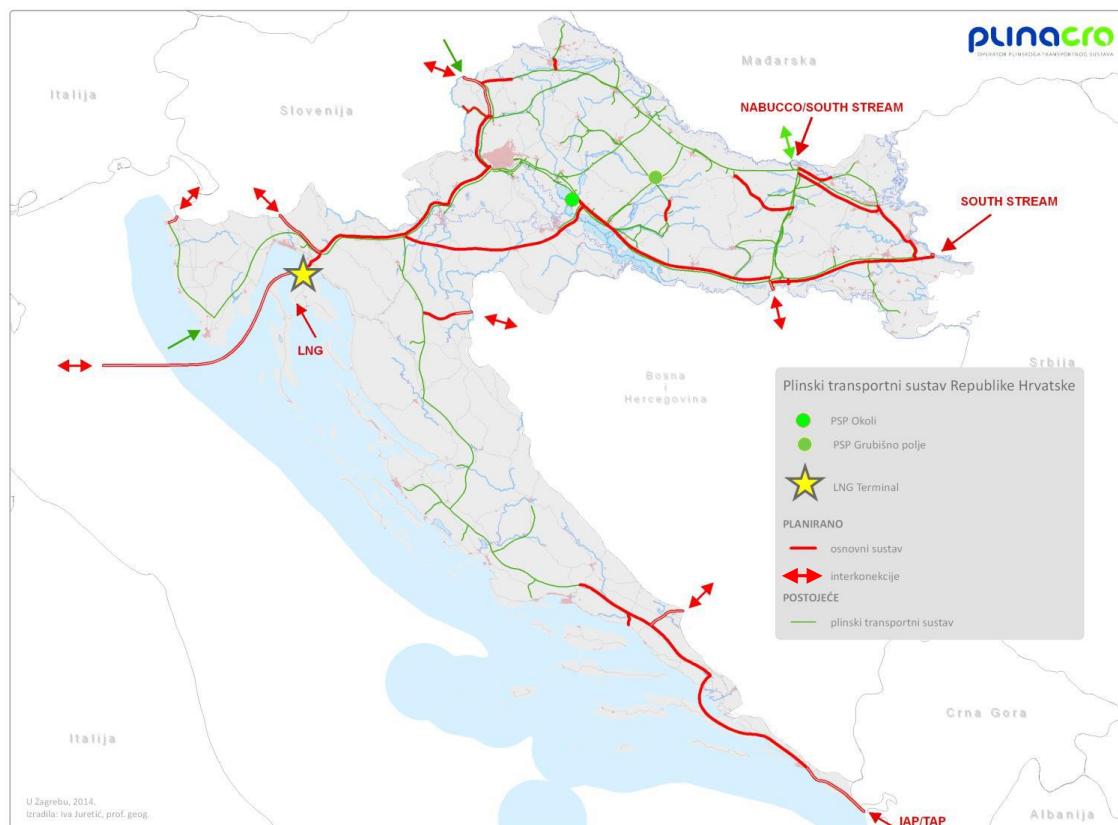
**Slika 2.7 Karta magistralnih plinovoda [32]**

Stanje i smjerovi kretanja primarnog tržišta plina EU dobrim su se dijelom preslikali i na tržište Republike Hrvatske, kod koje je uloga prirodnog plina u energetske bilanci još značajnija, ali koja još uvijek, dijelom i zbog stalnog pada potrošnje još od 2008. godine, značajni dio svojih potreba može pokriti domaćom proizvodnjom.

U uvjetima otvorenog tržišta potrebe za uvozom mogu biti i veće jer će proizvođač domaći prirodni plin usmjeravati prema njemu najpovoljnijim tržištima. Sve to upućuje na nužnost uključivanja Republike Hrvatske u europske tokove tržišta prirodnog plina, što joj njezin povoljan geostrateški položaj omogućava. Plinski transportni sustav Republike Hrvatske oblikovan je i građen s ciljem da se omogući uklapanje u sve nove strateške dobavne projekte, ali u žarište interesa izbili su LNG terminal na otoku Krku, kao najveći potencijal za razvoj cjelokupnog poslovanja s plinom i Jonsko – jadranski plinovod (IAP). Slijedom činjenice da je plinski transportni sustav Republike Hrvatske

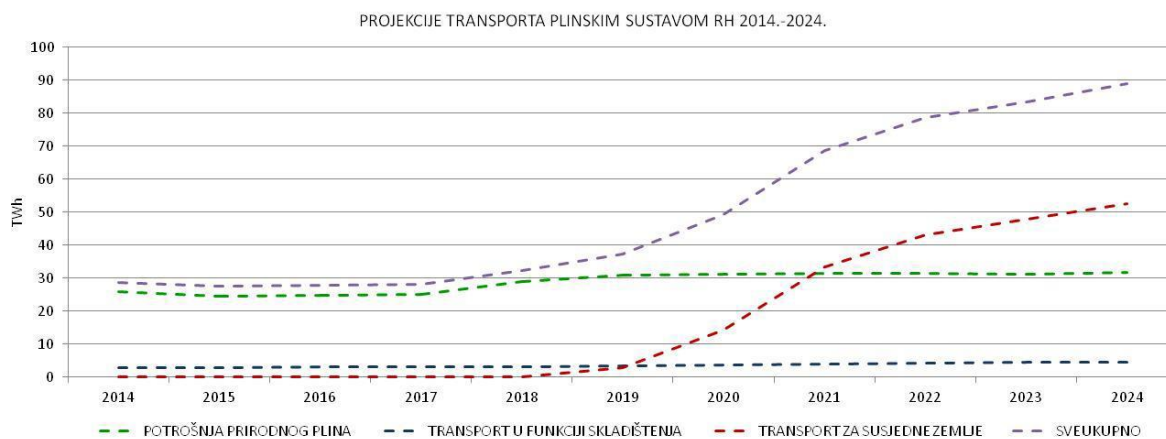
dosegnuo značajnu razinu razvijenosti, može se reći da će njegov daljnji razvoj biti najvećim dijelom određen opsegom i dinamikom provedbe regionalnih projekata.

Dobra usmjerenost razvoja plinskog transportnog sustava potvrđena je uvrštavanjem značajnog broja novih planiranih projekata na liste projekata od zajedničkog interesa EU (PCI) i Energetske zajednice (PECI).



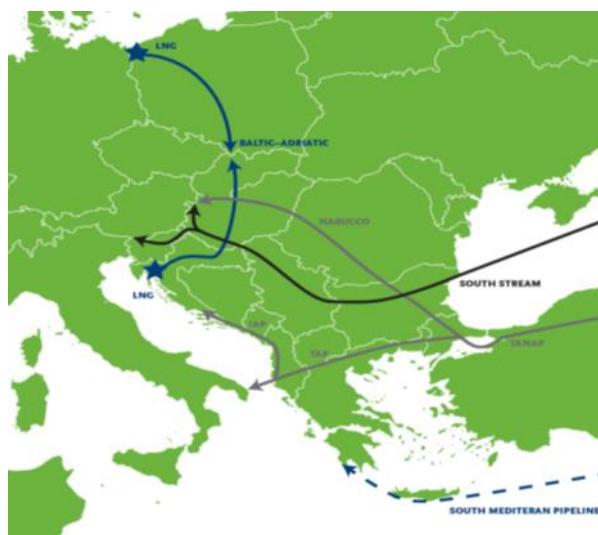
Slika 2.8 Karta razvoja magistralnih plinovoda do 2024. [32]

Povećana očekivanja potrebe za transportom prirodnog plina u vremenskom okviru do 2024. godine temelji se na: projekciji transporta za potrebe domaće potrošnje, projekciji transporta za potrebe skladištenja te projekciji transporta za potrebe susjednih zemalja, koje su prvenstveno vezane uz prirodni plin dobavljen s budućeg LNG terminala na otoku Krku i Jonsko – jadranskim plinovodom (IAP).



**Slika 2.9** Projekcija transporta plinskim sustavom RH 2014.-2024 [33]

Valja naglasiti da se očekuje da će se transportirane količine do kraja 2024. godine gotovo utros-tručiti (od početnih 27.57 TWh do 88.96 TWh). To bi moglo donijeti značajne gospodarske učinke, ali zahtijeva značajna ulaganja u gradnju novih dijelova plinskog transportnog sustava. Drugim riječima, za transport tako velikih količina prirodnog plina potrebni su novi veliki transportni ka-paciteti. Do potrebe za transportnim kapacitetima došlo se na temelju sveobuhvatnih razmatranja i simulacija mogućih opcija rada plinskog transportnog sustava. Jedini ispravan pristup jest opcij-ski pristup, bez obzira radi li se o opskrbi domaćeg tržišta (koja mora biti konkurentna i pouzdana) ili transportu za susjedne zemlje (koji zahtijeva maksimalnu tržišnu prilagodljivost), osobito kada je on najvećim dijelom vezan na velike dobavne projekte kao što su LNG i IAP.



**Slika 2.10** Novi dobavni pravci u razmatranju [33]

Međutim, nisu samo osnovne tržišne kategorije (potrošnja, dobava, transportne količine i kapaci-teti) one koje usmjeravaju razvoj plinskog transportnog sustava. Njega treba uskladiti s potrebama

i razvojem ostalih plinskih sustava u Republici Hrvatskoj; s proizvodnim sustavima, s distribucijskim sustavima i sa sustavom za skladištenje.

Slijedom činjenice da je plinski transportni sustav Republike Hrvatske već povezan sa slovenskim i mađarskim sustavom, a da se upravo predviđa i povezivanje s bosanskohercegovačkim i srbijanskim sustavom, kao i s budućim crnogorskim sustavom, nužna je potpuna usklađenost (tehnička i operativna) s operatorima tih transportnih sustava. Sa slovenskim i mađarskim operatorima ta je suradnja već regulirana odgovarajućim dokumentima, dok se za buduće interkonekcije intenzivno surađuje sa susjednim operatorima.

Plan razvoja mora biti usklađen i s planom razvoja plinskog transportnog sustava EU (TYNDP), koji predstavlja skup razvojnih infrastrukturnih planova (projekata) prikupljenih od europskih operatora transportnih sustava i promotora posebnih projekata, kojem je glavni cilj osiguranje stalnog praćenja europske plinske infrastrukture te ukazivanje na potencijalne nedostatke u budućoj investiciji. Njime se pokušava obuhvatiti šira dinamika europskog plinskog tržišta s osvrtom na mogućnosti dobave, integraciju tržišta i sigurnost dobave.

Osiguranje pouzdanosti opskrbe i dvosmjernog protoka na interkonekcijama bitne su sastavnice plana budućeg razvoja pa su tako i projekti koji ih osiguravaju, a to su kompresorske stanice i nova interkonekcija plinovoda na pravcu Lučko – Zabok – Rogatec, njegovi prioriteti. Njihovom izgradnjom razriješit će se problem mogućih fizičkih zagušenja.

Iako je plinski transportni sustav dosegao visoku razinu razvijenosti, kako u svojoj teritorijalnoj rasprostranjenosti (gotovo 95 %) i kapacitetima, tako i u povezanosti sa sustavima susjednih zemalja i tehnološkoj pouzdanosti te operativnoj sigurnosti, neupitan je njegov daljnji razvoj. Taj razvoj usmjeravaju prije svega potrebe domaćeg tržišta, konkurentnosti i pouzdanosti njegove opskrbe, dvosmjernog protoka te tehnološke pouzdanosti i tehničke sigurnosti. Međutim, samom Strategijom energetskog razvoja Republike Hrvatske naglašena je ključna uloga i odgovornost operatora plinskog transportnog sustava, ne samo u razvoju cjelokupnog sektora prirodnog plina i stvaranju preduvjeta pouzdane i tržišno konkurentne opskrbe svih domaćih potrošača, nego i u korištenju regionalne strateške pozicije u razvoju tranzitnih i ostalih potencijala.

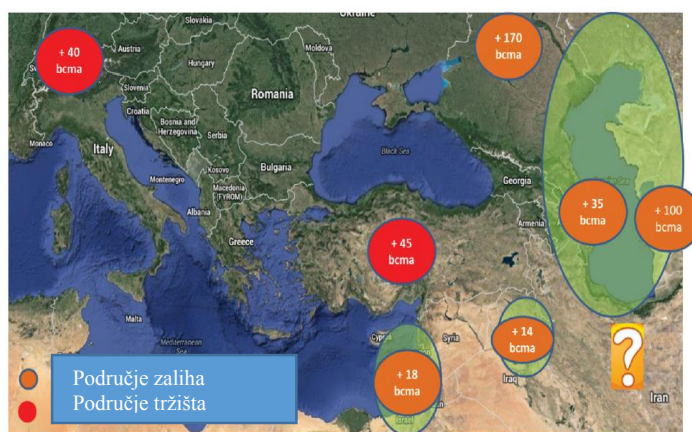
Stoga je, pored projekata koji su planirani za zadovoljavanje potreba domaćeg tržišta, planiran i niz projekata kojima je cilj uklapanje u nove dobavne pravce i projekte u okruženju. Njihovom



izgradnjom omogućit će se cjelokupnom plinskom sustavu Republike Hrvatske uključivanje u regionalne i europske tokove i tržišta prirodnog plina. Drugim riječima, u daljnjem razvoju plinskog transportnog sustava polazimo od vlastitih potreba, ali uvažavajući potrebe i zahtjeve svog šireg okruženja, a pogotovo EU, čija smo članica te nastojimo maksimalno iskoristiti i vrednovati geostratešku poziciju Republike Hrvatske.



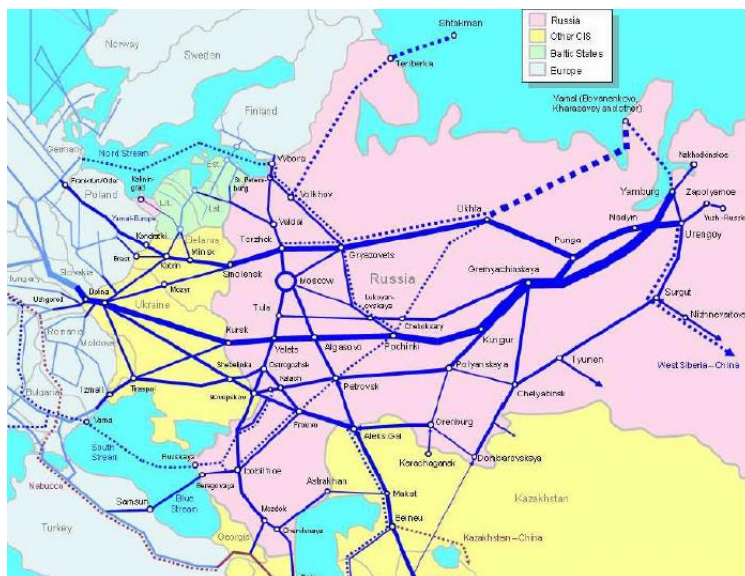
Slika 2.11 Područje zaliha, tržišta i najkraća ruta dobave [62]



Slika 2.12 Planirana proizvodna polja [62]

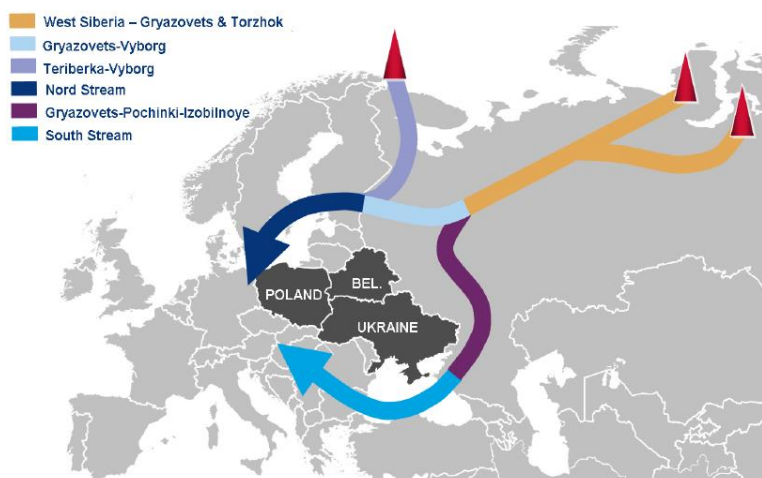
Proizvodnja prirodnog plina u Europi je u stalnom padu i tek najnovije usmjeravanje postojećim vlastitim potencijalima iz nekonvencionalnih izvora otvara neke mogućnosti smanjivanja ovisnosti o uvozu. Druga činjenica je da se najveće količine prirodnog plina za europsko tržište uvoze iz Ruske Federacije i da je europska ovisnost o tom plinu velika, a osobito je velika u zemljama našeg južno-europskog okruženja.

Velika ovisnost s jedne strane, koja je već pokazala svoje negativne učinke te činjenica da su kaspijski i srednje-istočni proizvodni potencijali prerasli ruske s druge strane, uz očekivani oporavak europskog tržišta prirodnog plina, usmjerila su Europu prema novim izvorima i projektima dobavnih pravaca. Značajan dio tih projekata se planira i priprema u našem okruženju pa i na samom teritoriju Republike Hrvatske.



Slika 2.13 Glavni plinovodi Ruske federacije za opskrbu EU [62]

U ovom trenutku razvidan je interes Ruske Federacije da rute glavnih plinovoda prema EU u budućnosti zaobiđu Ukrajinu i Bjelorusiju. Slobodno možemo zaključiti kako se na području izgradnje plinskog transportnog sustava isprepliće nekoliko velikih geostrateških interesa te da je Republika Hrvatska geostrateški pozicionirana unutar varijanti EU + SAD i varijanti Ruske Federacije.



Slika 2.14 Gazpromova strategija diversifikacije [62]

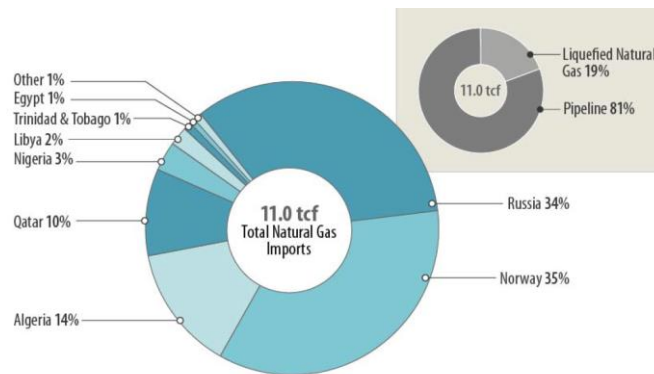
Novoizgrađeni plinski transportni sustav Republike Hrvatske sustavno se priprema za povezivanje s novim dobavnim projektima. Plinovodna poveznica, interkonekcija hrvatskog i mađarskog sustava Slobodnica-Donji Miholjac-Dravaszerdahely-Varosföld je, između ostalog, izgrađena i u svrhu povezivanja s planiranim plinovodima Nabucco i Južni tok, koji su u međuvremenu obustavljeni. Uključivanje u projekt TAP (engl. *Trans Adriatic Pipeline*) putem projekta IAP (engl. *Ionian Adriatic Pipeline*), a koji je prerastao u ključni projekt Energetske zajednice jugoistočne Europe, otvorio je mogućnosti dobave prirodnog plina za Republiku Hrvatsku i zemlje u okruženju, iz kaspijskih i srednjoistočnih izvora i povećanje učinkovitosti našeg plinskog sustava.

Međutim, LNG terminal, koji se planira graditi u Omišlju na otoku Krku, je naš najveći regionalni i transregionalni potencijal. On svojom strateškom pozicijom, zbog izrazitog prodora Jadranskog mora u europsko kopno, otvara velike dobavne mogućnosti za zemlje šireg okruženja.

Idejom uspostave plinovodne poveznice Baltik – Jadran, koja bi svoja uporišta imala u LNG terminalima u Poljskoj i Hrvatskoj, ovaj projekt bi od regionalnog prerastao u transregionalni i otvorio još šire razvojne mogućnosti. Zahvat tog projekta prerasta skupinu zemalja V4+ (Poljska, Slovačka, Češka, Mađarska i Hrvatska) koje su ga pokrenule, jer su interes za njega pokazale i druge zemlje u širem okruženju (Ukrajina, Rumunjska, Slovenija).

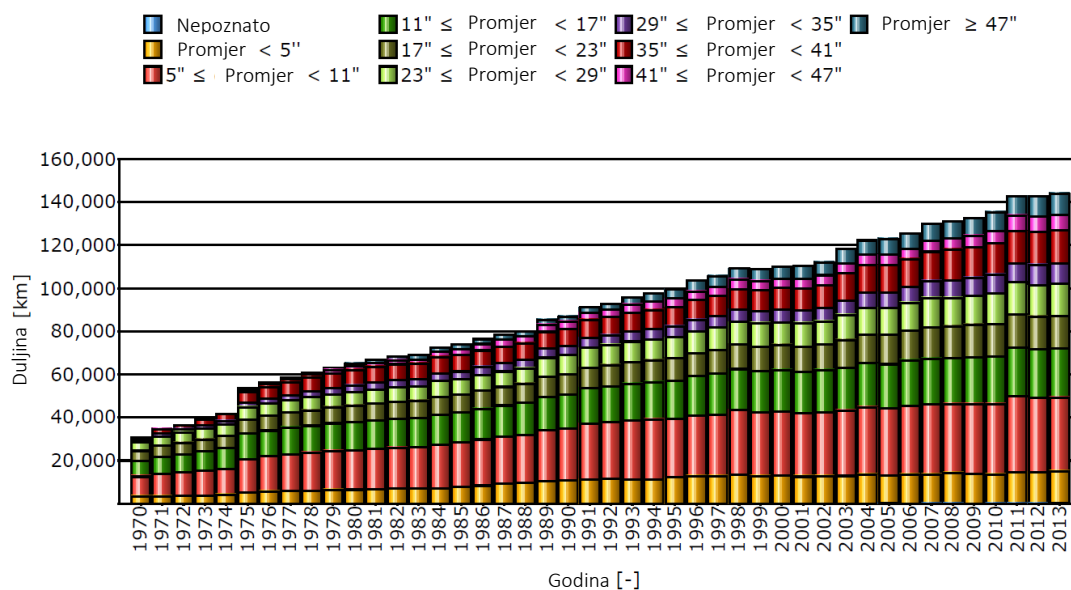
Postojeći plinski sustav Republike Hrvatske spreman je za uklapanje u sve navedene dobavne projekte. Međutim, potrebno je naglasiti da će njegov daljnji razvoj biti u potpunosti određen opsegom i dinamikom provedbe upravo tih projekata.

Činjenica je da EU, u ovom trenutku, namiruje samo trećinu potreba vlastitom proizvodnjom, a čak dvije trećine uvozi, najvećim dijelom iz Ruske Federacije i Norveške (slika 2.15.). Ta će ovisnost o uvozu rasti, prije svega zbog pada vlastite proizvodnje. S obzirom na želju smanjenja ovisnosti o ruskom plinu, potrebno je usmjeravanje prema novim izvorima i dobavnim pravcima. To je, prije svega, otvaranje Južnog koridora za dobavu kaspijskog i srednjoistočnog plina, ali naravno i LNG, kojem se uz niz prednosti može zamjeriti samo trenutačna cijena.



**Slika 2.15 Uvoz plina Europske unije [63]**

Proizvodnja prirodnog plina u EU je u stalnom padu i tek najnovija usmjeravanja postojećim potencijalima iz nekonvencionalnih izvora otvaraju neke mogućnosti smanjenja ovisnosti o uvozu. Također, želi se smanjiti izuzetno velika ovisnost o uvozu iz Ruske Federacije, koja je već pokazala, a osobito u zadnje vrijeme pokazuje sve svoje loše strane i političke i gospodarske. Zato je EU usmjerena novim izvorima dobave i novim dobavnim projektima. Tu se posebno mora naglasiti Južni koridor, čijom se uspostavom želi omogućiti pristup kaspijskim i srednjoistočnim izvorima prirodnog plina, a koji predstavljaju najveće svjetske proizvodne potencijale. Značajan korak je već učinjen donošenjem odluka o izgradnji plinovodnog megasustava TAP+TANAP+SCP, za transport prirodnog plina s azerbajdžanskog plinskog polja Shah Deniz. Obzirom da ti kapaciteti nisu dovoljni, EU se usmjerava i ostalim izvorima, prije svega kaspijskim, srednjoistočnim, srednjoazijskim i mediteranskim. Naravno, uloga LNG-a s postojećim, ali i s novim terminalima, kapacitetima i dalje će biti izuzetno značajna jer omogućava nesmetan pristup najvećem broju izvora prirodnog plina.



Slika 2.16 Izgrađenost europskog plinskog transportnog sustava po godinama i promjeru cijevi [64]

Tablica 2.3 Transportni sustav Republike Hrvatske [33]

<b>Transportni sustav Republike Hrvatske</b>	
Broj operatora transportnog sustava:	1
Ukupna duljina cjevovoda plinskog transportnog sustava:	2694 km
Interkonekcije / operator transportnog sustava:	Rogatec / Plinovodi d.o.o. (SLO) Drávaszerdahely / FGSZ Ltd. (HU)
Podzemno skladište plina / operator sustava skladišta plina:	Okoli / Podzemno skladište plina d.o.o.
Ulazi iz domaće proizvodnje / proizvođač plina:	UMS CPS Molve / INA - d.d. UMS Etan, Ivanić Grad / INA - d.d. UMS PS Ferdinandovac / INA - d.d. UMS PS Gola / INA - d.d. UMS PS Hampovica / INA - d.d. UMS Terminal Pula / INAGIP d.o.o.
Broj priključaka za krajnje kupce priključene na transportni sustav:	40
Broj priključaka za distribucijske sustave Broj operatora distribucijskih sustava:	Broj priključaka: 156 Broj operatora DS: 36
MRS	148
Krajnji kupac na TS	23
Opskrbljivači na TS	48
Opskrbljivači na izlazima za DS	44
Opskrbljivači za krajnje kupce na TS	7
Bilančne skupine - aktivne	14

Razumljivo je da su u prvom planu projekti koji se planiraju za zadovoljavanje domaćeg tržišta prirodnog plina. Međutim, s obzirom na smještajnu povoljnost Republike Hrvatske u odnosu na postojeće i nove dobavne pravce i projekte, planira se uklapanje u njih te povezivanje s plinskim transportnim sustavima susjednih zemalja i transport plina za njihove potrebe. Drugim riječima, u daljnjem razvoju plinskog transportnog sustava polazimo od vlastitih potreba, ali uvažavajući potrebe i zahtjeve svog šireg okruženja, a pogotovo EU čija smo članica te nastojimo maksimalno iskoristiti i vrednovati geostratešku poziciju Republike Hrvatske. Mora se naglasiti da za gotovo svaki od novih dijelova plinskog transportnog sustava postoji niz razloga za njihovu izgradnju, ali se kao temeljni razlozi mogu navesti sljedeći:

- **PLINOFIKACIJA** je ključni razlog razvoja i izgradnje plinskog transportnog sustava kojem je cilj dostizanje pune pokrivenosti teritorija Republike Hrvatske transportnim kapacitetima, sukladno potrebama tržišta.
- **POUZDANOST OPSKRBE** je također ključni razlog razvoja i izgradnje plinskog transportnog sustava, jer je pouzdana opskrba energijom preduvjet ne samo razvoja, nego opstojnosti stanovništva i gospodarstva. Stoga je nužno da plinski transportni sustav svojim kapacitetima i povezanošću s više izvora i pravaca dobave prirodnog plina, bilo domaćih, bilo inozemnih, omogući nesmetanu opskrbu i u izvanrednim uvjetima, odnosno uvjetima prekida dobave iz nekog od tih izvora i pravaca. Valja napomenuti da pored pouzdanosti opskrbe na razini cjelokupnog sustava Republike Hrvatske treba biti zadovoljena i regionalna pouzdanost opskrbe, koja bi mogla biti uzrokovana nedostatnim transportnim kapacitetima, ali i mogućim prekidima transporta uzrokovanim starošću i tehničkim nedostacima regionalnih dijelova plinskog transportnog sustava.
- **KONKURENTNOST OPSKRBE** je tržišna kategorija, ali također izuzetno bitna, jer njeno nepostojanje također ugrožava i stanovništvo i gospodarstvo. Drugim riječima, plinski transportni sustav, također svojim kapacitetima i povezanošću s više izvora i pravaca dobave prirodnog plina, mora omogućiti opskrbu po tržišno konkurentnim cijenama.
- **TRANSPORT PLINA ZA SUSJEDNE ZEMLJE** je taj koji će bitno odrediti opseg i dinamiku razvoja našeg plinskog transportnog sustava, jer bi se potrebe isključivo domaćeg tržišta prirodnog plina mogle zadovoljiti znatno manjim ulaganjima, nego što to zahtijevaju potrebe transporta za susjedne zemlje, a izraziti je primjer za to ulaganje u plinovode za otpremu LNG s budućeg terminala u Omišlju. Međutim, time se mogu, s jedne strane, ostvariti

značajni prihodi, a s druge strane, tako izgrađen sustav osigurava i pouzdanost i konkurentnost opskrbe našeg tržišta.

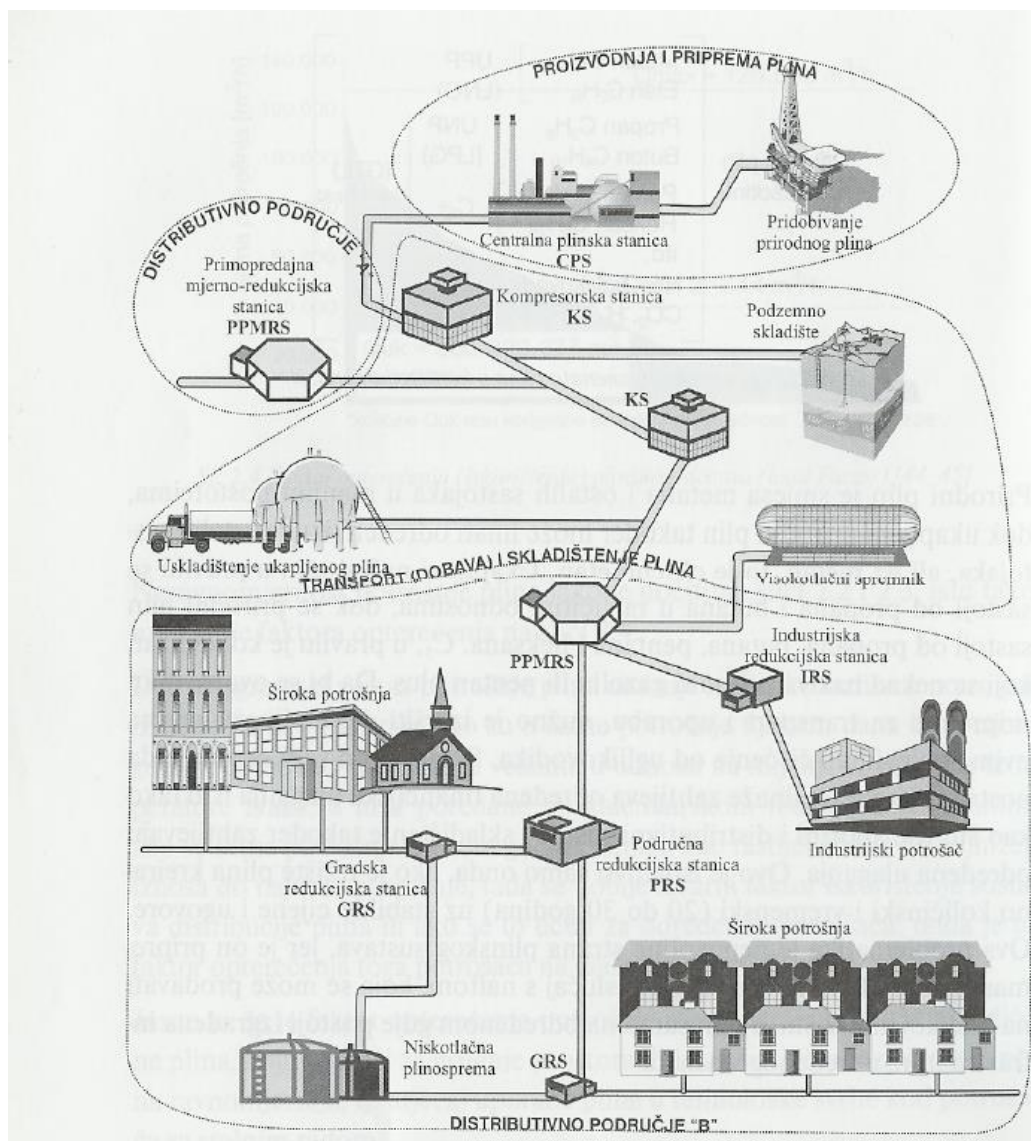
- INTERKONEKCIJE su poveznice našeg s nekim od plinskih transportnih sustava susjednih zemalja i cilj im je da tim povezivanjima omoguće uklapanje našeg plinskog transportnog sustava u europske tokove prirodnog plina, a time i našeg tržišta u europsko tržište prirodnog plina. U izravnoj su vezi s prethodno navedenim razlozima: pouzdanošću opskrbe, konkurentnošću opskrbe i transportom plina za susjedne zemlje. Nužno je naglasiti da svaka interkonekcija uključuje obvezu dvosmjernog protoka pa se on stoga mora osigurati i na postojećim interkonekcijama.
- TEHNIČKA OPRAVDANOST sadrži široko područje razloga ulaganja u plinski transportni sustav. Dijelom se to odnosi na potrebe rekonstrukcije, dogradnje ili čak zamjene i izgradnje novih dijelova plinskog transportnog sustava koji svojim tehničkim značajkama više ne zadovoljavaju potrebe i kod kojih je čak ugrožena sigurnost rada, a dijelom čak i na napuštanje objekata koji su van funkcije. Pored toga tu spadaju i ulaganja u mjerni sustav, sustav za nadzor i upravljanje, sustav tehničke zaštite, kao i u pogonske objekte koji predstavljaju tehničke preduvjete za vođenje i upravljanje cjelokupnog plinskog transportnog sustava.

Transportni sustav Republike Hrvatske čine:

- a) plinovodi različitog nazivnog promjera i radnog tlaka;
- b) ulazne mjerne stanice;
- c) izlazne mjerno-redukcijske stanice;
- d) plinski čvorovi;
- e) priključci;
- f) sustav za daljinski nadzor, upravljanje plinskom mrežom i prikupljanje podataka;
- g) dispečerski centar;
- h) tehnički sustavi nužni za siguran i pouzdan rad transportnog sustava;
- i) ostali tehnički objekti, oprema i uređaji.

- Na ulaze u transportni sustav Republike Hrvatske priključeni su:
  - a) mreža proizvodnih plinovoda;
  - b) transportni sustav susjedne zemlje;
  - c) sustav skladišta plina.
- Na izlaze iz transportnog sustava Republike Hrvatske priključeni su:

- a) građevina krajnjeg kupca;
- b) distribucijski sustav;
- c) sustav skladišta plina;
- d) transportni sustav susjedne zemlje.

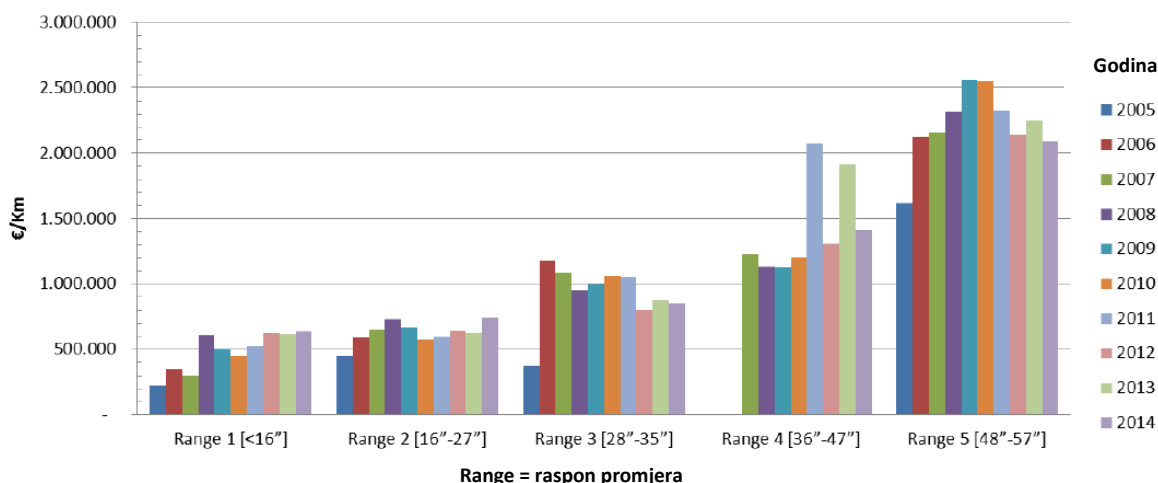


Slika 2.17 Tok plina od proizvodnje do potrošača [35]



### 3. PROJEKTIRANJE I TRASIRANJE PLINOVODA

Projektni menadžment predstavlja temeljni dio osiguravanja kvalitete plinskog transportnog sustava te uključuje razvoj projektnog plana, definiranje ciljeva projekta, definiranje standarda kvalitete, određivanje aktivnosti, resursa, vremena i budžeta potrebnih za postizanje ciljeva i dovršetak projekta. Primjeri projekta plinskog transportnog sustava su gradnja novog plinovoda te održavanja i remontirani postojećih. Projekti mogu biti jednostavni ili izrazito kompleksni. Jednostavniji projekti ne zahtijevaju puno vremena za pripremu, dok je za kompleksne projekte potrebno puno planiranja te je vrlo važno okupiti kvalitetan tim koji će svojim znanjima, iskustvom i vještinama doprinijeti što uspješnijem izvršenju projekta. Tokom inicijalne faze projekta potrebno je razmotriti osnovne specifičnosti i definirati smjernice razvoja. Ekonomska komponenta predstavlja važan faktor projekta te daje financijski okvir cjelokupne investicije. Slika 3.1 prikazuje analizu 293 investicije u ukupnoj dužini od 12 801 km i vrijednosti 14.066 milijardi €. Analiza obuhvaća plinovode na kopnu od 2005. do 2014. godine.



Slika 3.1 Cijena investicije u plinovode ovisno o promjeru i godini izgradnje [64]

#### 3.1. Faze projektiranja

Projektni menadžment je primjena znanja, vještina, alata i tehnika kako bi projektne aktivnosti zadovoljile uvjete projekta. Jedna od osnovnih pretpostavki za kvalitetnu realizaciju projekta predstavlja poznavanje regulative i tehničkih rješenja osiguravanja kvalitete. Projektni menadžment ostvaruje se kroz pet „Procesnih grupa“:

- 1) Inicijacija – Izrađuje planove razvoja magistralnih plinovoda. Inicijacijska procesna grupa obuhvaća one procese koji se izvode za definiranje novog projekta ili nove faze postojećeg projekta.
- 2) Planiranje – Izrada radnih planova i planova nabave roba i usluga. Procesna grupa za planiranje obuhvaća one procese potrebne za realizaciju cjelokupnog obujma projekta, specificiranje važnih ciljeva te definiranje aktivnosti potrebnih za ostvarenje.
- 3) Izvođenje – Realizacija planova. Izvršna procesna grupa obuhvaća procese koji se izvode za završetak posla definiranog u planu projektnog menadžmenta kako bi se zadovoljile specifikacije projekta.
- 4) Praćenje i kontrola – Nadzor nad procesom, dinamikom i kvalitetom. Procesna grupa za praćenje i kontrolu uključuje procese potrebne za praćenje, pregled i regulaciju procesa i performansi projekta. Identificira područja u kojima su potrebne promjene u planu te uvođenje potrebnih promjena.
- 5) Zatvaranje – Pregled plinovoda i dokumentacije te puštanje u upotrebu. Završna procesna grupa obuhvaća procese koji se izvode za završetak svih aktivnosti u svim procesnim grupama.

Upravljanje projektom također uključuje:

- Identificiranje zahtjeva;
- Podnošenje određenih potreba, briga i očekivanja ulagača kod planiranja i izvršavanja projekta;
- Balansiranje projektnih ograničenja koja uključuju: kvalitetu, rizik, vrijeme, budžet i resurse.

Specifične karakteristike i okolnosti projekta mogu utjecati na ograničenja na koja se tim projektnog menadžmenta mora fokusirati. Promjena jednog faktora utjecati će na barem jedan od ostalih faktora. Na primjer, ako je vrijeme skraćeno, budžet mora biti povećan da se dodaju određeni resursi da se isti rad obavi u kraćem vremenu. Mijenjanje projektnih zahtjeva može stvoriti dodatne rizike. Projektni tim mora moći procijeniti situaciju, balansirati zahtjeve i održati komunikaciju sa svim stranama kako bi dostavili uspješan projekt.

Svakoj organizaciji potrebno je vodstvo, kako bi se svi njihovi projekti uspješno izveli. Od organizacije se očekuje da imenuje učinkovite projektne menadžere koji će realizirati različite zadatke i, naravno, voditi tim koji će efikasno završiti projekt, uzimajući u obzir sve faktore koji mogu utjecati na ostvarenje projekta i osiguravanje traženog nivoa kvalitete. Projektni menadžer ima odgovornost zadovoljiti nekoliko potreba: potrebe zadataka, potrebe tima i individualne potrebe. Kako je za uspješan projektni menadžment kritična strateška disciplina, projektni menadžer postaje veza između strategije i tima. Projekti su ključni za razvoj i opstanak organizacije.

### **3.2. Životni ciklus plinovoda**

Životni ciklus plinovoda je skup faza kroz koje projekt prolazi od trenutka kada je on započeo do završetka njegove upotrebe, odnosno dekomisije infrastrukture. Faze su uglavnom posložene po redoslijedu, a njihova imena i brojeve određuje menadžment ili organizacije uključene u projekt, odnosno zahtjevi projekta kao takvog i njegovo područje primjene. Faze su uglavnom ograničene vremenom, unutar početne i završne točke ili kontrolne točke. Kako svaki projekt ima definiran početak i kraj, tako će specifične aktivnosti koje se događaju između varirati tijekom projekta. Životni ciklus projekta plinskog transportnog sustava pruža osnovni okvir za upravljanje projektom i kontinuirano osiguravanje kvalitete.

### **3.3. Utjecaj klimatoloških faktora na izvedbu i trasiranje plinovoda**

Klimatološki uvjeti predstavljaju značajan faktor prilikom izgradnje te u značajnoj mjeri određuje planiranje radova. Najpovoljnije razdoblje za izvođenje radova na našim prostorima je jesen, zbog završetka poljoprivrednih aktivnosti. Osim klimatoloških uvjeta tokom izvođenja radova važno je pratiti padaline neposredno prije izvođenja radova. Velika količina padalina u prethodnom razdoblju može uzrokovati nakupljanje velike količine vode u iskopane kanale. Takva situacija značajno komplicira radove.

Klimatski elementi su:

1. Sunčeva radijacija;
2. Temperatura;
3. Tlak zraka;
4. Vlaga zraka i evaporacija;
5. Naoblaka i trajanje sisanja Sunca (insolacija);
6. Smjer i brzina vjetra;

7. Padaline;
8. Snježni pokrivač.

Izgradnja plinovoda u polarnim uvjetima pred inženjere stavlja specifične zahtjeve. Jedan od značajnih zahtijeva je rješenje problematike hlađenja permafrosta. Obzirom da je zbog zaleđenosti tla i iznimno visoke površinske erozije čitava nosiva konstrukcija izgrađena od stupova. Toplina plina, zajedno s toplinom nastalom trenjem i turbulencijom, može se lako prenesti na noge nosive konstrukcije i rastopiti okolni permafrost te izazvati destabilizaciju i pucanje. U svrhu sprječavanja otapanja permafrosta, na svaku nogu je postavljen termosifon punjen amonijakom. Tijekom zime okolni zrak je hladniji od tla, a tekući amonijak na dnu termosifona isparava i hladi nosivu konstrukciju i okolni permafrost. Pare amonijaka se ponovno kondenziraju uslijed hlađenja okolnim zrakom u gornjem dijelu termosifona, a kondenzirani amonijak spušta se na dno termosifona. Tijekom ljeta termosifon prestaje djelovati obzirom da je zbog više temperature sav amonijak u plinovitom stanju.



Slika 3.2 Plinovod u polarnom području Aljaske [44]

### 3.4. Geološki i hidrološki faktori trasiranja

Mehanika tla je, zajedno s mehanikom stijena i inženjerskom geologijom, dio tehničke geotehnike koja se bavi projektiranjem i izvođenjem objekata u tlu i stijeni. Za potrebe geotehnike, u mehanici tla se proučavaju teoretski modeli naprezanja, deformacija, tečenja i sl., pomoću kojih se predviđaju ponašanja geotehničkih objekata i procjenjuje koliko ta ponašanja zadovoljavaju postavljene kriterije.

Geotehnika je dio, uglavnom, građevinske tehnike koji obuhvaća postupke planiranja konstrukcija i radova, spojeve, način korištenja materijala te postupke i vještine za izvođenje građevinskih radova u tlu i stijeni. Sami postupci i vještine za planiranje i izvođenje tih radova nazivaju se geotehničkim inženjerstvom. Stoga možemo reći da je geotehnika građevinska aktivnost kojom se projektiraju i grade građevinski objekti u tlu i stijeni.

Temeljne discipline geotehničkog inženjerstva su mehanika tla i mehanika stijena. Znanja koja nudi mehanika tla esencijalna su u rješavanju svakodnevnih geotehničkih problema u građevinskoj praksi. Građevinski poduhvati obuhvaćaju različite i često složene postupke koji trebaju osigurati ispunjenje postavljenih ciljeva i zahtjeva. Zahtjevi s građevinskog stanovišta prvenstveno su stabilnost, uporabivost i trajnost konstrukcije, njena otpornost na moguće vanjske utjecaje te izbjegavanje njenog nepovoljnog utjecaja na okoliš.

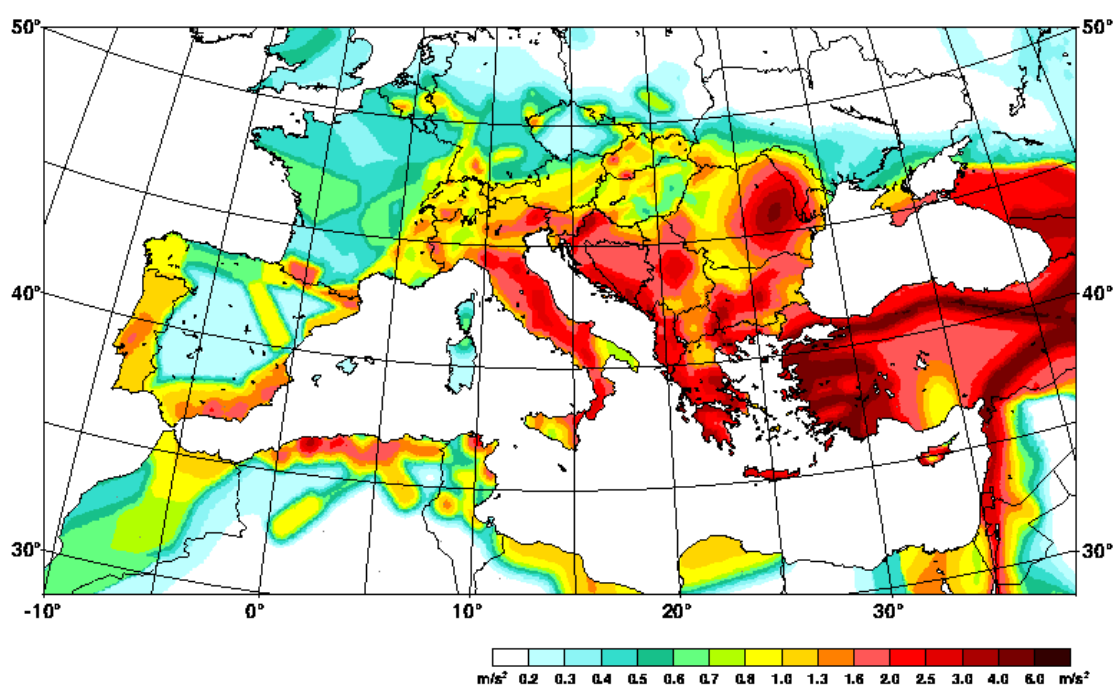
Projektiranje geotehničkih zahvata sastoji se od:

- utvrđivanja parametara tla relevantnih za određeni zahvat;
- usvajanje opterećenja i proračunskog modela zahvata;
- primjena popisa (odredbe i pravila struke - danas se primjenjuje Eurocode 7 - geotehničko projektiranje).

Točnost geotehničkih proračuna je mnogo veća od podataka o parametrima tla. Parametrizacijom tla bavi se mehanika tla.

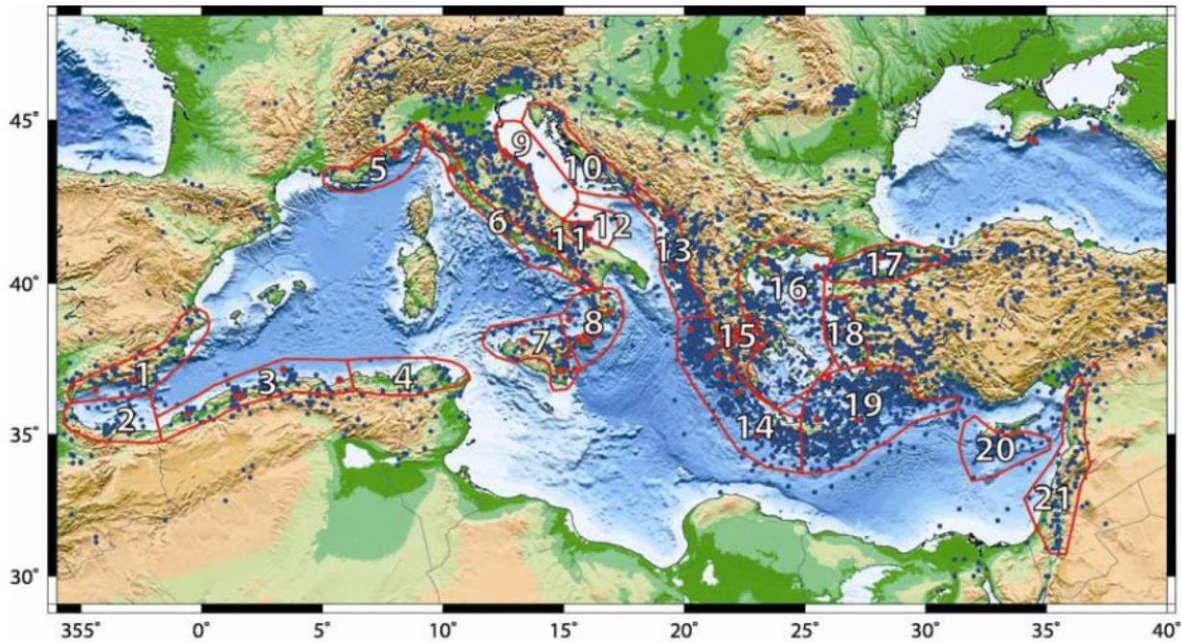
Geotehnička istraživanja su istraživanja geoloških značajki koja se provode u građevinske svrhe. Ona uključuju interpretaciju prirodnih (inženjersko-geoloških) uvjeta, trodimenzionalne slike podzemlja i identifikaciju područja s posebno zahtjevnim geotehničkim uvjetima ili potencijalne geohazarde.

Transport plina u Europu većinom se odvija visokotlačnim cjevovodima iz centralne Azije i Norveške. Očekuje se daljnji razvoj cjevovodne transportne mreže iz smjerova Istočnog Mediterana, Bliskog istoka, Baltičkog mora i Sjeverne Afrike te povezivanje putem mreže odobalnih plinovoda u Mediteranu. Obzirom da je područje Mediterana seizmički aktivno i postoji umjerena do jaka opasnost od potresa, treba imati na umu da takav oblik opasnosti može izazvati različite vrste nezgoda te prouzročiti velike ekonomske gubitke. Tijekom projektiranja plinovoda takve opasnosti treba identificirati, kvantificirati i realno procijeniti potrebu za povećanjem integriteta odobalnog plinovoda. Potencijalni potres također može uzrokovati pomicanje, slijeganje i klizanje tla ispod površine mora, a u nekim slučajevima i pojavu tsunamija.



Slika 3.3 Karta seizmičkih aktivnosti u Mediteranu prema maksimumu akceleracije tla [65]

Obzirom da je prikupljeno iskustvo prilikom dizajniranja odobalnih plinovoda većinom iz područja slabe seizmičke aktivnosti poput Meksičkog zaljeva i Sjevernog mora, treba naglasiti da dizajn odobalnih plinovoda unutar područja jače seizmičke aktivnosti predstavlja puno veći izazov, odnosno primjenu različitih matematičkih modela i simulacija. Budući projekti i prikupljanje iskustva iz tog područja zasigurno će dovest do novih saznanja i boljih tehničkih rješenja.



Slika 3.4 Mapa zabilježenih potresa i tsunamija u Mediteranu. Plave točke – potresi, crvene tsunami, crvene linije – područja pod utjecajem tsunamija [65]

Generalno gledajući, postoji velika sličnost između opasnosti od potresa na kopnu i u odobalnom području. Trenutačna regulativa i norme ne pokrivaju dizajn u seizmički aktivnom području odobalnih plinovoda. Norma EN 1998 kazuje da je dizajn odobalnih plinovoda izvan područja obuhvaćanja norme EN 1998, a norma ISO 19 901-2 napominje potrebu izrade zasebne studije za dizajn u seizmički aktivnom području odobalnih plinovoda.

Djelovanja na podmorski cjevovod mogu se razvrstati u tri skupine:

- stalna - od djelovanja gravitacije na okolnu vodu, masu cijevi i masu sadržaja u njoj;
- promjenjiva - od djelovanja struja i valova na cijev, kao i od tečenja sadržaja cijevi kroz cijev;
- potresna - od djelovanja potresnog ubrzanja na masu cijevi i masu sadržaja u njoj.

### 3.5. Faktor potresnih djelovanja na trasiranje podmorskih plinovoda

Na podmorski cjevovod djeluju direktni i indirektni rizici:

- pomaci uslijed potresne sile cjevovoda uzrokovane potresnim gibanjem prenesenim s tla na njegove oslonce;
- diferencijalni pomaci oslonaca cjevovoda u sljedećim okolnostima:
  - za oslonce koji su direktno na tlu, značajni diferencijalni pomaci su mogući samo ako se dogodi slom tla i/ili stalna deformacija;

- za oslonce koji su smješteni na različitim konstrukcijama, diferencijalne pomake cjevovoda mogu proizvesti seizmički odzivi samih konstrukcija.

Potresna sila – horizontalna komponenta izračunava se kao

$$F_b = W \cdot S_d(T) = a_g \cdot S \cdot f(T) \quad (3.1)$$

gdje je:

$F_b$  - horizontalna potresna sila (statička), [N]

$W$  - ukupna masa konstrukcije koja titra (vlastita masa + pridružena masa plina), [kg]

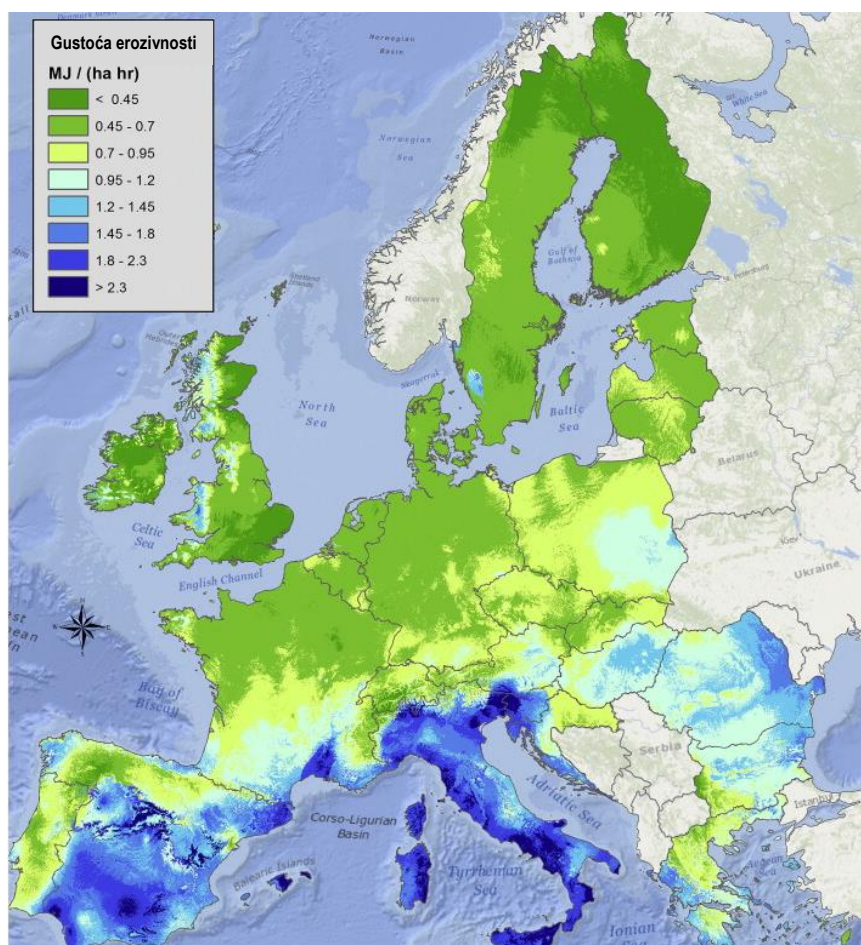
$S_d(T)$  - spektralno ubrzanje proračunskog spektra koje odgovara osnovnom periodu oscilacija konstrukcije, [m/s<sup>2</sup>]

$a_g$  - proračunsko ubrzanje tla za relevantnu potresnu zonu i za referentni povratni period, [m/s<sup>2</sup>]

$T$  - period titranja sustava s jednim stupnjem slobode razmatrane konstrukcije, [s]

$S$  - koeficijent tipa tla (za tip tla A:  $S = 1$ , za tip tla B:  $S = 1$  i za tip tla C:  $S = 0,9$ )

$f(T)$  - funkcija elastičnog odziva za razna područja TB, TC i TD perioda titranja konstrukcije.



Slika 3.5 R faktor predstavlja maksimalnu vrijednost kinetičke energije padalina izlučenu za 30 minuta [65]



$R$  - erozivnost kiše u USLE (*Universal Soil Loss Equation*):

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (3.2)$$

$A$  = prosječna količina erozijskog nanosa tla u t/ha/ godišnje;

$R$  = erozivnost kiše - pokazatelj intenziteta kiše izračunat na temelju kinetičke energije kiše koja uzrokuje površinsko otjecanje ( $J/m^2/mm/h$ );

$K$  = erodibilnost tla.

Značajke tla;

$L$  = dužina padine (m);

$S$  = nagib padine (%);

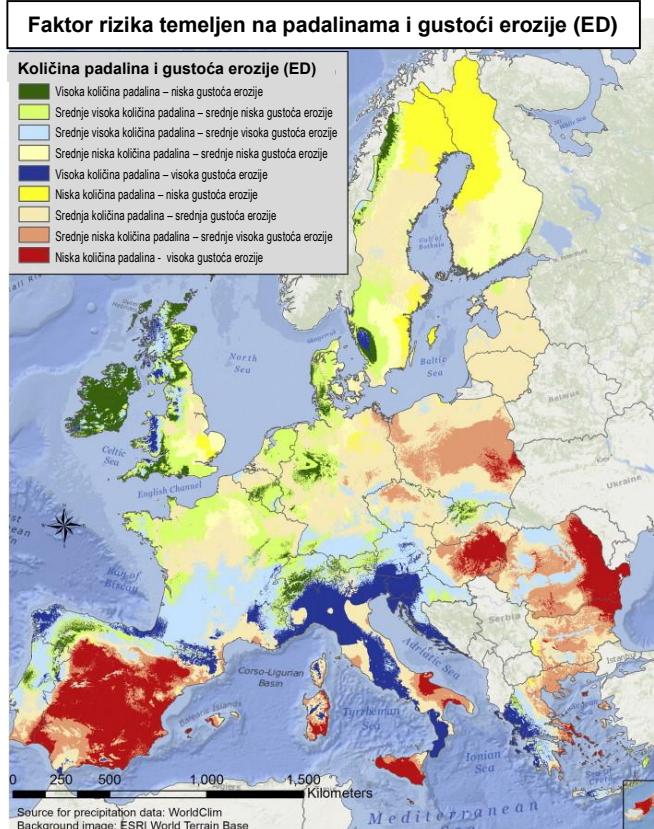
$C$  = biljni pokrov i gospodarenje tlom;

$P$  = mjere i zaštite tla od erozije (konturna obrada, sjetva u pojaseve, terasiranje i dr.).



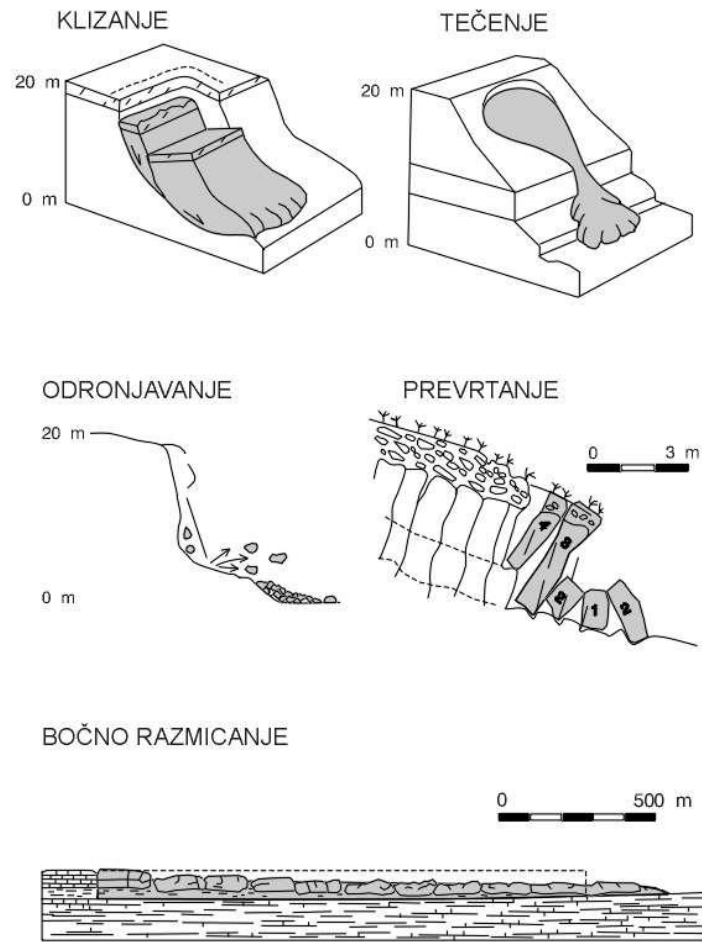
Slika 3.6 Polaganje plinovoda Benkovac – Dugopolje na dno rijeke Krke kod Skradina [33]

Prisustvo vode i bilo koje povećanje pornog tlaka značajno reducira čvrstoću stijene. Voda prekida veze među mineralima i omogućava slom glinenog cementa u nekim sedimentnim stijenama. Voda značajno reducira čvrstoću slabih, poroznih sedimentnih stijena, ali ima minimalni utjecaj na jake stijene s malim porozitetom. Podzemna voda je najvažniji pojedinačni uzrok pokretanja klizišta. Rast razine podzemne vode i tlaka vode doprinose većini slomova kosina; većina klizišta se događa za vrijeme olujnih oborina. Efektivna naprezanja se umanjuju prilikom bilo kojeg povećanja pornog tlaka, a kao posljedica toga dolazi i do smanjivanja u otpornosti na smicanje. Tlak vode u pukotinama u stijenama i porni tlak vode u tlima jednako su važni. Drenaža je stoga od presudne važnosti prilikom stabilizacije kosina. Ulaženje vode u masu klizišta ima dugoročni učinak na unutarnju trošnost. Opterećenje vodom u masi klizišta može povećati sile koje pokreću klizište. Voda ne djeluje kao mazivo; jedini materijal koji ima svojstva slična mazivu u klizištu je glina omekšana uslijed povećanja vlažnosti.



**Slika 3.7 Faktor rizika erozije ovisno o padalinama i gustoći erozije [65]**

Klizanje je kretanje mase stijena ili tla niz padinu. Ono uključuje sve pokrete na padinama, neovisno o mehanizmu pokreta. Klizanje je ili prirodan proces oblikovanja reljefa ili se javlja kao posljedica ljudskih aktivnosti koje narušavaju stabilnost padina u brežuljkasto-brdovitim područjima. To su vrlo raznovrsne pojave po obliku, veličini pokrenute mase, načinu, brzini kretanja i drugim svojstvima.



**Slika 3.8 Derazijski (padinski) procesi [66]**

- Klizanje predstavlja kretanje manje ili više koherentne mase po jednoj ili više dobro definiranih kliznih ploha (ploha sloma).
- Tečenje podrazumijeva raznovrsna kretanja sa znatnim varijacijama brzine i sadržaja vode, a iskazuje se kao prostorno kontinuirana deformacija. Tečenje često počinje kao klizanje, odronjavanje ili kao prevrtanje na strmim padinama, pri čemu dolazi do brzog gubitka kohezije pokrenutog materijala.
- Odranjavanje predstavlja odvajanje mase sa strmih padina po površini, na kojoj ima malo ili uopće nema smicanja, već dolazi do slobodnog pada materijala, prevrtanja ili kotrljanja.
- Prevrtnje predstavlja rotaciju (prema naprijed) odvojene mase oko osi koja se nalazi u njezinoj bazi ili u blizini baze. Prevrtnje može prethoditi ili slijediti nakon odronjavanja ili klizanja.

- Razmicanje ili širenje, koje predstavlja glavni način kretanja, je bočno razmicanje blokova uslijed kojega nastaju smičuće ili tenzijske pukotine.
- Bujična erozija također predstavlja značajan problem prilikom osiguravanja kvalitete. Naročitu opasnost predstavljaju iskopani rovovi plinovoda koji mogu postati korito bujice.
- Usijedanje je moguće jedino tamo gdje se materijal koji izgrađuje podzemlje može premjestiti u bilo koju vrstu podzemnih šupljina, koje su opet karakteristične za određene vrste stijena.
- Slijeganje nastaje kada je konsolidacija gline izložena opterećenju. Neki stupanj slijeganja događa se kod svih glina. Uslijed primijenjenih naprezanja voda izlazi iz glina.
- Stezanje nastaje kada se konsolidacija glina ubrzava gubitkom vode. Sve gline iskazuju neki stupanj stezanja. Voda se drenira, uzrokuje smanjenje volumena dreniranog tla; također i gubitak potpore koju pruža porni tlak. Korijenje bilja uzrokuje stezanje u gornjih 2 m glinovitog tla, a u Londonskim glinama može dosegnuti i 6 m za vrijeme suhih ljeta.

### **3.6. Određivanje razreda trase**

Određivanje razreda trase predstavlja važan segment planiranja elementa osiguravanja kvalitete. Tokom inicijalne faze projekta važno je poznavati osnovne parametre za određivanje rute i konstrukcije. Obzirom da postoji više propisa i normi, u sljedećim tablicama prikazana je usporedba osnovnih razlika između Pravilnika o tehničkim uvjetima i normama za siguran transport tekućih i plinovitih ugljikovodika magistralnim naftovodima i plinovodima te naftovodima i plinovodima za međunarodni transport (SL 26/1985) i ASME B31.8: *Gas transmission and distribution piping system*.

Tablica 3.1 Definiranje Razreda zaštitnog pojasa

<b>Pravilnik o tehničkim uvjetima i .., SL 1985/26</b>			
(članak 10.) – u zaštitnom pojasu od 200 m sa svake strane			
I. Razred	II. Razred	III. Razred	IV. Razred
do 6 stambenih zgrada nižih od 4 kata	7 do 28 stambenih zgrada nižih od 4 kata	> 28 stambenih zgrada nižih od 4 kata	velike zgrade, promet
<b>ASME B 31.8 GAS TRANSMISSION AND DISTRIBUTION PIPING SYSTEMS</b>			
(član 840.22) broj zgrada na 1 milju (1609 m),		širine 1/4 milje (402 m)	
Razred 1	Razred 2	Razred 3	Razred 4
do 10	10 do 45	> 45	velike zgrade, promet

Tablica 3.2 Proračun debljine stijenke cijevi

<b>Pravilnik o tehničkim uvjetima ... , SL 1985/26</b>					
$P = 2 * k * t * V * T / D * s$					
$P =$ računski tlak		$k =$ min. Granica razvlačenja			
$D =$ vanjski promjer cijevi		$V =$ faktor vara (obavezno = 1)			
$t =$ debljina stijenke		$T =$ faktor temperature			
koeficijent sigurnosti $s$ (član 25.)					
Pojas	I. Razred	II. Razred	III. Razred	IV. Razred	
$s =$	1,4	1,7	2	2,5	
<b>ASME B 31.8 GAS TRANSMISSION AND DISTRIBUTION PIPING SYSTEMS</b>					
<b>Basic Design Factor <math>F</math> (tabela 841.114A)</b>					
Razred 1, Sektor 1	Razred 1, Sektor 2	Razred 2	Razred 3	Razred 4	
$F =$	0,8	0,72	0,6	0,5	0,4
$1/F =$	1,25	1,39	1,67	2	2,5

Tablica 3.3 Min. dubine ukapanja cijevi u cm, do tjemena

Pravilnik o tehničkim... SL 1985/26 (član 31.)			ASME B 31.8 GAS TRANS.. (član841.142).			
Razred	zemlja	kamen	Razred	zemlja	kameni teren	
I	80	50	1	61	31	46
II, III i IV	100	60	2	76	46	46
zgrade u pojasu	110	90	3 i 4	76	61	61
ceste i pruge	150	150	ceste i pruge	92	61	61
					NPS ≤ 20"	NPS > 20"
<b>HRN EN 14 161: Industriju nafte i prirodnog plina –Sustav transporta cjevovodima</b>						
<b>Minimalan dubina ukapanja u cm</b>						
malo ljudi, poljoprivredno zemljište			80			
prijelaz kanala i rijeke			120			
ceste i željeznica			120			
industrijske, komercijalne povr- šine, naselja			120			
kameni teren			50			

Tablica 3.4 Ispitni tlak plinovoda

Pravilnik o tehničkim uvjetima i ..., SL 1985/26				
ispitni tlak cjevovoda (član 127.)				
I. Razred	II. Razred	III. Razred	IV. Razred	
1,25*MRT	1,25*MRT	1,5*MRT	1,5*MRT	
MRT - maksimalni radni tlak				
<b>ASME B 31.8 GAS TRANSMISSION AND DISTRIBUTION PIPING SYSTEMS</b>				
minimalni ispitni tlak cjevovoda ( član 841.322)				
Razred 1, Sektor 1	Razred 1, Sektor 2	Razred 2	Razred 3	Razred 4
1,25*MOP	1,1*MOP	1,25*MOP	1,25*MOP	1,4*MOP
MOP - max operating pressure				

<b>DP - design pressure</b>
<b>HRN EN 14 161: Industriju nafte i prirodnog plina –Sustav transporta cjevovodima</b>
<b>ispitni tlak ( član 6.7.3)</b>
<b>1,25*MAOP</b>
<b>može se povećati za odnos: = SMYS radna temp. / SMYS test temp.</b>
<b>MAOP - max allowable operating pressur</b>
<b>SMYS - specified minimum yield strength</b>

### 3.7. Izračun debljine stijenke plinovoda

Magistralni plinovodi Republike Hrvatske projektirani su prema “Pravilniku o tehničkim uvjetima i normativima za siguran transport tekućih i plinovitih ugljikovodika magistralnim naftovodima i plinovodima te naftovodima i plinovodima za međunarodni transport“ (u daljnjem tekstu: Pravilnik), koji je objavljen u Službenom listu br. 26/85. Pravilnik prema lokaciji plinovoda svrstava pojaseve cjevovoda u četiri razreda i to prema gustoći naseljenosti (jedinica pojasa plinovoda je pojas cjevovoda u duljini od 1 km). Svaki pojas cjevovoda ima drugi koeficijent sigurnost.

Prema članku 24. Pravilnika izračunava se debljina stijenke cijevi prema jednadžbi:

$$t = \frac{P \times D \times S}{20 \times K \times V \times T} \quad (3.3)$$

gdje je :

$P$  - maksimalni radni tlak plinovoda, [bar]

$D$  - vanjski promjer cijevi, [mm]

$S$  - koeficijent sigurnosti = (min. granica razvlačenja/maks. dopušteno rubno naprezanje),

$K$  - minimalna granica razvlačenja, [N/mm<sup>2</sup> = MPa]

$V$  - faktor uzdužnog i spiralnog zavara (obavezno = 1)

$T$  - faktor temperature do 120 °C = 1

Prema članku 25. Pravilnika uzima se za izračunavanje koeficijent sigurnosti ( $S$ ),

- za pojas prvog razreda 1,4;
- za pojas drugog razreda 1,7;
- za pojas trećeg razreda 2,0;

- za pojas četvrtog razreda 2,5;
- za zaštitni pojas naseljenih zgrada 2,5.

Prema članku 127. Pravilnika naftovodi, plinovodi i produktovodi te njihovi sastavni dijelovi, moraju se prije puštanja u rad ispitati u pogledu čvrstoće i nepropusnosti.

**Tablica 3.5 Primjer ispitivanja čvrstoće i nepropusnosti za Razrede plinovoda**

Razred zaštitnog pojasa sigurnosti	Koeficijent sigurnosti	% Radiografske kontrole	Debljina stijenke plinovoda (mm)	Ispitni tlak veći od max. radnog tlaka
I	1,4	10 %	7,9	25 %
II	1,7	50 %	9,5	25 %
III	2,0	100 %	11,1	50 %
IV	2,5	100 %	14,3	50 %

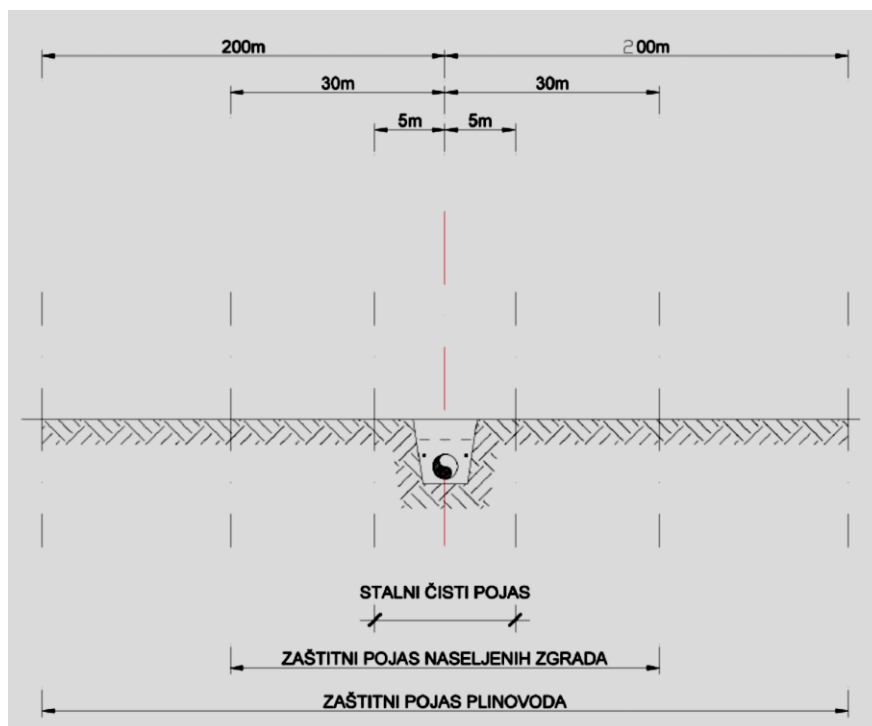
**Tablica 3.6 Primjer magistralnog plinovoda Zagreb – Karlovac [33]**

Razred zaštitnog pojasa sigurnosti	Koeficijent sigurnosti	% Radiografske kontrole	Debljina stijenke plinovoda (mm)
I	1,4	10 %	7,9
II	1,7	50 %	9,5
III	2,0	100 %	11,1
IV	2,5	100 %	14,3

### 3.8. Zaštitni pojas

Uz odabir trase magistralnog plinovoda potrebno je odrediti radni pojas. Radni pojas je uređeni prostor, koji je očišćen od raslinja, poravnat i osposobljen za nesmetanu i sigurnu izgradnju plinovoda. Plinovod se izvodi kao ukopani cjevovod, čija dubina ukopavanja ovisi o namjeni zemljišta kroz koju prolazi trasa plinovoda.



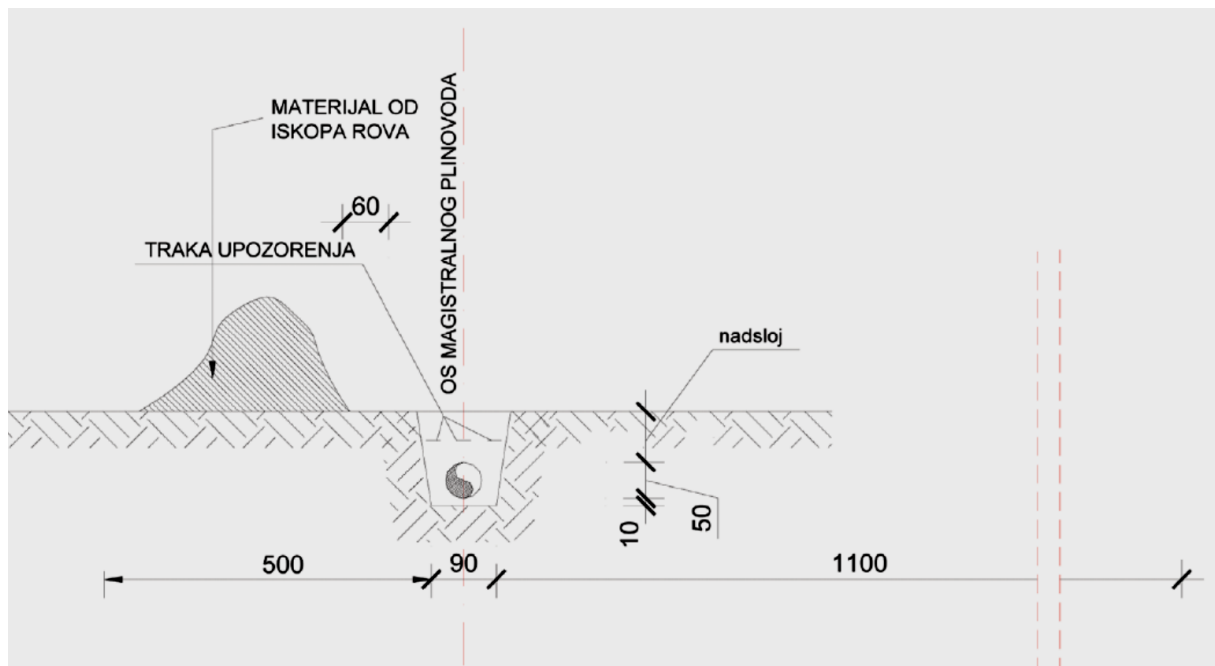


Slika 3.9 Zaštitni pojas plinovoda [33]

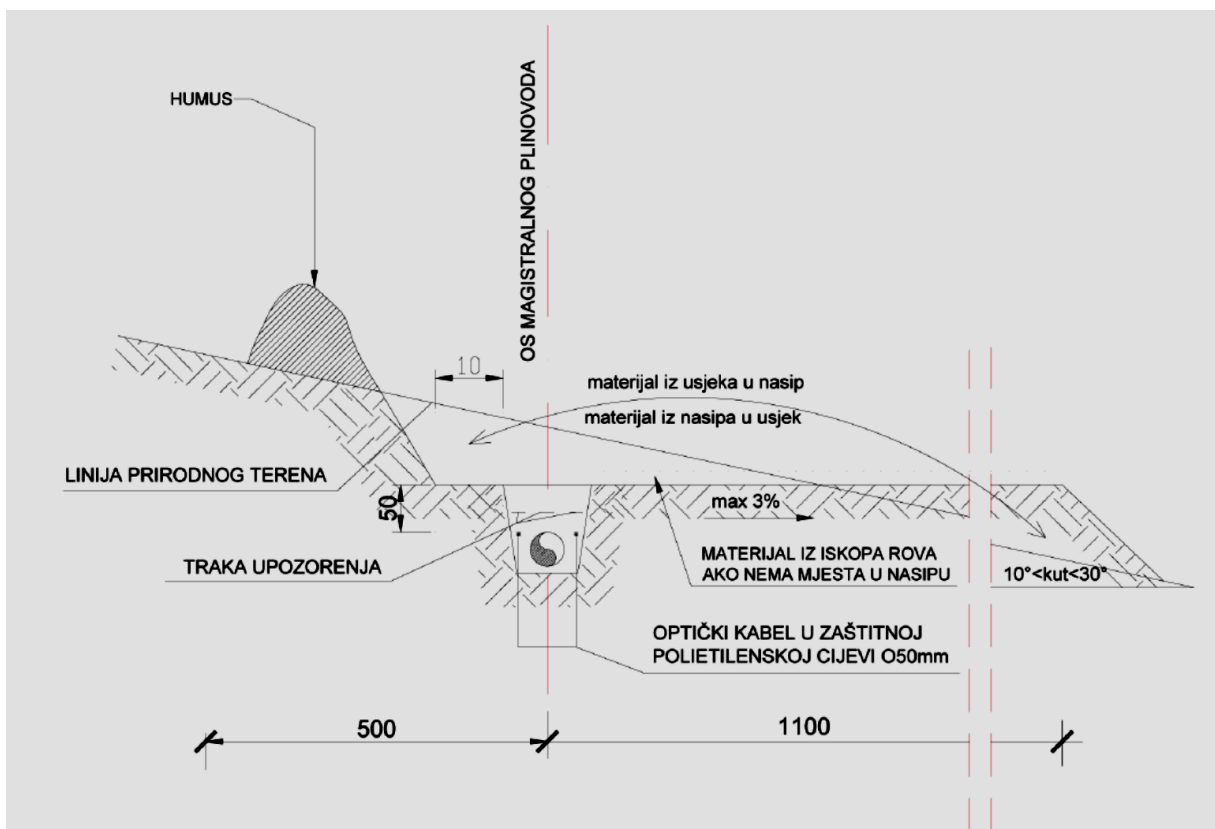
Dubina ukopavanja mora biti ispod dubine smrzavanja. Temperatura smrzavanja tla ne smeta protjecanju plina kroz cjevovod. Međutim, niža temperatura nije dozvoljena zbog opasnosti od smrzavanja podzemnih voda uz cjevovod, čime se može oštetiti antikoroziivna izolacija. Ukopani dijelovi plinovoda moraju biti zaštićeni s tvornički nanesenom polietilenskom izolacijom, dok se nadzemni dijelovi štite ličenjem. Posebnu pozornost treba posvetiti kod polaganja plinovoda u iskopani rov te zatrpavanju rova. Zbog sigurnosti, po potrebi će se izvesti potpore radi mogućnosti urušavanja tla u iskopani rov.

Tablica 3.7 Širina zaštitnog pojasa plinovoda ovisno promjeru [33]

Promjer plinovoda	Zaštitni pojas naseljenih zgrada	Zaštitni pojas plinovoda
Do 125 mm	10 m	200 m
Od 125 mm do 300 mm	15 m	200 m
Od 300 mm do 500 mm	20 m	200 m
Od 500 mm na više	30 m	200 m



Slika 3.10 Tipičan profil iskopa na ravnom terenu [33]



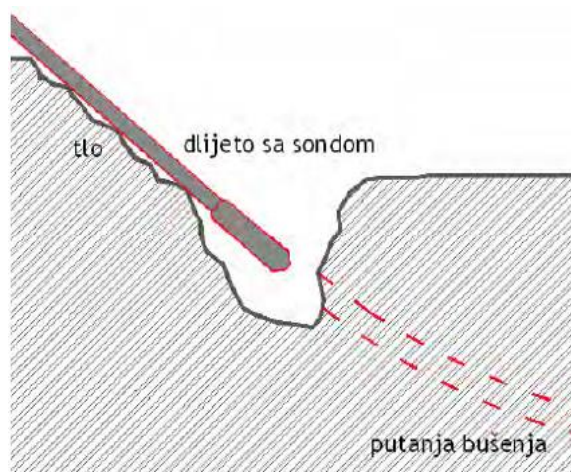
Slika 3.11 Tipičan profil iskopa na kosom terenu [33]

### 3.9. Metode podzemnog polaganja cjevovoda bez iskopa rova

Na mjestima na kojima iz bilo kojeg razloga nije moguć pristup s površine, cjevovod se može polagati horizontalnim bušenjem, bez iskopa rova. S obzirom na konkretne lokacije na trasi, razmatrane su i opisane sljedeće metode: horizontalno usmjereno bušenje i mikrotuneliranje.

### 3.9.1. Horizontalno usmjereno bušenje

Da bi se spriječilo savijanje plinovodnih cijevi, alatke za bušenje moraju biti pozicionirane okomito na tlo. Stoga je prije početka bušenja potrebno na početku i kraju trase bušenja iskopati dva manja komunikacijska rova. Dubina rova ovisi o geomehaničkim svojstvima tla i nagibu terena.

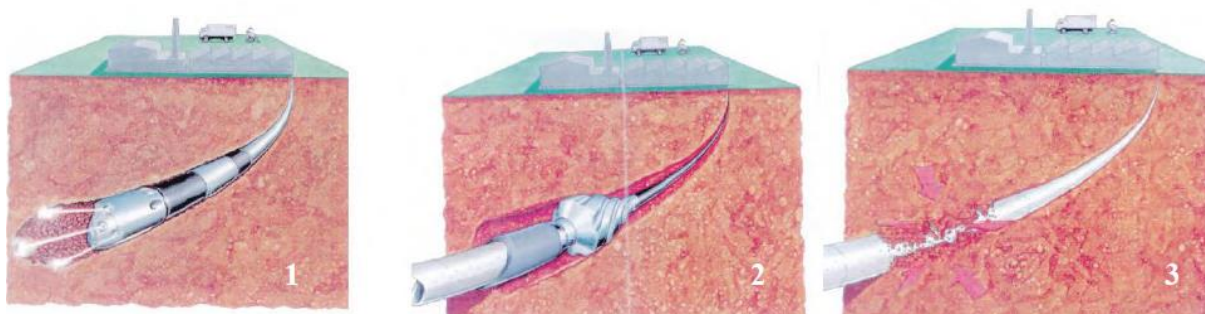


**Slika 3.12 Komunikacijski rov na početku trase bušenja metodom Horizontalnog usmjerenog bušenja [33]**

Nakon izrade rovova i pripreme opreme za bušenje počinje se sa bušenjem pilot bušotine. Bušenje se izvodi pomoću dljetu u obliku koplja (lopatasto dljetu). U dljetu se nalazi posebna sonda koja odašilje signal. U svakom trenutku bušenja poznati su smjer, dubina i nagib bušotine. Dakle, smjer napredovanja kanala bušotine se cijelo vrijeme kontrolira, a može se i promijeniti ako se naiđe na prepreku (već postojeće cijevi i kablovi).



**Slika 3.13 Horizontalno usmjereno bušenje [67]**



**Slika 3.14 Horizontalno usmjerenno bušenje: 1. bušenje pilot bušotine; 2. proširivanje bušotine i uvlačenje cijevi; 3. uvučena cijev [67]**

Kad je pilot bušotina gotova, dlijeto se zamjenjuje proširivačem (alatka za povećanje promjera bušotine) na koji se pričvrsti glava za povlačenje, zajedno sa cijevi koju se želi ugraditi u kanal bušotine. Kad je cijeli sustav pripremljen, počinje se sa bušenjem uz istovremeno uvlačenje cijevi. Cijev se uvlači bez oštećivanja budući da se s proširivačem buši kanal bušotine čiji je promjer za 25 % veći od promjera cijevi.



**Slika 3.15 Ulaz u horizontalno usmjerenu bušotinu [67]**



**Slika 3.16 Profil horizontalno usmjerenog bušenja [67]**

### 3.9.2. Mikrotuneliranje

Mikrotuneliranje je metoda podzemnog polaganja uvodnog cjevovoda upotrebom sofisticiranog, daljinski upravljano, laserski vođenog bušačkog uređaja (garniture) kojim se polaže uvodna cijev utiskivanjem. Mikrotuneliranje podrazumijeva metodu izgradnje tunela do veličine 2 m (specijalno do 4 m) u promjeru, upotrebom mehaničkog uređaja s bušačom glavom. Radovi ovom tehnologijom započinju iskopavanjem startne i ciljne građevne jame u koje se ugrađuju armirano betonska okna. Od startne jame TBM (engl. *Tunnel Boring Machine*) napreduje kroz tlo i kad dosegne maksimalni korak iza njega se postavlja sljedeći cijevni segment. TBM se potisne za sljedeći korak i novi se segment cijevi postavlja iza prethodnog.



Slika 3.17 Mikrotuneliranje [67]

Napredovanje kroz tlo nastaje neprekinutim nizanjem cijevnih segmenata u "cijevni vlak". Cijevi položene mikrotuneliranjem oblikuju tunel u koji se povlači kompletna sekcija predmontirane i ispitane cijevi plinovoda. Po završetku radova potrebno je sanirati startnu i ciljnu jamu na način da se dovedu u prvotno stanje. Pri prelasku veće rijeke moguće je koristiti metodu mikrotuneliranja ili horizontalnog usmjerenog bušenja. Na odabir metode prelaska rijeke najznačajniji utjecaj imati će geomehanički sastav tla, suglasnost odnosno posebni uvjeti dobiveni od nadležnih institucija te tehnologija izvođača.

### 3.10. Karakteristike koje mogu utjecati na odabir konačne metode.

- Horizontalno usmjereno bušenje
  - primjenjivo samo u tlu u kojem ne dolazi do urušavanja;
  - manje iskopanog materijala nego kod mikrotuneliranja;
  - nema ulaznu i izlaznu građevnu jamu.

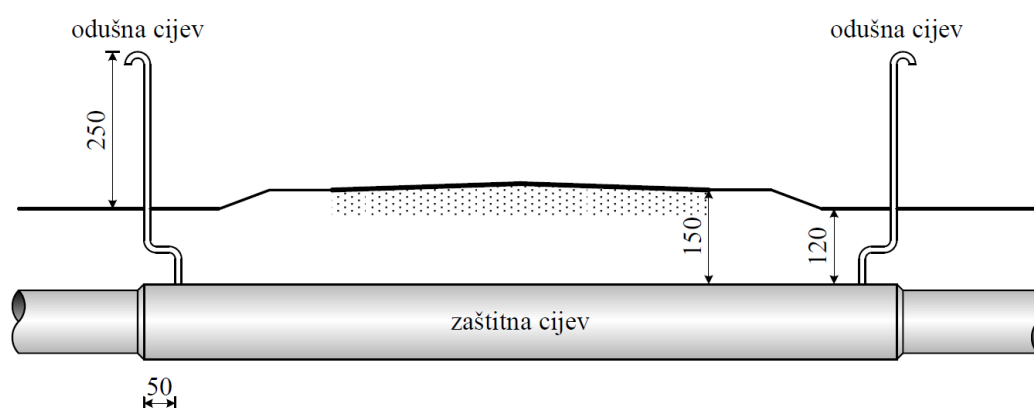
- Mikrotuneliranje
  - primjena nije ograničena vrstom tla;
  - izvedivo i uz visoke podzemne vode;
  - više iskopanog materijala;
  - ima ulaznu i izlaznu građevnu jamu.

Za sve asfaltne ceste višeg ranga, odnosno veće prometne opterećenosti (regionalne, magistralne, državne), predviđa se bušenje specijalnom bušilicom gdje se istovremeno s bušenjem ispod ceste ugrađuje zaštitna čelična cijev promjera šireg od promjera plinovoda.

Duljina zaštitne cijevi mora biti minimalno kao širina cestovnog pojasa. Skupni podatci za svaku cestu definiraju se u posebnim uvjetima Hrvatskih cesta.

Visina nadsloja između tjemena zaštitne cijevi i asfaltnog kolnika treba iznositi minimalno 150 cm, odnosno minimalno 100 cm između tjemena cijevi i najniže kote odvodnog kanala uz cestu.

Na krajevima zaštitne cijevi, najčešće se ugrađuju odušne cijevi promjera 76,20 mm (3") zbog kontrole propusnosti. Vertikalni dio odušne cijevi visine 2,50 m potrebno je usidrit u betonski temelj, na minimalnoj udaljenosti 15 m od osi ceste. Tlocrtno gledano, vertikalni dio odušne cijevi, postaviti će se 1,00 m od osi plinovodne cijevi s desne strane gledano u smjeru protjecanja plina kroz cjevovod. Na vertikalni dio odušne cijevi postavlja se tabla za oznaku prolaza. Zaštitne cijevi na svim cestama postavljaju se u pravcu, što u fazi zamjene omogućuje jednostavniju zamjenu cjevovoda.



Slika 3.18 Prolaz plinovoda ispod ceste u zaštitnoj cijevi metodom bušenja [33]

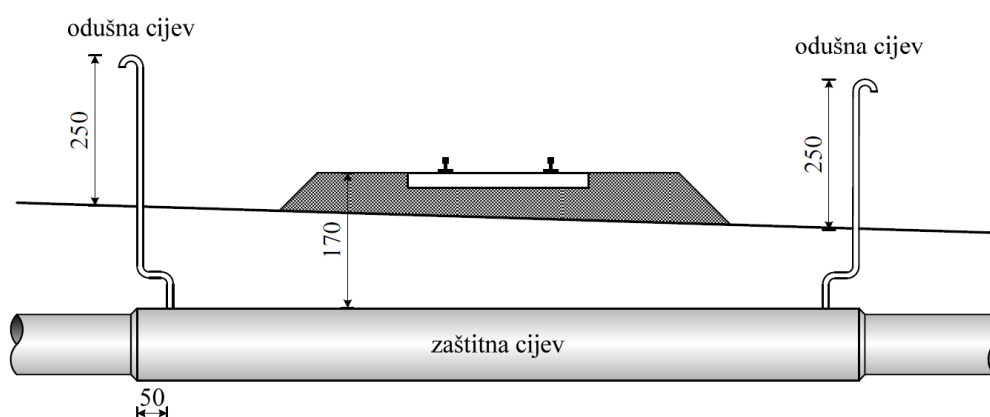
### 3.11. Prolazi plinovoda ispod cesta

Na mjestima gdje će se, prema dobivenim podacima, plinovod križati s trasom budućih cesta, plinovod treba ugraditi na povećanoj dubini. Ovisno o kategoriji ceste, plinovod će se na većoj dubini položiti za širinu budućeg cestovnog pojasa, uz još minimalno 5 m s lijeve i desne strane. Minimalni nadsloj iznad ravnog dijela cijevi biti će 2 m, zbog omogućavanja zemljanih i drugih radova buduće ceste.

### 3.12. Prolazi plinovoda ispod željezničkih pruga

Prolazi ispod željezničkih pruga najčešće se izvodi metodom bušenja. Tijekom bušenja, ispod pružnog tijela se specijalnim strojem uvlači zaštitna čelična cijev šireg promjera od plinovodna. Kut križanja plinovoda i pruge najčešće će biti između  $70^\circ$  i  $90^\circ$ . Duljina zaštitne cijevi mora biti jednaka minimalnoj širini pružnog pojasa. Ukoliko Hrvatske željeznice planiraju izgradnju novog kolosijeka, duljina zaštitne cijevi se povećava prema danim uvjetima.

Na oba kraja zaštitne cijevi najčešće će se ugraditi odušne čelične cijevi, promjera 76,20 mm (3"), zbog kontrole propusnosti. Vertikalni dio odušne cijevi usidrit će se u betonski temelj, a na terenu je udaljen od osi pruge minimalno 15 m.



Slika 3.19 Prolaz plinovoda ispod željezničke pruge u zaštitnoj cijevi [33]

### 3.13. Prolazi plinovoda ispod manjih vodotoka i kanala

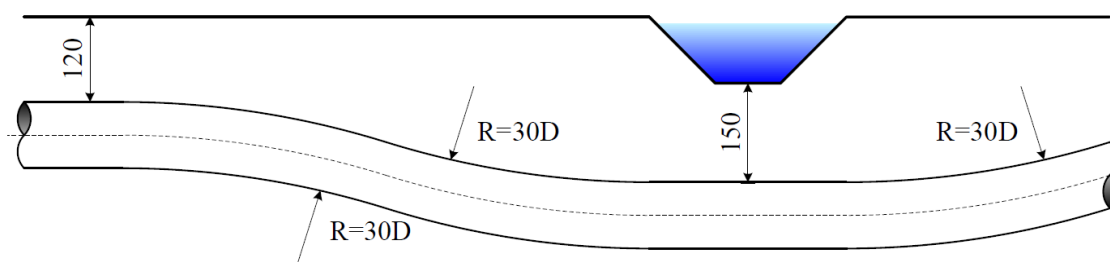
Ukoliko trasa plinovoda presijeca veći broj vodotoka, a većina vodotoka je male dubine i širine, zemljani radovi na vodotocima izvođaču radova najčešće neće predstavljati značajnije probleme. Cijev plinovoda ispod vodotoka položiti će se podzemno.

Savijanje plinovoda moguće je izvesti na dva načina. Svi vodotoci, čija je dubina do 1 m, moći će se prijeći elastičnim savijanjem cijevi. Na taj način izbjegnuto je hladno savijanje cijevnih lukova, a cijev se prirodnim elastičnim radijusom veličine  $R = 800$  m polaže u pripremljeni rov. Kod ovog načina povećana je količina iskopa. Na dnu svih vodotoka nadsloj treba iznositi 150 cm, ukoliko uvjetima nije drugačije određeno.

Kod vodotoka dubine preko 1 m, prolaz se izvodi tako da se ispod vodotoka formira cijevna "lira", sastavljena od ravnih dijelova cijevi i od cijevnih lukova dobivenih hladnim savijanjem. Cijevni lukovi savijaju se u radionici ili na terenu, a radijus savijanja treba biti minimalno 40 promjera cijevi (najčešće oko 20 m). U ekstremnim slučajevima, zbog konfiguracije terena ili velikih kutova na horizontalnim i vertikalnim lomovima na trasi, upotrijebit će se tvornički lukovi koji omogućuju prolaz čistača cjevovoda. Kod većine vodotoka i kanala, uredit će se dno i pokosi vodotoka dovođenjem u prvobitno stanje. Na nekim vodotocima, gdje će to Vodopravnim uvjetima Hrvatskih voda biti određeno, izvodit će se zaštita dna i pokosa vodotoka. Zaštita može biti različita, određene duljine i visine u odnosu na korito vodotoka.

Osim iskopa, na vodotocima sa stalnim protjecanjem vode, treba izvesti uzvodni zaštitni nasip, zbog sprečavanja prodora vode u rov za plinovod. Prisutnu vodu u rovu treba ispumpati. Ukoliko je dotok vode u vodotoku takav, da bi tijekom radova na prolazu prelijevao uzvodni nasip, trebat će cijevima određenog promjera izvesti obilazni vod i omogućiti otjecanje vode.

Na svim vodotocima izvest će se tablice za oznaku prolaza plinovoda.



Slika 3.20 Prolaz plinovoda ispod vodotoka i kanala [33]

Najčešći materijal od kojega su izrađene cijevi za plinovode su razne vrste čelika. ASME kod za izradu cijevi preporuča ugljične čelike te različite legure čelika. ASME definira ugljične čelike kao materijale u kojima ne postoji nikakav dodatak aluminija, bora, kroma, kobalta, nikla, titana ili nekog drugog elementa ili je taj dodatak premali da bi određeni čelik činio slitinom, tj. legurom. Sve dok je količina tih elemenata ispod 0,4 %, a njihovo prisustvo slučajno, smatra se da se radi o



čistom ugljičnom čeliku. Analogno prethodno opisanim ugljičnim čelicima, u sastavu slitina nalazi se više od 0,4 % nekog od prethodno spomenutih elemenata.

Kod procesa izrade cijevi ASME preporuča šest načina na koji se izrađuju cijevi za plinovode a najčešće se koriste sljedeća četiri načina:

- Cijevi od čeličnih ploča koje se pri izradi zagrijavaju na način da se kroz njih propusti električna struja. Kada se postigne određena temperatura čelične se ploče savijanjem dovode u cijevni oblik te se, uz pomoć tlačnih preša, rubovi uzdužno spoje.
- Cijevi izrađene od čeličnih ploča koje se u visokotemperaturnim pećima zagrijavaju do određene temperature (temperatura ovisi o vrsti čelika od kojih su izrađene čelične ploče). Kada se postigne željena temperatura rubovi se spoje uzdužno uz pomoć tlačnih preša.
- Zavarene cijevi se spajaju uzdužno uz pomoć automatskog ili ručnog zavarivanja. Var može biti jednostruki ili dvostruki, sa ili bez materijala za punjenje.
- Bešavne cijevi izrađuju se od čelika pri vrlo visokim temperaturama. One su najotpornije na bilo koju vrstu oštećenja, ali i najskuplje od navedenih.

## **4. ELEMENTI OSIGURAVANJA KVALITETE PRILIKOM PROJEKTIRANJA I IZRADE SUSTAVA TRANSPORTA PRIRODNOG PLINA**

Trasa magistralnog plinovoda treba biti utvrđena na temelju analiza podataka opsežnih istražnih geoloških, hidrogeoloških, seizmoloških i strukturno-tektonskih radova.

### **4.1. Osiguravanje kvalitete prilikom polaganja cijevi plinovoda**

U cilju vodozaštite treba razmotriti bliže i dalje lokacije te utvrditi uvjete i mogućnosti zaštite podzemnih voda od iznenadnog zagađenja. Posebna pozornost mora biti posvećena analizi podataka o izvorišnim zonama (koje služe ili će u budućnosti biti upotrijebljene za vodoopskrbu), podataka o izvorima i bunarima prema dobivenim katastrima, vododijelnicama i smjerovima toka podzemne vode.

Za potrebe zaštite vodoopskrbnih zona, odnosno stupnja sigurnosti samog cjevovoda, nadležne institucije trebaju, ovisno o procijenjenom stupnju ugroženosti voda, kategorizirati teren kojim prolazi plinovod u 3 kategorije:

- I kategorija (područja maksimalne zaštite i sigurnosti) - obuhvaća dijelove trase koji prolaze kroz vodozaštitna područja te zone koje u tektonsko-strukturnom i seizmičkom pogledu mogu uvjetovati oštećenja, lomove ili nestabilnost samog cjevovoda ili mogu izvršiti zapađanje drenaža podzemnih voda u vodocrpilištima i vodozahvatima;
- II kategorija (područja veće zaštite od normalne) - obuhvaća dijelove trase koji prolaze vodozaštitnim područjima, a mogućnost loma zbog tektonsko-seizmičkih faktora nije izražena;
- III kategorija (područja normalnih uvjeta) - primijenjena je na onim dijelovima trase koji ne prolaze vodozaštitnim područjem i gdje se ne očekuje tektonska, odnosno seizmička aktivnost.

Ovom kategorizacijom terena istovremeno trebaju biti definirani i sigurnosni faktori na pojedinom segmentu trase, koji su sastavni čimbenik izračuna minimalno dopuštene debljine stijenke plinovoda.



- Terminski plan građenja, koji treba biti gotov prije uvođenja izvođača radova u posao.
- Preuzimanje, transport, istovar, uskladištenje na gradilištu, razvoz i nizanje cijevi na trasi. Sve cijevi izvođač montažnih radova treba preuzeti od investitora, pregledati na mjestu preuzimanja te dopremiti na trasu plinovoda na za to određene deponije. Na deponiji cijevi treba slagati tako da su odvojene distantnim prstenima, da ne dođe do njihovog kotrljanja i ne smiju biti složene više od 4 – 5 redova u visinu.

#### ***4.2.1. Priprema rova za polaganje cjevovoda***

Rov kanala mora biti pripremljen na način da se izbjegne mogućnost oštećenja izolacije kao i nepotrebnog zakrivljenja cjevovoda te zarušavanja, naročito ako se rov kopa dosta ranije od izoliranja i polaganja cjevovoda. Također, treba paziti da bočne strane rova budu bez oštrih izbočina, a dno bez oštrog kamenja, ostataka panjeva i sl. Ako na dnu rova postoje izbočine stijena koje se ne mogu ukloniti, dno treba obložiti pijeskom ili zemljom u kojoj nema kamenja, gruda ili drugih stranih predmeta koji bi mogli oštetiti zaštitnu izolaciju. Debljina ovog sloja treba biti najmanje 15 cm, a materijal za podlogu će se vaditi na mjestima koja zadovoljavaju ovim zahtjevima.

#### ***4.2.2. Polaganje plinovoda***

Spuštanje plinovoda u rov ne smije se obavljati bez odobrenja nadzornog inženjera. Izoliran i ispitani cjevovod polaže se u rov pomoću 3 cjevopolagača i gumenih gurti odmah nakon izoliranja. Prilikom spuštanja pažnju treba obratiti na to da uslijed prisilnog natezanja ne nastanu prevelika naprezanja u materijalu cijevi. Nakon polaganja plinovoda, građevinska grupa dužna je odmah pristupiti pritrpavanju. Pritrpavanje se vrši strojno ili ručno, a materijal može biti pijesak ili rastresita zemlja. Debljina sloja pritrpavanja treba biti oko 20 cm iznad gornjeg ruba cijevi.

### **4.3. Vođenje tehničke dokumentacije**

Za vrijeme izvođenja antikorozivne izolacije cjevovoda potrebno je svakodnevno voditi dnevnik rada na izolaciji s upisom svih aktivnosti bitnih za održavanje kvalitete izvedenih radova. U sklopu građevnog dnevnika ili zasebnog dnevnika za izoliranje voditi će se i vizualna kontrola pripremljenih radova, kontrola stanja površine cijevi i evidencija kontrole detektorom s popravcima izolacije.

Primjedbe u svezi pripreme rova također će biti navedene u dnevniku. Za tehnički prijem građevine izdavati će se završni izvještaj o izvedenoj antikorozivnoj izolaciji cjevovoda.

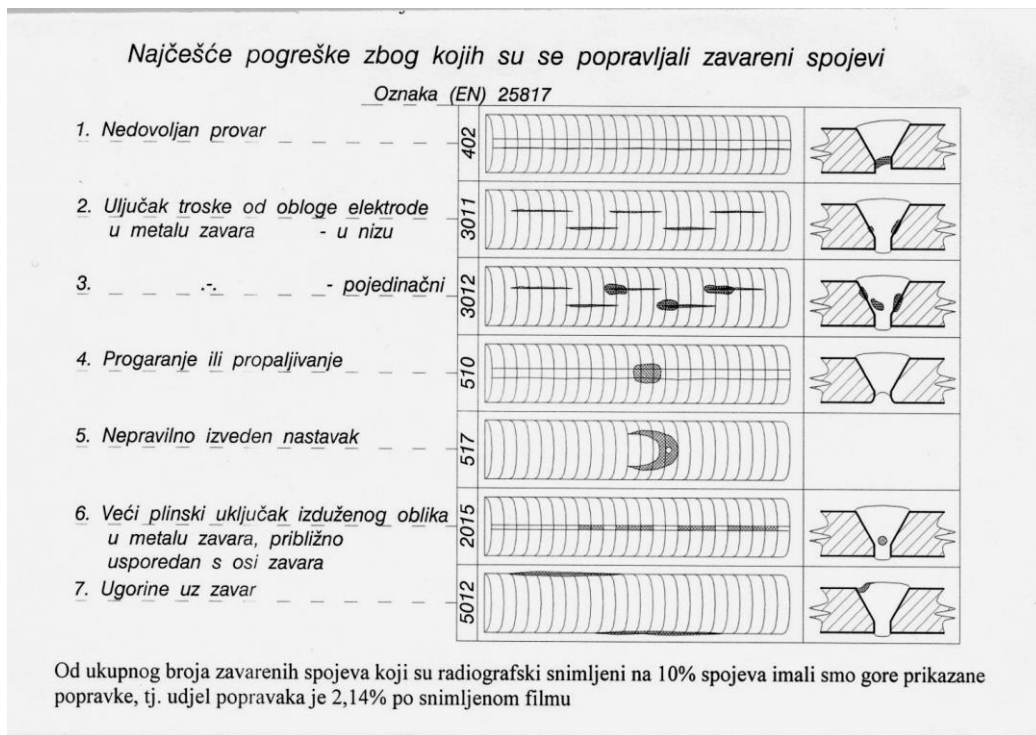
#### **4.4. Smanjenje tvrdoće zavarenog spoja**

Zavareni spojevi na cjevovodima kroz koje prolazi plin osjetljivi su na naponsku koroziju u prisustvu sulfida. Izborom materijala, postupkom zavarivanja i toplinskom obradom zavarenih spojeva treba postići zadovoljavajuću otpornost na naponsku koroziju.

Norma NACE MR-01-75 (Nacionalno udruženje inženjera za koroziju Houston, Texas) preporučuje zahtjeve za materijal za opremu naftnih polja otpornu na naponsku koroziju u prisustvu sulfida. Većina materijala koji su izloženi sumporovodičnoj radnoj okolini je prihvatljiva ako im vrijednost tvrdoće ispitane po Rockwellovoj skali C (HRC) ne prelazi 22 HRC. U normi se napominje da zavarene spojeve na niskolegiranim čelicima i martenzitnim nehrđajućim čelicima treba odžariti u svrhu smanjenja tvrdoće na temperaturi koja ne smije biti niža od 620 °C da bi se dobila tvrdoća koja ne prelazi 22 HRC. Vrijeme odžarivanja nije definirano.

Treba napomenuti da, ako se pridržava specifikacija postupka zavarivanja, zavareni spoj će teško imati tvrdoću veću od 22 HRC. Tvrdoća će biti od oko 15 HRC do 20 HRC. Tvrdoću zavarenog spoja ispod 22 HRC treba prvenstveno rješavati poštivanjem specifikacije postupka zavarivanja i to:

- Predgrijavanje pripremljenog spoja za zavarivanje;
- Zavarivanje treba provesti u jednoj toplinskoj fazi, nije dopušteno prekidanje zavarivanja dok nije završen kompletan spoj;
- Nakon završetka spoja var ostaviti da se hladi pod izolirajućim pokrivačem;
- Vršiti ispitivanje probnih uzoraka (radna proba).



**Slika 4.2 Najčešće pogreške na zavarenim spojevima [55]**

#### 4.5. Spajanje pojedinih stanica u plinovod

To su :

- Čistačke stanice na početku i kraju plinovoda koje služe za odašiljanje i prihvat čistača unutrašnjosti cjevovoda;
- Instalacije sekcijskih blok ventila;
- Instalacije odvojaka s ventilima za priključivanje plinovoda u kasnijim fazama izgradnje;
- Montaža posuda za sakupljanje i odvajanje tekućine.

Izrada svih ovih stanica i instalacija može biti djelomično u radionici, a djelomično na terenu i to prema detaljnim crtežima iz projekta. Izvođenje svih radova zavarivanja i zaštite od korozije treba izvesti prema prijašnjim poglavljima. Nakon završene montaže i spajanja pojedinih stanica u plinovod, vrši se tlačno ispitivanje na čvrstoću i to u sklopu čitavog cjevovoda.

#### 4.6. Ispitivanje materijala cjevovoda na čvrstoću

Nakon kompletno završenih montažnih i građevinskih radova na cjevovodu, izvođač treba izvršiti konačnu tlačnu probu kompletnog plinovoda hidrauličkim tlačnim ispitivanjem. Prije ispitivanja

cjevovod treba pročistiti i kalibrirati. To se vrši komprimiranim zrakom pomoću čistača i čistača za kalibriranje na koji je pričvršćena ploča za kalibriranje, čiji promjer iznosi 95 % veličine unutarnjeg promjera cijevi dionice s najvećom debljinom stijenke. Ploču za kalibriranje izvođač daje na kontrolu nadzornom inženjeru prije i poslije svakog prolaza čistača kroz cjevovod.

#### **4.7. Potrebna dokumentacija prije ispitivanja**

Izvođač radova mora pripremiti priručnik za izvođenje hidrostatskog ispitivanja te ga donijeti na odobrenje projektantu i nadzornom inženjeru. Ispitni priručnik mora sadržavati najmanje sljedeće informacije:

- a) Imena i sprema svih osoba koje vode ispitivanje;
- b) Tlocrt postrojenja koje se ispituje s naznakom odušaka, ventila, privremenih priključaka, kotama i visinskim razlikama;
- c) Izvori vode-raspoložive količine (uključujući informacije o koncentraciji aditiva i postupcima za ubacivanje aditiva u vodu te za kontrolu koncentracije aditiva protiv korozije). Voda za ispitivanje mora biti filtrirana kroz sito sa 100 otvora na 25,4 mm (100 mesh-a). Ona ne smije sadržavati kiseline ili neke druge materije koje bi mogle nagrizzati metal cijevi. Prema analizi vode treba odrediti antikorozivne ekološke inhibitore;
- d) Postupak za punjenje vodom te popis opreme i instrumenata, njihov položaj i montažu;
- e) Postupak stlačivanja i stabilizacije;
- f) Postupak za hidrostatsko ispitivanje uključujući opis sve predložene opreme i instrumentacije (uključujući rezervnu instrumentaciju), njen položaj i montažu, sustave predložene za promatranje i zapisivanje podataka tijekom ispitivanja;
- g) Postupak za otkrivanje i određivanje položaja mogućih propuštanja;
- h) Obrasce za zapisivanje ispitnih podataka;
- i) Rješenje o odlaganju vode nakon tlačne probe (obavezno pitanje sanitarnog inspektora na tehničkom pregledu).

Problematiku ispitivanja plinovoda trebalo bi rješavati početkom građenja, ali pošto je to jedno od zadnjih ispitivanja, njegovo rješavanje ostavlja se za kasnije. Time se radi greška jer bi se u projektom zadatku od projektanta trebalo tražiti projektno rješenje, tj. osnovne smjernice kako izvršiti to ispitivanje. Ukoliko projektant nije dao smjernice kako izvršiti ispitivanje plinovoda vodenim tlakom, nego su na uzdužnom profilu trase dani razni ispitni tlakovi prema razredima kroz

koji plinovod prolazi, od izvođača radova traži se da u Priručniku za izvođenje hidrostatskog ispitivanja da rješenje ispitivanja na ovjeru projektantu i nadzornom inženjeru. U stvarnosti se dolazi do saznanja da se taj plinovod ne može ispitati kao jedna cjelina, jer nam svi dijelovi plinovoda ne mogu izdržati maksimalni ispitni tlak zbog različite debljine stijenke plinovoda i situacija se pogoršava zbog visinske razlike i utjecaja stupca vode. Takav plinovod potrebno je tada prerezati na dijelove i te dijelove posebno ispitati što bi svakako trebalo izbjeći.

#### 4.8. Čelici za izradu cijevi

Prema normi API 5L, koja je vodeća norma u industriji izrade cijevi namijenjenih cjevovodima za transport nafte i plina te je prihvaćena na svjetskoj razini kao norma ISO 3183:2012, čelici za izradu cijevi se dijele prema mehaničkim svojstvima i stanju isporuke. Prilikom izrade cijevi, čelik može ostati u svom izvornom stanju ili se njegovo stanje, ovisno o zahtjevima, može modificirati tijekom procesa izrade cijevi. Oznaka čelika sastoji se od slovne i brojčane oznake koja upućuje na granicu razvlačenja čelika i stanje isporuke, a također je povezana i s njegovim kemijskim sastavom. Brojčana oznaka čelika prema normi API 5L označava granicu razvlačenja u transversalnom smjeru (Rt 0,5) danu u kilopondima po kvadratnom inču (ksi), a brojčana oznaka prema normi ISO 3183:2012 označava granicu razvlačenja danu u njutnima po kvadratnom milimetru (N/mm<sup>2</sup>). Slovna oznaka koja slijedi nakon brojčane oznake granice razvlačenja označava stanje isporuke materijala. Sljedeća tablica daje prikaz nekih od primjera čelika s pripadajućim oznakama i stanjima isporuke.

Tablica 4.1 Čelici za izradu cijevi [55]

Oznaka materijala		Stanje isporuke
API 5L	ISO 3183	
X42R	L290R	Valjano
X42N	L290N	Valjano i normalizirano, normalizirano nakon oblikovanja
X52N	L360N	
X60N	L415N	
X42Q	L290Q	Kaljeno i popušteno
X56Q	L390Q	
X65Q	L450Q	
X80Q	L555Q	
X42M	L290M	Termomehanički valjano ili termomehanički oblikovano
X56M	L390M	
X70M	L485M	
X80M	L555M	
X90M	L625M	Termomehanički valjano
X100M	L690M	
X120M	L830M	



Iako se danas sve više teži prema korištenju čelika viših čvrstoća za izradu cjevovoda, čime se dozvoljava tanja stijenka cijevi, za većinu današnjih zahtjeva za transport nafte i plina, najčešće se koriste čelici gradacije X70 i X80 prema API 5L, dok se čelici X90 do X120 tek uvode u primjenu. Čelici gradacije API 5L X70 imaju dobra mehanička svojstva i odličnu zavarljivost. Ovakva svojstva su rezultat napretka na područjima metalurgije i termomehaničke obrade gdje poseban značaj ima smanjenje zrna materijala. U proteklih 30 godina u industriji proizvodnje cijevi za plinovode i naftovode znatno su povećani zahtjevi u pogledu razvoja i načina proizvodnje novih materijala. Općenito gledajući, uzdužno zavarene šavne cijevi velikih promjera koriste se za transport nafte i plina prvenstveno iz razloga što nude najveću sigurnost u pogledu upravljanja, a njihova je primjena također i ekonomski vrlo prihvatljiva. Sa stajališta industrije transporta energenata, cijev mora omogućavati visoku pouzdanost rada u okolini u kojoj je smještena kao i primjenu visokih radnih tlakova kod transporta fluida. Ovi zahtjevi se stoga direktno prenose na potrebu da čelici za cjevovode imaju dobra mehanička svojstva.

Šavne cijevi i cijevni profili proizvode se s uzdužnim ili sa spiralnim oblikom spoja, tj. zavara. Promjeri takvih cijevi kreću se u području od približno 6 mm do 2500 mm, a debljine stijenke u području od približno 0,5 mm do 40 mm.

Početni poluproizvod kod svih slučajeva proizvodnje šavnih cijevi je valjani ravni komad materijala koji, ovisno o procesu proizvodnje, primjeni i dimenzijama cijevi ili cijevnih profila, može biti u obliku vruće ili hladno valjane uske trake ili u obliku vruće valjane široke trake ili ploče.

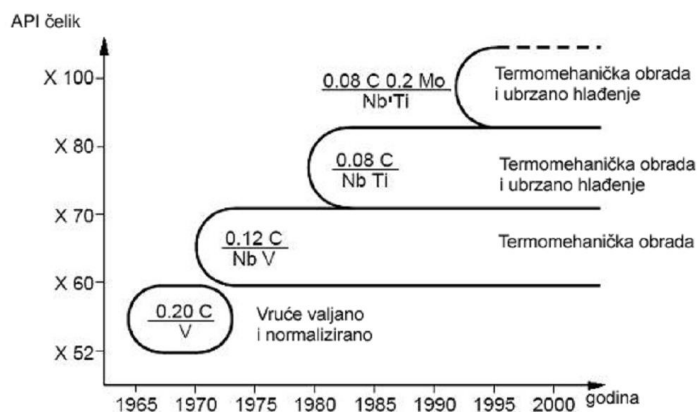
Mehanička svojstva materijala i završna obrada površine u većini su slučajeva već osigurani u procesu izrade poluproizvoda za izradu cijevi (čelične trake). U slučaju da mehanička svojstva i stanje površine ne odgovara zahtjevima određene vrste cijevi, može se u daljnjoj obradi zavarenih šavnih cijevi kroz toplinsku obradu, očvrstnuće ili druge oblike hladne obrade doći do željenih svojstava materijala ili površine cijevi odnosno cijevnih profila.

Početni materijal (poluproizvod, čelična traka) se općenito prilikom proizvodnje cijevi može oblikovati u cjevasti oblik u vrućem ili u hladnom stanju. Ovdje postoji razlika u smislu procesa kontinuirane proizvodnje cijevi i procesa proizvodnje cijevi po komadu. Prilikom procesa kontinuirane proizvodnje cijevi, namotana traka materijala se odmotava sa bubnja te se završetak namotane trake i početak trake sljedećeg bubnja spajaju zavarivanjem. Kod procesa proizvodnje pojedinačnih cijevi, formiranje cjevastog oblika i zavarivanje se ne provode na beskonačnoj traci već na trakama dužina približno jednakih svakoj pojedinoj cijevi.

Tablica 4.2 Vrste procesa proizvodnje cijevi i osnovne specifičnosti [55]

Proces oblikovanja	Postupak zavarivanja	Naziv	Zavarivanje (smjer)	Raspon vanjskog promjera cijevi
Kontinuirano	Zavarivanje pritiskom	Fretz-Moon	uzdužno	13 - 114 mm
	Elektrotoporno zavarivanje	Istosmjernom strujom Niskofrekventno Visokofrekventno	uzdužno	10 - 30 mm 10 - 114 mm 20 - 600 mm
		EPP MAG TIG, MIG	spiralno spiralno / uzdužno	168 - 2500 mm 406 - 2032 mm 30 - 500 / 10 - 420 mm
Pojedinačno Savijanje s tri valjka C-ing	Elektrotoporno zavarivanje	EPP TIG, MIG	uzdužno	> 500 mm 200 - 600 mm
Pojedinačno U/O-ing		EPP MAG	uzdužno	457 - 1626 mm

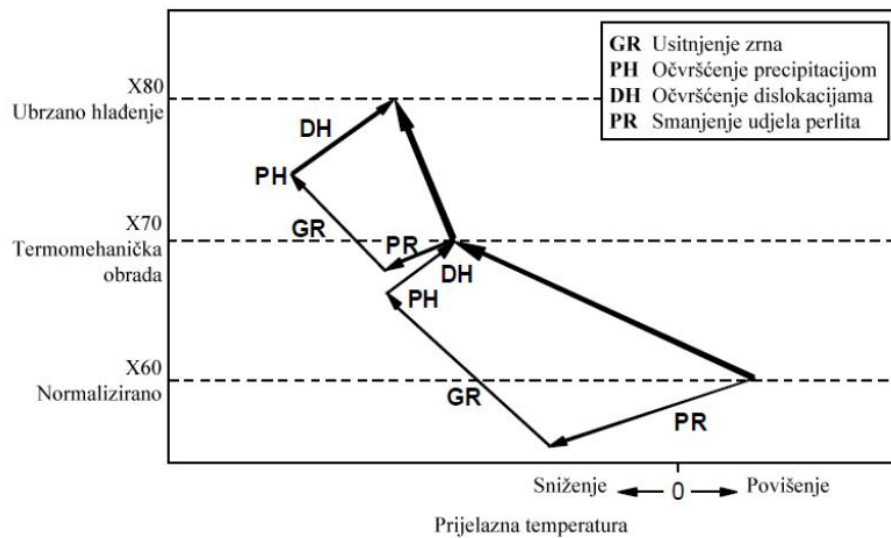
Kao materijal za izradu cjevovoda za prijevoz nafte i plina danas se najviše koriste čelici gradacije X70 i X80 prema specifikaciji za cjevovode API 5L. Čelici X90 do X120 polagano povećavaju svoj udjel među materijalima izgrađenih plinovoda, ali su u relativnom iznosu još uvijek zastupljeni ispod 1 %. Cjevovodi velikih promjera danas transportiraju 75 % svjetske proizvodnje prirodnog plina i to na najekonomičniji i najsigurniji način. Smanjenjem udjela ugljika ispod 0,1 %, mikrolegiranjem s aluminijem, niobijem i vanadijem te pravilnom toplinskom obradom postiže se fina sitnozrnata struktura odličnih mehaničkih svojstava. Razvojem mikrolegiranja te unapređenjem termomehničke obrade uz ubrzano hlađenje dobiveni su čelici gradacije X80 povećane čvrstoće. Na narednoj slici prikazan je razvoj čelika visoke čvrstoće tijekom prošlog stoljeća.



Slika 4.3 Razvoj čelika visoke čvrstoće [55]

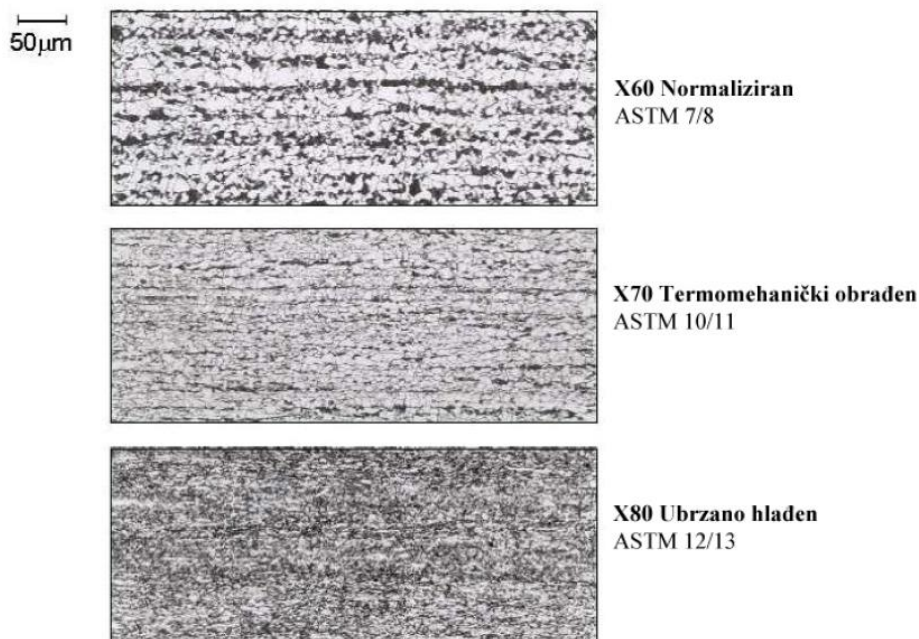
Mehanička svojstva čelika određena su mikrostrukturnim značajkama poput granica zrna, precipitata i dislokacija. Kod niskolegiranih čelika se navedeni mehanizmi odvijaju tijekom transformacije austenita pri hlađenju, na što se utječe brzinom hlađenja i završnom temperaturom hlađenja.

Na narednoj slici prikazano je kako se spomenutim mehanizmima očvršćivanja dobivaju čelici gradacije X60, X70 i X80.



**Slika 4.4** Mehanizmi očvršćivanja čelika gradacije X60, X70 i X80. [55]

Čelici gradacije X60 su normalizirani i uobičajeno sadrže 0,2 % ugljika, 1,55 % vanadija, 0,03 % niobija i 0,02 % dušika. Kod čelika X70 udio ugljika smanjen je na 0,12 % i manje, ali je primijenjena termomehanička obrada što je rezultiralo smanjenjem feritnog zrna. Usitnjavanjem zrna istovremeno se povećava čvrstoća i snižava prijelazna temperatura. Gubitak čvrstoće nastao redukcijom perlita nadomješten je precipitacijskim očvršćivanjem i dislokacijama. Daljnji razvoj prema gradaciji X80 dobiven je isključivo promjenom feritno-perlitne strukture u feritno-bainitnu. Kod čelika X80 još je više smanjen udio ugljika, usitnjeno je zrno te je povećana gustoća dislokacija. Na narednoj slici prikazane su karakteristične mikrostrukture X60, X70 i X80 čelika.



**Slika 4.5** Tipične mikorstrukture čelika X60, X70 i X80 [55]

Iako se čelici klase X80 smatraju dobro zavarljivima u normalnim uvjetima, pri mokrom podvodnom zavarivanju uz ubrzano hlađenje cilj je dobiti mikrostrukture koje imaju veću otpornost na pojavu i propagaciju pukotina, stoga je potrebno razviti adekvatne tehnologije zavarivanja i dodatne materijale.

#### **4.8.1. Ubrzano hlađenje**

Ubrzano hlađenje čelika se tijekom operacije valjanja može provesti dva puta. Tijekom prve faze ubranog hlađenja potiče se usitnjavanje zrna ferita, a kod druge se faze ubranog hlađenja sprečava formiranje perlita tijekom hlađenja. Time se znatno povećava homogenost završne mikrostrukture. Najvažnije varijable kod procesa ubranog hlađenja su brzina hlađenja i temperatura zaustavljanja hlađenja. Posebni sustavi za hlađenje dozvoljavaju da se proces hlađenja provodi nakon druge i treće faze valjanja, a to im omogućuje njihova kompaktnost, tj. mogućnost instaliranja blizu sustava za valjanje.

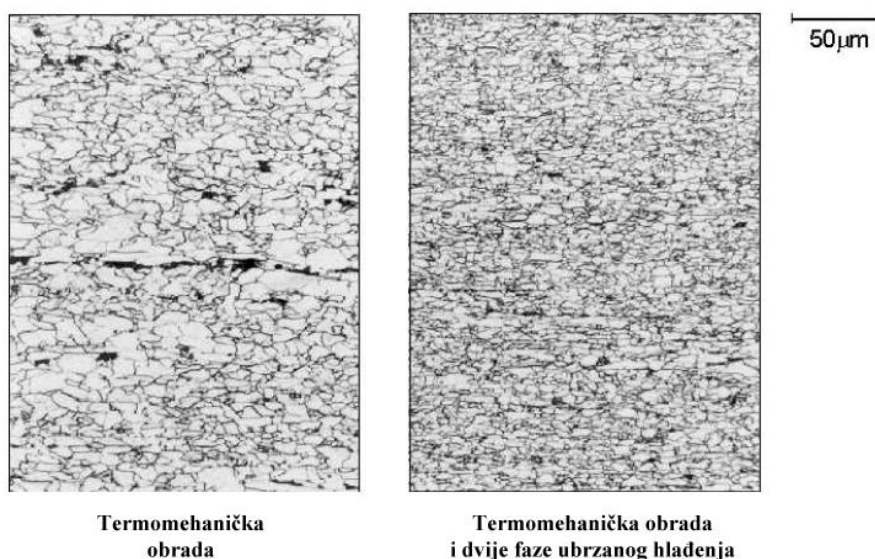
Glavni parametri valjanja kod termomehaničkog procesa valjanja su:

- Temperatura zagrijavanja materijala na kojoj se rastvaraju precipitanti karbonitrida;
- Tijek rekristalizacije za postizanje finog poligonalnog austenitnog zrna;
- Temperatura završetka valjanja koja se mora uskladiti s udjelom austenita koji još nije rekristaliziran;
- Udio deformacije pri određenom rasponu temperatura.

Ukoliko se pri procesu izrade čelika koristi i ubrzano hlađenje tada je u obzir potrebno uzeti i sljedeće parametre:

- Brzina ubrzanog hlađenja;
- Temperatura završetka ubrzanog hlađenja.

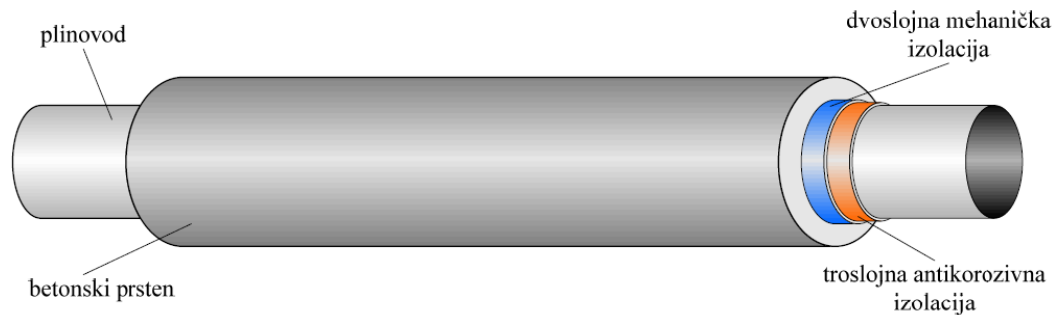
Naredna slika prikazuje utjecaj ubrzanog hlađenja, koje slijedi nakon prvog i drugog niza valjanja, na izgled mikrostrukture čelika s 0,04 % ugljika, 1,3 % mangana i 0,04 % niobija. Može se vidjeti da se kod termomehantički valjanog čelika u središtu debljine ploče većim dijelom formiraju perlitna zrna. Na desnoj slici može se vidjeti rezultat ubrzanog hlađenja u dvije faze. Ne samo da se feritna zrna usitnjavaju, nego se i perlit zamjenjuje sa bainitom. Time mikrostruktura ubrzanog hlađenog čelika postiže veću homogenost. Homogenost ove mikrostrukture također povećava čvrstoću i žilavost čelika dobivenog termomehantičkom obradom i ubrzanim hlađenjem.



Slika 4.6 Utjecaj ubrzanog hlađenja na mikrostrukturu termomehantički valjanih čelika [55]

#### 4.9. Projektiranje podvodnih plinovoda

U slučaju polaganja plinovoda ispod morske površine mogu se koristiti različite metode izrade, polaganja i spajanja. Ukoliko je prema projektu određeno, plinovod se može spajati na brodu i spuštati u more ili se spajanje može izvršiti iznad površine mora na cijevi položenoj na plutačama (izrazito pogodno za kraće relacije).



**Slika 4.7 Cijev otežana betonskim prstenom za polaganje na morsko dno [33]**

Kako se nalazišta nafte i plina sele u dublje vode tako se i podmorski cjevovodi instaliraju na sve većim dubinama, a time su i zahtjevi za materijalima boljih mehaničkih svojstava sve veći. U ovom je poglavlju dan primjer razvoja čelika gradacije X100 te su opisani neki od pristupa koji su razmatrani kod razvoja ovih čelika. Općenito su moguća tri različita pristupa u pogledu odabira kemijskog sastava i uvjeta hlađenja.

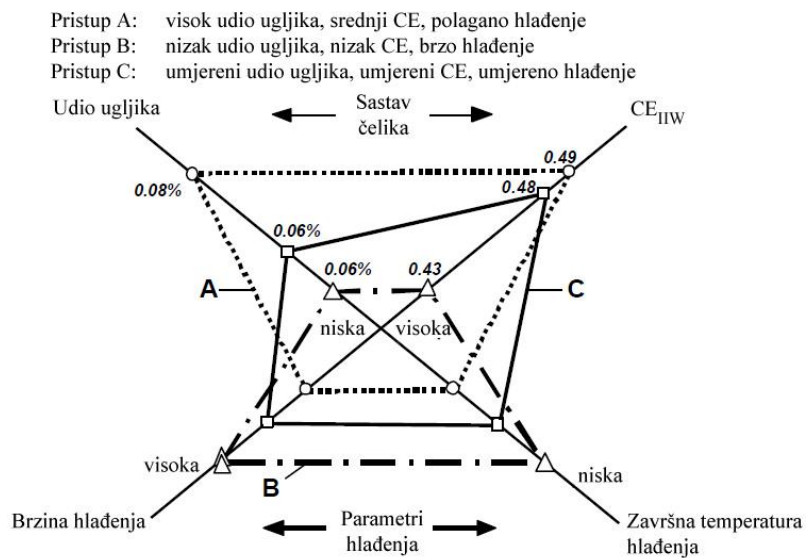


**Slika 4.8 Kraj cijevi otežane betonskim prstenom [68]**

- Pristup A, kod kojeg se uzima relativno visoki udio ugljika, ima nedostatak da je teško ispuniti uvjet dovoljne žilavosti koja bi spriječila lako stvaranje pukotina u materijalu. No, najvažniji nedostatak je taj što se time uvelike ograničava zavarljivost kod instalacije cjevovoda.
- Pristup B, koji je praktički jednak kaljenju do relativno niskih temperatura zaustavljanja hlađenja, rezultira nekontroliranim formiranjem nakupina martenzita u mikrostrukтури. Ovo za posljedicu ima ograničenje žilavosti osnovnog materijala te dovodi do smanjenja mehaničkih svojstava u zoni utjecaja topline prilikom zavarivanja. Ovaj se utjecaj ne može umanjiti ni vrlo niskim sadržajem ugljika, a da se time ne utječe na produktivnost. Štoviše, vrlo je teško ovim pristupom proizvesti cijev koja bi imala adekvatnu uniformnost mehaničkih svoj-

stava. Uzrok tome su lokalna zaostala naprezanja koja se javljaju tijekom operacije izravnavanja materijala, a koja je potrebna kod tankih stijenki (ploča) koje se prilikom kaljenja značajno deformiraju. Dosadašnje iskustvo je pokazalo da je najbolji pristup dobivanju čelika gradacije X100.

- Pristup C. Ovaj pristup omogućuje dobivanje željenih svojstava kroz optimirano valjanje u dvije faze i uz zadržavanje malog sadržaja ugljika, relativno visokog ekvivalenta ugljika te uz primjenu kontroliranog hlađenja. Također je važno napomenuti da je ovaj pristup moguće provesti uz korištenje već postojeće opreme za proizvodnju čelika nižih gradacija. Pristup C, koji podrazumijeva mali udio ugljika, unatoč relativno visokom ekvivalentu ugljika osigurava odličnu žilavost kao i zadovoljavajuću zavarljivost cijevi prilikom montaže cjevovoda. Kemijski sastav ove vrste čelika se stoga može smatrati prihvatljivim u okviru postojećih normi za proizvodnju cijevi za transport nafte i plina.



Slika 4.9 Glavni mehanizmi unaprjeđivanja čelika za cijevi [55]



**Slika 4.10 Zavarivanje plinovoda Platforma Ivana A – Platforma Garibaldi K [35]**

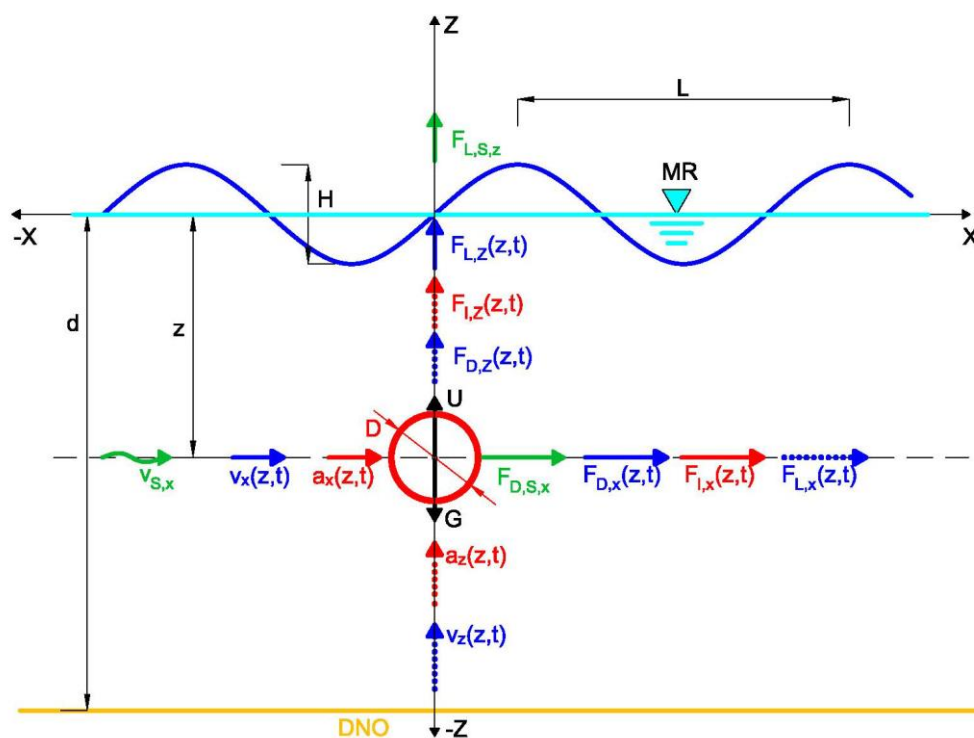


**Slika 4.11 Plinovod Platforma Ivana A – Platforma Garibaldi K  
(očišćeni zavareni spoj prije izoliranja) [35]**



Sile od istovremenog djelovanja gravitacije, stacionarne struje i valova koji djeluju na podmorski cjevovod su:

- statičke sile:
  - vlastita težina  $G$  [N] vertikalna;
  - hidrostatički uzgon  $U$  [N] vertikalna.
- hidrodinamičke sile od stacionarne morske struje:
  - sila otpora  $F_{D,S,x}$  [N] horizontalna;
  - sila dinamičkog uzgona  $F_{L,S,z}$  [N] vertikalna.
- hidrodinamičke sile od valova; tj. valno opterećenje:
  - sile otpora  $F_{D,x}(z,t)$  [N] i  $F_{D,z}(z,t)$  [N] horizontalna i vertikalna;
  - sile inercije  $F_{I,x}(z,t)$  [N] i  $F_{I,z}(z,t)$  [N] horizontalna i vertikalna;
  - sile dinamičkog uzgona  $F_{L,x}(z,t)$  [N] i  $F_{L,z}(z,t)$  [N] horizontalna i vertikalna.



Slika 4.12 Definijska skica za hidrodinamičke sile kod opstrujavanja horizontalnog uronjenog valjka stacionarnom morskom strujom brzine  $V_{S,x}$  i istovremenim nestacionarnim valnim djelovanjima vodnih čestica; tj. brzinama  $v_x(z,t)$  i  $v_z(z,t)$  te ubrzanjima  $a_x(z,t)$  i  $a_z(z,t)$  [37]



Slika 4.13 Postavljanje plastičnog ovala i kalupa oko mjesta zavarenog spoja [35]



Slika 4.14 Ulijevanje poliuretanske smole u prostor gdje je zavareni spoj [35]

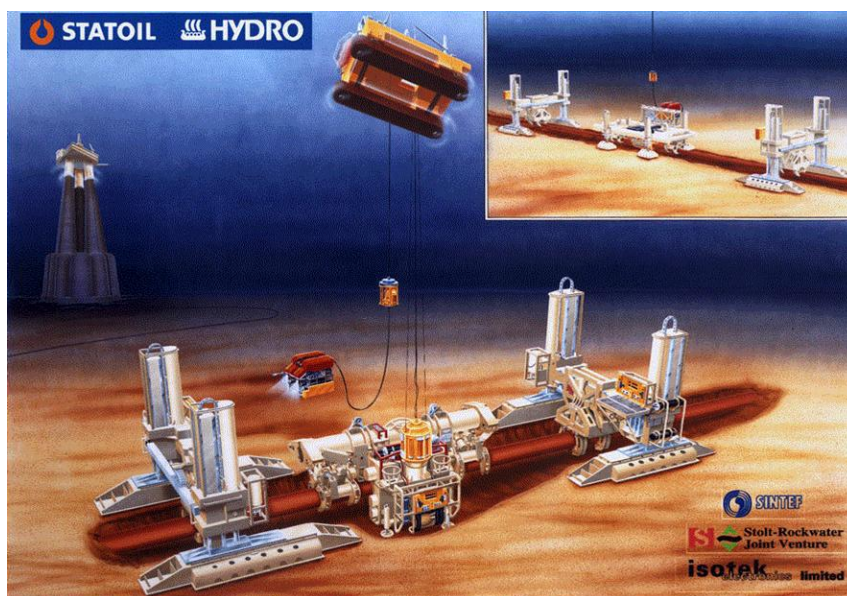
#### ***4.9.1. Suho podvodno zavarivanje***

Tehnike podvodnog zavarivanja dijele se u dvije osnovne skupine prema atmosferi u kojoj se zavarivanje odvija. Kod suhih tehnika, zavarivanje se odvija ili unutar raznih izvedbi podvodnih kutija za zavarivanje ili unutar podvodnih komora pri atmosferskom ili hiperbaričkom tlaku. Vrsta

plinovite atmosfere i ambijentalni tlak važni su čimbenici koji utječu na proces zavarivanja te na kvalitetu dobivenih zavarenih spojeva.



Slika 4.15 Zavarivačka komora PRS welding habitat [56]



Slika 4.16 Zavarivačka komora kao dio sustava Statoil - PRS welding habitat [56]

Kvaliteta zavarenih spojeva dobivenih suhim tehnikama zavarivanja je dobra i ponekad istovjetna kvaliteti spojeva zavarenih na kopnu jer je moguće postići A i O klase zavara prema specifikaciji za podvodno zavarivanje AWS D3.6. Ovako visoku kvalitetu zavara postiže se ne samo zahvaljujući okolnim uvjetima (zaštitna atmosfera, hlađenje zavara na zraku), već i zbog mogućnosti predgrijavanja i naknadne toplinske obrade nakon zavarivanja. Također, kod suhog zavarivanja postoje odlični uvjeti za pripremu spoja prije zavarivanja te ako je potrebno, lako se izvodi naknadno

brušenje. Cijene suhих podvodnih tehnika zavarivanja višestruko su veće od cijena zavarenih spojeva ostvarenih mokrim zavarivanjem zbog angažiranja velike količine prateće nadvodne i podvodne tehničke podrške za dubinska ronjenja. No, to nije uvijek moguće jer su zahtjevi za kvalitetu zavarenih spojeva nekad takvi da su ostvarivi jedino suhim zavarivanjem. Drugi nedostatak je nefleksibilnost postupka jer da bi se montirala komora potreban je jednostavan pristup mjestu zavarivanja, što kod nosećih konstrukcija platformi nije uvijek slučaj. Stoga se tehnike suhog zavarivanja koje uključuju komore i mini komore primjenjuju prvenstveno za zavarivanje podvodnih cjevovoda. Pri suhom zavarivanju primjenjuju se jednake tehnike rada kao u tvorničkim radionicama, a najčešće se zavaruje REL, TIG, MIG/MAG i FCAW postupcima ovisno o dubini, osnovnom materijalu, debljini osnovnog materijala, itd. Prema specifikaciji za podvodno zavarivanje AWS D3.6 tehnike suhog podvodnog zavarivanja dijele se u 4 osnovne varijante:

1. Zavarivanje u suhoj hiperbaričkoj komori;
2. Zavarivanje u suhoj zavarivačkoj mini-komori;
3. Atmosfersko podvodno zavarivanje;
4. Lokalno suho podvodno zavarivanje češće se zavaruje REL, TIG, MIG/MAG i FCAW postupcima.

#### ***4.9.2. Mokro podvodno zavarivanje***

Prvi izvještaj koji spominje primjenu podvodnog rezanja potječe iz 1918. godine gdje se opisuje popravak na parnom brodu St. Paul tijekom I. svjetskog rata. Također je zabilježeno više slučajeva podvodnog zavarivanja i rezanja tijekom II. svjetskog rata pri čemu se izdvaja popravljavanje potonulih brodova u Peral Harboru. Već tada sinonim za mokro podvodno zavarivanje bio je REL postupak ili ručno elektrolučno zavarivanje. Glavno područje primjene, osim brtvljenja pukotina odnosno otvora u trupovima brodova ispod vodene linije, bilo je (a i danas je) izgradnja luka i obala, a to se prije svega odnosi na popravak čeličnih vodonepropusnih zidova. Razvojem odobalne tehnologije mokro elektrolučno zavarivanje korišteno je u nizu slučajeva za popravke na plovnim odobalnim postrojenjima (platformama), podvodnim spremnicima i cjevovodima.

Dubine na kojima su se izvodili zavarivački zahvati, zanemarujući izuzetke, bile su u području do 50 m, u kojem se prema propisu o sprječavanju nezgoda ovisno o maksimalnom trajanju ronjenja kao zrak smije koristiti komprimirani zrak. Iako je u Meksičkom zaljevu provedeno jedno pokusno zavarivanje na dubini od 180 m, mokro ručno elektrolučno zavarivanje se, koliko je poznato, nije

koristilo na dubinama većim od 70 m, uz uvjet da su se pritom koristile posebne mješavine za disanje.



Slika 4.17 Mokro podvodno zavarivanje [69]

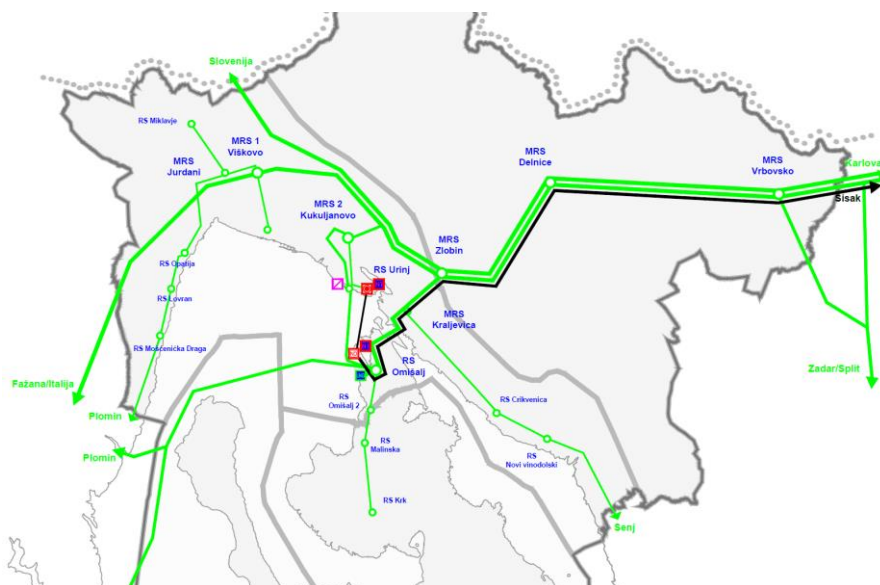
#### 4.10. Klasifikacija podvodnih zavara prema AWS D3.6

Procedure i klasifikacije za podvodno zavarivanje skupljene su u „Specifikaciji za podvodno zavarivanje AWS D3.6“, koja uzima u obzir čimbenike podvodnog okruženja. Prema AWS D3.6 postoje četiri klase zavarenih spojeva koje se označavaju slovima: A, B, C i O. Zavareni spojevi klase A uspoređuju se sa zavarenim spojevima dobivenim na suhom prema vrijednostima određenih komparativnih svojstava te zahtjevima za testiranje. Ova klasa zavarenog spoja najteža je za realizaciju i prvenstveno se ostvaruje suhim tehnikama zavarivanja. Zavareni spojevi klase B namijenjeni su za manje kritične primjene, kod kojih se može dopustiti niža duktilnost, veliki porozitet i visok stupanj diskontinuiteta. Klasa C označava zavarene spojeve koji se primjenjuju tamo gdje stupanj opterećenja nije primaran. Svi zavareni spojevi koji moraju zadovoljiti zahtjeve neke druge norme ili specifikacije spadaju u klasu O. Specifikacija AWS D3.6 u pravilu se dopunjava, popravlja te preuređuje svakih 5 godina kako bi se aktualizirala s modernim tehnologijama. Jedan od osnovnih čimbenika za postizanje odgovarajuće kvalitete zavarenih spojeva jest pravilan odabir ronioca-zavarivača. Osim odlične tehnike zavarivanja i vještine ronjenja potrebna je i visoka psihofizička sprema zavarivača. Iskustvo je pokazalo da zavarivači s odličnom psihofizičkom spremom mogu raditi pod vodom bez pauze maksimalno 4 sata. Duži rad od toga uzrokuje greške kod zavarivača uslijed nastalog umora. Kako bi se osigurala jedinstvena edukacija za sve ronioce-zavarivače diljem svijeta i u Europi razvili su se standardi za njihovu obuku.

#### 4.11. Elementi osiguravanja kvalitete za planiranu izgradnju podmorskog prijelaza plinovoda kopno - otok Krk

Kod odabira najpovoljnije trase mogućeg prijelaza proučene su detaljne karte kopna i podmorja te su odabrane četiri varijante koje su razmotrene, dvije zapadno od Krčkog mosta (po otočiću sv. Marko) i dvije istočno od mosta.

Temeljem analiza prednosti i nedostataka svake pojedine varijante, s osobitom pozornošću analizirana je konfiguracija terena na kopnu i pod morem, dužina podmorskog i kopnenog dijela, naseljenost, objekti i infrastruktura te zahtjevi drugih korisnika. Podmorski prijelaz plinovoda biti će izveden ulaskom u more u Tihom kanalu i izlazom kod rta Vošćica. Ukupna dužina cjevovoda pod morem iznosi 730 m. Maksimalna dubina mora, na sredini kanala Mala vrata, iznosi oko 55 m.



Slika 4.18 Prostorni plan Primorsko-goranske županije energetskega sustava, plinovodi (zeleno) i naftovodi (crno) [33]

Na razmaku od minimalno 50 m, paralelno s magistralnim plinovodom, položiti će se cjevovod naftovodnog sustava JANAF, kao obilazni naftovod, koji će zamijeniti postojeću dionicu naftovoda, koji prolazi Krčkim mostom.

Izbor metode polaganja podmorskog cjevovoda biti će razrađen u detaljnoj projektnoj dokumentaciji, a ovisiti će o sigurnosnim uvjetima, opremi, uvjetima mora i dr., što se pri projektiranju mora uzeti u obzir.

Zbog profila trase, podmorski dio izvesti će se uz manje podvodne zemljane radove. Niveleta će se pripremiti na način da cijev priligne na dno bez prethodnog savijanja.

U praksi postoji nekoliko metoda polaganja cjevovoda po morskom dnu:

- ukopavanje cjevovoda u morsko dno;
- polaganje cijevi, koje su tvornički obrađene s betonskim prstenima;
- polaganje cjevovoda na koje se postavljaju armiranobetonske ploče.

Ukopavanje cjevovoda u morsko dno izvodi se robotima bez ljudske posade. Istovremeno se kopa rov, postavlja cjevovod i zatrpava iskopani rov. Ova metoda se koristi kod polaganja magistralnih cjevovoda velikih duljina. Debljina betonskog prstena na cjevovodu ovisi o promjeru cjevovoda i uzgonu, koji se trebaju proračunati.

Polaganje cjevovoda s tvornički obrađenim cijevima, koje su betonsko otežane, izvode se na posebnim brodovima (baržama). Sekcije cjevovoda se vare, a po potrebi se zavareni dijelovi zabetoniraju s brzovezujućim cementom ili oblože s plastikom. Nakon toga se polažu na morsko dno. Polaganje cjevovoda, na koje se postavljaju armiranobetonske ploče, koriste se kod manjih dubina i duljina cjevovoda. Međutim, ovdje postoji mogućnost da ribarski brodovi mrežama zahvate armiranobetonske ploče te ih pomaknu i na taj način oštete cjevovod. Isti je slučaj i s jačim morskim strujama.

Također, polaganje podmorskog cjevovoda na morsko dno može se postići:

- direktnim polaganjem s barže na kojoj se cijevi spajaju zavarivanjem;
- navlačenjem prethodno spojenih cijevi s kopna.

Polaganje cjevovoda s barži koristi se pri dužim cjevovodima. Cijevi se na barži zavaruju, a potom spuštaju na dno. U slučaju polaganja cjevovoda ovom metodom ne mogu se obavljati intervencije na morskom dnu.

Kod postupka polaganja cjevovoda navlačenjem, cjevovod je spojen na kopnu i dopremljen na krajnju poziciju. Pri ovom načinu je potrebno u priobalnom području ulaska u more iskopati rov koji treba biti dovoljno velikih dimenzija da se cjevovod može nesmetano ukopati. Ova metoda se koristi kod cjevovoda manjih dužina u priobalnim područjima.

U Glavnom projektu izraditi će se analiza stabilnosti naftovoda i optičkog kabla na morskom dnu, kako bi se odredila potrebna težina betonske obloge. U plitkim vodama i zonama ispiranja, gdje se stabilnost ne može postići samo povećanjem betonske obloge, cjevovod će trebati neophodno ukopati.

U razradi tehničke dokumentacije provesti će se sva potrebna ispitivanja i analize koje obuhvaćaju potrebna razmatranja svih opterećenja koja se pojavljuju tijekom rada (morski valovi, morske struje, tlak, temperatura, težina cjevovoda i sl.).

Plinovod će se izvesti tako da je moguće plin otpremati u oba smjera, od PČ Zlobin prema MRS Omišalj i obrnuto. Čišćenje plinovoda treba predvidjeti za oba smjera. Sva ugrađena oprema treba odgovarati ANSI (*American National Standard*) B16.5 - *Maximum Pressure and Temperature Ratings* - klasa 600.

Podzemne dionice plinovoda treba antikorozivno zaštititi s vanjske strane tvorničkom polietilenskom izolacijom. Epoksidnim smolama vrši se antikorozivna zaštita iznutra. Nadzemni sklopovi i armatura zaštićuju se antikorozivnom bojom.

Prijelazi plinovoda ispod cesta i željezničke pruge treba izvesti bušenjem, ovisno o rješenjima iz Glavnog projekta. Na dijelovima trase, gdje se plinovod polaže u rov preko većih uspona i strmina, potrebno je predvidjeti način izvođenja radova koji apsolutno sigurno rješava taj vrlo osjetljiv problem. Primjerice, u takvim slučajevima svakako treba razmotriti sidrenje cjevovoda.

Na cijeloj dužini cjevovoda treba osigurati puni svijetli otvor. Minimalni radijus zakrivljenosti lukova, koji se dozvoljava, je pet vanjskih promjera plinovoda. Radijusi na plinovodu izvedeni hladnim savijanjem moraju biti veći od četrdeset vanjskih promjera plinovoda. Iznad čitave duljine plinovoda, na visini 30 cm iznad tjemena cijevi, mora se postaviti PVC traka upozorenja o postojanju plinovoda na određenoj lokaciji.





Slika 4.19 Kopanje rova u moru uz obalu za plinovod Platforma Ivana K – Pula [35]



Slika 4.20 Deponija cijevi na barži za plinovod Platforma Ivana A – Platforma Garibaldi K [35]

Tehnički podaci za plinovod kopno – otok Krk:

- Vanjski promjer plinovoda..... $D = 1016 \text{ mm (40")}$
- Maksimalni volumni protok..... $q_p = 000 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{h}$
- Ukupna dužina plinovoda..... $L = 17\ 862 \text{ m}$
- Dužina plinovoda na kopnu..... $L_k = 10\ 072 \text{ m}$
- Dužina plinovoda pod morem..... $L_n = 730 \text{ m}$
- Dužina plinovoda na otoku Krku..... $L_o = 7050 \text{ m}$
- Maksimalni dozvoljeni tlak u plinovodu..... $p = 100 \text{ bar}$

- Norma za cjevovod API 5L kvaliteta materijala X-70 (obuhvaća toleranciju u dimenziji i debljini stijenke, kemijski sastav, zahtjeve na čvrstoću, metode ispitivanja čvrstoće, načine uzimanja uzoraka, hidrottest u tvornici, označavanje na cijevima);
- Norma za antikorozivnu izolaciju DIN 30670, norma za podmorske cjevovode - Rules for Submarine Pipelines Systems.

Primarni sustav zaštite od korozije je tvornička izolacija cjevovoda PE trakama u skladu s EN 30 670, koje imaju uobičajenu debljinu 3,5 mm i gustoću od 950 kg/m<sup>3</sup>. Tijekom polaganja cjevovoda, spojevi koji se zavaruju na terenu biti će obloženi antikorozivnim trakama ili rukavicama, koje se primjenjuju nakon zavarivanja. Ta antikorozivna zaštita odnosi se na vanjski plašt cjevovoda. Unutrašnja zaštita cjevovoda postiže se epoksiodnim premazom iznutra.



Slika 4.21 Polaganje odobalnog plinovoda [35]

#### 4.12. Zahtjevi za osiguravanje kvalitete

Kod izgradnje cjevovoda velikih promjera za transport nafte i plina nužno je da se između naručitelja i proizvođača cijevi dogovore zahtjevi kvalitete isporučenih cijevi. Time se kroz ugovore osigurava visoka sigurnost isporučenih cijevi, a proizvođač cijevi na sebe prima odgovornost za kvalitetu cijevi.

Načini proizvodnje, svojstva materijala kao i ostali zahtjevi kvalitete cijevi te način njihove kontrole su propisani normama. Prilikom izrade cijevi za transport nafte i plina u današnje se vrijeme koriste norme API 5L ili ISO 3183. U ovom će dijelu biti dan sažet pregled zahtjeva koji moraju biti ispunjeni u pogledu ovih normi.

Ovdje je bitno napomenuti da se kroz normu API 5L i novu normu ISO 3183:2007 daju zahtjevi za dvije razine kvalitete, tj. za standardnu kvalitetu cijevi (PSL1) i za posebnu kvalitetu cijevi (PSL2). Također, kroz posebne dodatke ovim normama propisuju se uvjeti za cijevi specijalne namjene, tj. za cijevi za odobalne cjevovode, cijevi za transport nafte i plina s povećanim udjelom sumporovodika i za cijevi kod kojih se traži povećana otpornost na krhki lom. Stara verzija norme ISO 3183 bila je podijeljena u tri dijela koja su obuhvaćala nešto drugačiju podjelu kvalitete, no ona se danas više ne primjenjuje.

U poglavlju o čelicima za izradu cijevi za transport plina već je dan pregled nekih materijala i njihovih oznaka. Bitno je napomenuti da su normom propisane vrijednosti kemijskog sastava i mehaničkih svojstava, no na proizvođaču cijevi je da kroz tehnološku razradu procesa proizvodnje osigura tražena svojstva kroz cijeli presjek cijevi. Kod izrade šavnih cijevi propisani su postupci zavarivanja koji se mogu koristiti ovisno o materijalu od kojeg se izrađuje cijev kao i njezinom promjeru te debljini stijenke cijevi. Za izradu cijevi većih promjera kvalitete PSL2 tako su uglavnom propisani HF postupak i EPP postupak uz mogućnost kombiniranja EPP zavarivanja s ostalim elektrolučnim postupcima, kao što je i objašnjeno u poglavlju o proizvodnji šavnih cijevi. Ovo vrijedi za sve materijale do gradacije X80 prema API 5L (L555 prema ISO 3183). Kod čelika viših mehaničkih svojstava, tj. do gradacije X120 (L830) dozvoljeno je korištenje isključivo EPP postupka zavarivanja kod uzdužno i spiralno zavarenih šavnih cijevi.

Također, normom je propisano postupanje s pripojima. Oni se ovisno o zahtjevima mogu raditi različitim postupcima elektrolučnog ili elektrootpornog zavarivanja. Također, u procesu izrade cijevi pripoji se mogu protaliti kod zavarivanja ili se ovisno o zahtjevima moraju mehanički odstraniti prije zavarivanja. Ovi zahtjevi ovise o razini zahtijevane kvalitete cijevi, tj. o njezinoj namjeni kao i o primijenjenim postupcima zavarivanja prilikom izrade. Kod elektrootpornih postupaka zavarivanja cijevi od čelika gradacija većih od X42 (L290) zavar i zona utjecaja topline se moraju toplinski obraditi na način da se simulira toplinska obrada normalizacije, osim u slučaju kada naručitelj pristaje na alternativni postupak toplinske obrade. Kod izrade šavnih cijevi ovim postupcima, a čija je gradacija manja od X42, toplinska obrada se mora provesti samo na zavaru i to tako da se simulira normalizacija materijala zavara. Alternativno, cijev se može obraditi na takav način da se eliminira martenzitna struktura u čeliku.

Kod laserskog zavarivanja i kod visokofrekventnog zavarivanja cijevi posebne kvalitete (PSL2) izrađenih od svih gradacija čelika toplinska obrada se također mora provesti na način da se simulira normalizacija zavara i zone utjecaja topline.



Slika 4.22 Tunnel na cjevopolagaču za zavarivanje plinovoda Platforma Ivana K – Pula [35]

#### 4.12.1. Kriteriji prihvatljivosti

Normama API 5L i ISO 3183 dani su određeni kriteriji prihvatljivosti koje mora zadovoljavati svaka cijev ovisno o razini kvalitete. Pod kriterije prihvatljivosti ubrajaju se kemijski sastav materijala cijevi kao i njegova mehanička svojstva. Ovdje je potrebno još dodatno naglasiti da se kod cijevi kvalitete PSL2, prilikom izračunavanja ekvivalenta ugljika, uzima formula  $CE_{Pcm}$  za čelike čiji je udio ugljika jednak ili manji od 0,12 %, a  $CE_{IIW}$  za čelike čiji je udio ugljika veći od 0,12 %. Kemijski sastavi su propisani u tablicama unutar normi i dani su za cijevi debljina stijenki  $\leq 25$  mm. Za stijenke većih debljina mogu se koristiti iste tablice ili se kemijski sastav utvrđuje prema dogovoru s naručiteljem.

Mehanička svojstva materijala cijevi su također dana tablicama unutar normi. Općenito se može reći da su tablicama propisana mehanička svojstva osnovnog materijala cijevi i zavara. Mehanička svojstva osnovnog materijala cijevi propisana su granicom razvlačenja u transverzalnom smjeru  $Rt 0,5$ , vlačnom čvrstoćom,  $Rm$  i istežljivošću,  $Af$ . Mehanička svojstva zavara propisana su njegovom minimalnom vlačnom čvrstoćom. Kod cijevi kvalitete PSL2 propisani je omjer između granice razvlačenja i vlačne čvrstoće osnovnog materijala. Ovaj omjer uglavnom mora biti manji od 0,93 za čelike gradacije do X80, a nešto veći za čelike viših gradacija. Također, kod cijevi kvalitete PSL2 dane su i maksimalne vrijednosti mehaničkih svojstava.

Jedan od najvažnijih kriterija prihvatljivosti kod izrade cijevi za transport nafte i plina je zadovoljavajući rezultat prilikom hidrostatske tlačne probe. Cijev mora zadovoljiti ovaj test bez ikakvog propuštanja na mjestu zavarenog spoja ili u bilo kojem dijelu osnovnog materijala cijevi.

Normama API 5L i ISO 3183 propisani su kriteriji prihvatljivosti za više mehaničkih testova koji se provode tijekom proizvodnje cijevi. Ovi su kriteriji uglavnom ovisni o materijalu, debljini stijenke i promjeru cijevi kao i o zahtijevanoj kvaliteti cijevi (PSL1 ili PSL2).

Mehanički testovi koji se provode u sklopu proizvodnje šavnih cijevi su sljedeći:

- Test spljoštenja presjeka cijevi;
- Vođeni test savijanja;
- Udarna radnja loma osnovnog materijala, ZUT-a i zavara;
- Test udarne izdržljivosti (DWT).

Posebna pažnja pri zadovoljavanju kriterija prihvatljivosti posvećuje se i stanju površine, tj. njezinim nesavršenostima i nepravilnostima. Uglavnom, opći je zahtjev da sve cijevi budu bez defekata i pukotina u završnom stanju. Ugorine nastale prilikom zavarivanja su prihvatljive ukoliko nisu dublje od 0,4 mm. Mogu biti prihvatljive i ukoliko im je dubina do 0,8 mm, ali uz zadovoljavanje posebnih uvjeta koji se odnose na postotak takvih ugorina na duljinu cijevi ili na njihov udio u debljini stijenke cijevi. Također, posebnu pažnju na površini cijevi treba obratiti na mjesta površine oštećena djelovanjem električne struje. Ovakva oštećena mjesta se uglavnom klasificiraju kao greške površine koje ne udovoljavaju kriterijima prihvatljivosti. Ukoliko se na krajevima cijevi nalaze slojevi uključaka unutar materijala duljine veće od 6,4 mm, oni se smatraju greškom. U takvim slučajevima cijev se odbacuje iz daljnjeg tijeka proizvodnje ili se kraj cijevi skraćuje do duljine na kojoj više nema uključaka ili slojavosti po presjeku stijenke.

U površinske nepravilnosti ubrajaju se i nagle promjene dimenzija na površini nastale uslijed procesa formiranja cijevnog profila ili preoblikovanja cijevi, a koje prelaze dubinu veću od 3,2 mm od normalnog profila cijevi. Ukoliko na površini cijevi postoji mjesto povišene tvrdoće veće od 50 mm u bilo kojem smjeru, a na kojem vrijednost tvrdoće prelazi 345 HV<sub>10</sub>, cijev se odbacuje ili se cijev skraćuje na način da se taj dio materijala odstrani. Ostale površinske nepravilnosti čija je dubina manja od 0,125 t, a da pri tome debljina stijenke cijevi na tom mjestu zadovoljava minimalnu potrebnu debljinu, ne smatraju se greškama te ih stoga nije potrebno ispravljati. U slučaju nepravilnosti čija je dubina veća od 0,125 t, a da debljina stijenke cijevi na tom mjestu svejedno zadovoljava, takva se nepravilnost može popraviti ukoliko je to moguće. Nepravilnosti kod kojih je na jednom dijelu stijenka cijevi tanja od propisane mogu se popraviti navarivanjem, odrezivanjem dijela cijevi ili se takva cijev može odbaciti kao neprihvatljiva.

Dimenzije cijevi se uglavnom dogovaraju s naručiteljem no, prema normi API 5L / ISO 3183, definirana su dozvoljena odstupanja od promjera i debljine stijenke. Bitno je da se održava kontinuitet koji omogućuje spajanje cijevi prilikom montaže cjevovoda. Tolerancije odstupanja od promjera za šavne cijevi velikih promjera ( $610 \text{ mm} < D \leq 1422 \text{ mm}$ ) propisane su kao  $\pm 0,005 D$ , ali do maksimalno  $\pm 4,0 \text{ mm}$  kroz dužinu cijevi, tj. maksimalno  $\pm 1,6 \text{ mm}$  na krajevima cijevi. Za cijevi promjera većih od  $1422 \text{ mm}$  sve tolerancije se određuju prema dogovoru. Određene su i tolerancije kružnosti i one su za cijevi većih promjera definirane kao  $0,015 D$  po dužini cijevi ili  $0,01 D$  na krajevima cijevi za cijevi kod kojih je omjer  $D/t \leq 75$ , odnosno prema dogovoru za cijevi kod kojih je ovaj omjer veći. Tolerancija debljine stijenke za šavne cijevi debljina stijenki od  $5$  do  $15 \text{ mm}$  određena je kao  $\pm 10 \%$  debljine stijenke, s time da se ove tolerancije ne odnose na zavareni spoj. Dužine cijevi se dogovaraju s naručiteljem i prema normi njihovo približno odstupanje od te dužine može biti  $\pm 500 \text{ mm}$ . Također, ukupno odstupanje od ravne linije cijevi (savinutost) može biti  $\leq 0,2 \%$  ukupne dužine, dok se na pojedinim mjestima dopušta maksimalno odstupanje od  $4 \text{ mm}$  na jedan metar dužine cijevi.

Krajevi šavnih cijevi se trebaju odrezati pod pravim kutom u odnosu na os cijevi. Kod debljina stijenki većih od  $3,2 \text{ mm}$ , ako nije drugačije dogovoreno, stijenka se mora obraditi kao priprema za zavarivanje. Kut skošenja stijenke cijevi iznosi  $30^\circ + 5^\circ$  s pripremom korijenskog dijela  $1,6 \text{ mm} \pm 0,8 \text{ mm}$ .

Normom su također propisane i tolerancije zavara šavne cijevi. Tako se kod elektrootpornog i laserskog zavarivanja propisuje da ukupan zavareni presjek zavara ne smije biti manji od propisane debljine stijenke cijevi. Kod EPP zavarivanja i njegove kombinacije s drugim elektrolučnim postupcima radijalno odstupanje krajeva plašta cijevi na zavarenom spoju mora biti manje od  $1,5 \text{ mm}$  za debljine stijenke cijevi  $\leq 15 \text{ mm}$ , dok za veće debljine stijenke iznosi maksimalno  $10 \%$  debljine odnosno maksimalno  $2,5 \text{ mm}$ .

#### **4.13. Kontrola kvalitete**

Normama API 5L i ISO 3183 propisane su procedure kontrole kvalitete. One se odnose na učestalost kontrole, izuzimanje uzoraka i provedbu ispitivanja tijekom proizvodnje cijevi. Već su ranije navedena neka od ispitivanja koja se provode, a u ovom će dijelu biti opisani načini na koji se ova ispitivanja provode prema uputama iz normi. Ispitivanja možemo podijeliti na mehanička i nerazorna.

#### **4.13.1. Mehanička ispitivanja**

Učestalost pojedinih mehaničkih ispitivanja dana je tablicama u normi API 5L / ISO 3183 posebno za cijevi kod kojih se zahtijeva razina kvalitete PSL1, a posebno za cijevi kod kojih se zahtijeva razina kvalitete PSL2. Učestalost ispitivanja kod šavnih cijevi velikih promjera razine kvalitete PSL1 je tako određena na sljedeći način. Vlačno ispitivanje materijala tijela cijevi radi se jednom po seriji kod koje nema promjene u postotku hladne deformacije.

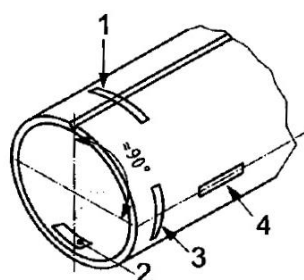
Postotak hladne deformacije određuje proizvođač cijevi, a njegova promjena po seriji smije iznositi najviše 0,2 %. U suprotnom je potrebno načiniti novo vlačno ispitivanje tijela cijevi. Vlačno ispitivanje zavara na uzdužno ili spiralno zavarenoj cijevi radi se na jednak način, s time da je potrebno uzeti uzorak od oba zavara kod cijevi s dva šava. Također, potrebno je uzimati uzorke za vlačno ispitivanje zavara barem jednom tjedno sa svakog stroja za zavarivanje. Testovi savijanja zavara provode se jednom u seriji koja nije veća od 50 dužina pojedinačnih cijevi. Test savijanja zavara provodi se samo na cijevima zavarenim elektrolučnim zavarivanjem, dok kod cijevi zavarenih laserskim ili elektrotopnim postupcima zavarivanja nije potrebno raditi test savijanja zavara već se umjesto toga radi test spljoštenja presjeka cijevi.

Kod svih cijevi, neovisno o postupku kojim su izrađene, potrebno je provesti hidrostatsko tlačno ispitivanje. Makro izbrusak zavarenog spoja izrađenog elektrolučnim postupcima zavarivanja izuzima se barem jednom kod svake izmjene dimenzija cijevi koje se proizvode. Izuzimanje uzoraka vrši se na početku proizvodnje svake nove kombinacije dimenzija cijevi prilikom čega se provjeravaju zavar i zona utjecaja topline. Ukoliko se nakon zavarivanja ne provodi toplinska obrada potrebno je metalografskim ispitivanjem provjeriti da li u strukturi zavarenog spoja ima zaostalog martenzita. Također, metalografska ispitivanja se provode i na zavarima dobivenim visokofrekventnim zavarivanjem i to kod svake promjene kombinacija dimenzija cijevi ili prilikom promjene gradacije materijala. Promjer cijevi i kružnost se provjeravaju prilikom svake izmjene dimenzija, ali i svaka 4 sata tijekom proizvodnje cijevi. Debljina stijenke se provjerava na svakoj cijevi. Ovisno o tehnologiji i želji proizvođača, u tijeku procesa izrade cijevi mogu se raditi i ostale kontrole dimenzija cijevi. Kod cijevi velikih promjera kontrola mase, kao i vizualna kontrola, moraju se provesti na svakoj pojedinoj cijevi.

Kod cijevi kod kojih se zahtijeva razina kvalitete PSL2, uz sva navedena ispitivanja koja se provode u istom obimu, dodatno se provode još i ispitivanja udarne radnje loma osnovnog materijala i zavara. Ovisno o dimenzijama cijevi i debljini stijenke cijevi, ispitivanja udarne radnje loma se u

nekim slučajevima ne mogu provesti te stoga nisu nužna. Također, test udarne izdržljivosti se ovisno o dogovoru s naručiteljem može provoditi na cijevima vanjskog promjera koji je jednak ili veći od 508 mm.

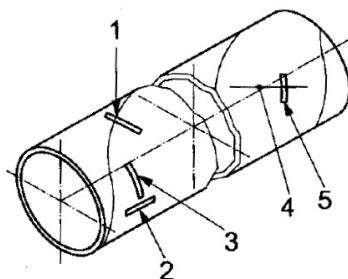
Uzorci za mehanička ispitivanja moraju se izuzeti iz cijevi na način kako to propisuje norma. Slika 4.23 prikazuje mjesta i orijentaciju vađenja uzorka kod uzdužnih i spiralnih šavnih cijevi. Bitno je naglasiti da se, ovisno o dimenzijama stijenke i promjeru cijevi, uzorci postavljaju u transverzalnom smjeru mogu izravnati ili se mogu izuzeti iz deblje stijenke većeg promjera tako da budu ravni. Ukoliko nije moguće provesti izravnavanje uzoraka mogu se koristiti i zaobljeni uzorci izuzeti iz cijevi.



Oznaka

- 1 W - transverzalni uzorak na liniji uzdužnog zavara
- 2 T180 - transverzalni uzorak na  $\sim 180^\circ$  od linije uzdužnog zavara
- 3 T90 - transverzalni uzorak na  $90^\circ$  od linije uzdužnog zavara
- 4 L90 - longitudinalni uzorak na  $90^\circ$  od linije uzdužnog zavara

a) Uzdužno zavarene šavne cijevi



Oznaka

- 1 W - transverzalni uzorak na liniji spiralnog zavara
- 2 L - longitudinalni uzorak pomaknut min. za  $1/4$  širine trake od linije spiralnog zavara
- 3 T - transverzalni uzorak pomaknut min. za  $1/4$  širine trake od linije spiralnog zavara
- 4 - linija zavarenog spoja između dvije trake
- 5 WS - transverzalni uzorak pomaknut min. za  $1/4$  širine trake od spoja spiralnog zavara i zavara između dvije trake

b) Spiralno zavarene šavne cijevi

**Slika 4.23 Prikaz načina vađenja uzoraka kod uzdužnih i spiralnih šavnih cijevi [33]**

Kod uzdužnih šavnih cijevi, obično se kod velikih promjera cijevi izuzima jedan uzorak u transverzalnom smjeru za provedbu vlačnog ispitivanja osnovnog materijala i po jedan uzorak okomito na liniju zavarivanja za provedbu vlačnog ispitivanja zavarenog spoja. Okomito na liniju zavarenog spoja izuzimaju se dva uzorka za test vođenog savijanja zavara. Kod spiralnih šavnih cijevi



uzorci se izuzimaju u istoj mjeri s time da se mora obratiti pažnja da uzorci koji se izuzimaju na mjestu zavora budu postavljeni transverzalno te da se zavor nalazi u središtu izuzetog uzorka. Također, kod spiralno zavarenih šavnih cijevi izuzimaju se uzorci za ispitivanje savijanjem na mjestima gdje se spiralno formirana traka prekida, tj. na mjestima gdje je ona spojena zavarivanjem sa idućom trakom prilikom procesa izrade kontinuirane trake. Za ispitivanje udarne radnje loma iz cijevi se izuzimaju po tri transverzalna uzorka u osnovnom materijalu, zavaru i zoni utjecaja topline kod elektrolučno zavarenih šavnih cijevi, a kod visokofrekventno zavarenih cijevi iz praktičnih se razloga ne izuzimaju uzorci u zoni utjecaja topline. Za ispitivanje udarne izdržljivosti padajućim batom (DWT) izuzimaju se po dva uzorka u transverzalnom smjeru.

Svi postupci mehaničkog ispitivanja su propisani normama. Kod vlačnog ispitivanja osnovnog materijala cijevi potrebno je odrediti granicu razvlačenja, vlačnu čvrstoću i postotak produljenja nakon loma. Kod vlačnog ispitivanja zavora potrebno je odrediti prekidnu vlačnu čvrstoću. Većina mehaničkih ispitivanja koje se provode kod izrade cijevi velikih promjera propisana je normom ASTM A 370. Norma API RP 5L3 propisuje provedbu ispitivanja padajućim batom (DWT). Normama API 5L / ISO 3183 dane su neke specifičnosti ovih testova koje su bitne za provedbu ispitivanja kod proizvodnje šavnih cijevi.

Kod provedbe hidrostatskog tlačnog ispitivanja na šavnim cijevima velikih promjera propisano je da se ispitivani dio cijevi mora držati pod punim opterećenjem minimalno 10 sekundi. Kako bi se osigurala sigurnost u pogledu da se svaka cijev ispita do zahtijevanog tlaka u propisanom trajanju, svaki uređaj za hidrostatsko testiranje (osim onih uređaja koji se koriste za ispitivanje isključivo neprekinutih kontinuiranih cijevi) mora biti opremljen s jedinicom za bilježenje ispitnog tlaka i vremena kod svake pojedine cijevi. Alternativno, svaki uređaj za hidrostatsko ispitivanje mora biti opremljen nekom vrstom automatskog mehanizma koji onemogućava da se cijev proglasi ispitivom dok ne zadovolji kriterije (propisani tlak i vrijeme ispitivanja). Zapisi o hidrostatskom ispitivanju svake cijevi moraju biti uvijek dostupni na pregled nadzoru određenom od strane kupca. Uređaj za mjerenje hidrostatskog tlaka mora biti umjeren maksimalno četiri mjeseca prije svakog ispitivanja. Ukoliko proizvođač cijevi tako odluči, ispitni tlak može biti viši od propisanog.

#### **4.13.2. Nerazorna ispitivanja**

Uz sva mehanička ispitivanja, na uzorcima koji se tijekom proizvodnje izuzimaju iz cijevi neizostavan dio kontrole kvalitete su i nerazorna ispitivanja. Nerazorna ispitivanja se provode kontinuirano tijekom proizvodnje i pod njima se podrazumijevaju sve vrste mjerenja i pregleda koja se obavljaju bez izuzimanja uzoraka iz cijevi. Kao i kod svake proizvodnje i ovdje je vizualna kontrola neizostavan dio kontrole kvalitete.

Prema normama API 5L i ISO 3183 vizualni pregled se mora izvršiti na svakoj cijevi pri osvjetljenju minimalno 300 lx. Tijekom vizualne kontrole pregledava se ukupna vanjska površina cijevi te unutarnja površina do mjere u kojoj je to moguće. Kod cijevi velikih promjera uglavnom se zahtijeva i potpuna vizualna kontrola unutarnje površine cijevi. Vizualni pregled obavlja isključivo za to osposobljeno i certificirano osoblje. Alternativno, kod vizualne kontrole mogu se koristiti automatizirane metode koje dokazano mogu detektirati sve površinske nepravilnosti.

Površina hladno valjanih šavnih cijevi mora se pregledati radi utvrđivanja eventualnih geometrijskih nepravilnosti. Ukoliko se tijekom kontrole utvrdi da uzrok geometrijskih nepravilnosti nisu mehanička oštećenja, već se ukaže sumnja na mogućnost postojanja područja povećane tvrdoće, takvim se područjima moraju izmjeriti dimenzije i tvrdoća. Ukoliko povećanje tvrdoće ne udovoljava određenim zahtjevima norme, s takvim se područjima mora postupiti na propisani način, kao što je već ranije opisano u poglavlju o kriterijima prihvatljivosti.

Kontrola dimenzija se također kontinuirano provodi tijekom procesa proizvodnje cijevi. Promjer cijevi se mora provjeravati minimalno jednom u svaka četiri sata. Određivanje promjera cijevi se može provesti različitim mjernim instrumentima kao što su trake za mjerenje opsega cijevi, mjerni prsteni, pomična mjerila i optički uređaji za mjerenje. Određivanje kružnosti cijevi izvodi se na način da se u istom presjeku cijevi izmjeri minimalni i maksimalni promjer cijevi. Ovisno o zahtjevima i načinu proizvodnje cijevi, određivanje kružnosti može se izvesti mjerenjem unutarnjeg ili vanjskog promjera. Mjerenje debljine stijenke cijevi može se izvesti pomoću mehaničkog pomičnog mjerila ili pravilno kalibriranih uređaja za nerazorna ispitivanja. U slučaju nepoklapanja ovako dobivenih vrijednosti, prednost ima vrijednost izmjerena mehaničkim pomičnim mjerilom. Osim vizualne kontrole i kontrole dimenzija cijevi, normama je propisana i provedba ostalih nerazornih ispitivanja. Osoblje za provedbu ultrazvučnih, radiografskih, elektromagnetskih i ostalih nerazornih ispitivanja također mora biti kvalificirano za svaku od ovih metoda. Kvalificirano osoblje mora kontinuirano raditi sa ovim metodama ispitivanja. Ukoliko je prošlo više od godinu dana

od posljednjeg doticaja s nekom od metoda, kvalificirana osoba mora ponovno proći proces rekvalifikacije. Normom ISO 11 484 propisane su sve procedure kvalificiranja osoblja za nerazorna ispitivanja. Metode nerazornih ispitivanja su standardizirane te se moraju provoditi prema za njih propisanim normama uz ispunjavanje uvjeta propisanih normom API 5L, tj. ISO 3183.

Standardizirane metode nerazornih ispitivanja koje se koriste za kontrolu kvalitete prilikom izrade cijevi velikih promjera su sljedeće:

- Radiografska ispitivanja;
- Ultrazvučna ispitivanja;
- Elektromagnetska ispitivanja;
- Ispitivanja feromagnetskim česticama;
- Ispitivanja penetrantima.

Kod proizvodnje svih šavnih cijevi velikih promjera, šavni zavar se mora ispitati nerazornim ispitivanjima cijelom dužinom, tj. mora se izvršiti kontrolu 100 % zavara. Također, u istom omjeru se moraju ispitati i zavari spojeva čeličnih traka kod izrade spiralnih šavnih cijevi i to nakon završetka izrade cijevi. Kod cijevi izrađenih elektrolučnim postupcima zavarivanja uglavnom se provode ultrazvučna ispitivanja, ali ona mogu biti zamijenjena radiografskim ispitivanjem kod cijevi zavaranih EPP postupkom. Kod cijevi izrađenih elektrootpornim ili laserskim zavarivanjem, za kontrolu bez razaranja mogu se primijeniti ultrazvučna ili elektromagnetska ispitivanja.

Nerazorna ispitivanja zavara na cijevi se provode nakon postupaka hladnog preoblikovanja cijevi, a prema dogovoru zavari dobiveni elektrootpornim i visokofrekventnim zavarivanjem se pregledavaju nerazornim ispitivanjima nakon provedenog hidrostatskog tlačnog ispitivanja. Kod primjene automatskih postupaka ultrazvučnih ili elektromagnetskih nerazornih ispitivanja, zavari na krajevima cijevi koji se ne mogu pregledati na taj način moraju biti ispitani ručnim ili poluautomatskim metodama ultrazvučnog ili radiografskog ispitivanja, ovisno o mogućnosti primjene. Krajevi cijevi koji se ne mogu ispitati automatskim metodama mogu, ukoliko proizvođač tako odredi, biti odrezani od cijevi.

Kod provedbe radiografskog ispitivanja, zavareni spoj se radiografira pomoću X-zraka koje prolaze kroz cijelu debljinu stijenke i zavara kako bi stvorile određeni prikaz na radiografskom filmu ili nekom drugom mediju osjetljivom na X-zrake, a koji može osigurati zadovoljavajuću osjetljivost. Prilikom provedbe radiografskog ispitivanja potrebno je koristiti propisani indikator osjetljivosti, a čiji izbor ovisi o debljini stijenke cijevi. Indikator osjetljivosti se smješta tako da žice sijeku

liniju zavara te se on postavlja na svaki film kod pojedinačnog radiografiranja. Ukoliko se radiografiranje provodi na putujućoj cijevi, indikator osjetljivosti se koristi kod minimalno jedne cijevi u seriji koja nije veća od 50 cijevi ili minimalno jednom u 4 sata rada. Pravilna osjetljivost filma je postignuta ukoliko se na indikatoru jasno vide žice normom definirane veličine i to u području na kojem se vrši kontrola, tj. na području zavara ili osnovnog materijala cijevi.

Uključci koji se uočavaju na radiogramu se prema normi klasificiraju prema obliku, veličini i učestalosti. Prema obliku uključci se tako dijele na cirkularne i izdužene. Ovisno o veličini i broju te ukupnoj duljini uključaka na 150 mm zavara normom su dani kriteriji prihvatljivosti koji određuju smatraju li se takvi uključci greškom. Također je bitno napomenuti da se kod radiografskog ispitivanja u nekim slučajevima ne može sa sigurnošću raspoznati razlika između cirkularnih uključaka i pora nastalih zarobljavanjem plinova u metalu zavara, stoga se sve cirkularne indikacije klasificiraju na jednak način. Ukoliko se na radiogramu utvrdi postojanje pukotina, nepotpuna penetracija ili nedostatno protaljivanje u zavaru, takve indikacije se automatski proglašavaju greškama u zavaru.

Ultrazvučno ispitivanje se temelji na svojstvu ultrazvuka da se širi kroz homogene materijale i odbija na granici materijala različitih akustičnih svojstava. Zbog ovog se svojstva kod ispitivanja čeličnih materijala ultrazvuk reflektira od šupljina i uključaka u materijalu. Ako u materijalu postoji greška, ultrazvučni valovi će se odbiti od nje što će biti registrirano na uređaju za ultrazvučno ispitivanje.

Oprema za ultrazvučno ispitivanje kod proizvodnje šavnih cijevi velikih promjera mora osigurati mogućnost neprekidne kontinuirane kontrole zavara i zavarene cijevi kroz cijeli presjek debljine stijenke cijevi. Ultrazvučna kontrola zavara mora se provesti minimalno 1,6 mm na svaku stranu od metala zavara. Kao referentni indikatori za ultrazvučno ispitivanje koriste se jedan ili više utora ili rupica izrađenih u stijenci cijevi i to dimenzija prema napatku iz norme API 5L / ISO 3183. Dimenzija referentne rupice kod šavnih cijevi velikih promjera je obično promjera 1,6 mm, dok su dimenzije referentnog utora obično 50 mm duljine, 1 mm širine i dubine jednake 5 % debljine stijenke cijevi. Ovi se indikatori ne moraju nužno postaviti na sam zavar, a ukoliko se kao indikator koristi referentni utor, nije potrebno koristiti rupicu kao indikator. Kod šavnih cijevi velikih promjera kao referentni indikatori se koriste utori s unutarnje i vanjske strane stijenke cijevi i to postavljeni longitudinalno, dok se umjesto transverzalno postavljenih utora mogu koristiti i rupice.

Uređaji za ultrazvučno ispitivanje moraju biti kalibrirani tako da pri normalnim brzinama rada linije za proizvodnju cijevi mogu detektirati eventualne greške kao i referentne indikatore. Referentni indikatori se moraju jasno raspoznati prilikom provedbe ultrazvučnog ispitivanja. Magnetska metoda kontrole kvalitete koristi se za otkrivanje površinskih i podpovršinskih grešaka do određene dubine kod feromagnetskih materijala. Feromagnetski materijali imaju vrlo veliku relativnu permeabilnost. Gustoća polja koju tvore magnetske silnice ovisi o jačini polja i relativnoj magnetskoj permeabilnosti. Magnetska kontrola zasniva se na principu magnetske indukcije. Oko vodiča kroz koji prolazi električna struja formira se magnetsko polje (istosmjerne ili izmjenične struje) čije silnice prolaze i kroz feromagnetski materijal koji se ispituje. Da bi se otkrila pukotina potrebno je da smjer silnica magnetskog polja bude postavljen što okomitije na pukotinu. Površinska pukotina okomita na smjer silnica uzrokuje njihovo skretanje na površinu. Ove silnice na površini uzrokuju nakupljanje sitnih feromagnetskih čestica koje se lakše uočavaju od same pukotine.

Oprema za magnetiziranje mora proizvesti dovoljno jako magnetsko polje koje omogućuje stvaranje indikacija iznad pukotina, brazdi i ostalih površinskih nehomogenosti, no također treba znati da prejako magnetno polje može dati i lažne indikacije. Ukoliko se koriste fluorescentne čestice potrebno je zadovoljiti i uvjete osvjetljenja prilikom ispitivanja. Tijekom ispitivanja cijevi ovom metodom potrebno je voditi računa o zaostalom magnetizmu u cijevima koje se kontroliraju. Zaostali magnetizam mora se kontrolirati na četiri mjesta pomaknuta za  $\sim 90^\circ$  po cijelom opsegu cijevi. Prosječna vrijednost zaostalog magnetizma u cijevi ne smije prelaziti 3 mT. Svaka cijev se prije isporuke kupcu mora obavezno demagnetizirati.

## 5. NAJČEŠĆI UZROCI OŠTEĆENJA

U posljednjih stotinu godina potražnja za energentima kao što su nafta i plin raste ubrzanim tempom. Najekonomičniji prijenos ovih energenata ostvaruje se pomoću cjevovoda te su stoga do danas izrađene stotine tisuća kilometara cjevovoda za transport nafte i plina. Na ovako veliki broj kilometara ne začuđuje činjenica da ponekad dolazi do havarija uzrokovanih različitim čimbenicima.

Do danas je u različitim državama svijeta i organizacijama koje vode evidenciju zabilježeno na stotine većih havarija. Iako se ovaj podatak čini značajnim, obzirom na ukupnu duljinu cjevovoda i na količinu transportiranih energenata, ovo i nije tako velik broj. Jedna od većih havarija dogodila se 25. veljače 1984. godine, kada se prilikom puknuća cijevi u okoliš izlila velika količina plina te uzrokovala požar u blizini grada Sao Paulo (Brazil). Puknuće se dogodilo na cjevovodu promjera 457 mm i to u blizini naselja od 8000 stanovnika. Nastali požar je uzrokovao potpunu devastaciju područja veličine 100 000 m<sup>2</sup>, a procjena je da je poginulo više od 500 ljudi. Jedna od većih havarija s velikim brojem ljudskih žrtava dogodila se 4. lipnja 1989. godine u Rusiji kod grda Ufa kad je iskrenje izazvano prolaskom vlaka kroz područje na kojem je došlo do propuštanja ukapljenog naftnog plina iz plinovoda izazvalo eksploziju koja je usmrtila 645 ljudi.

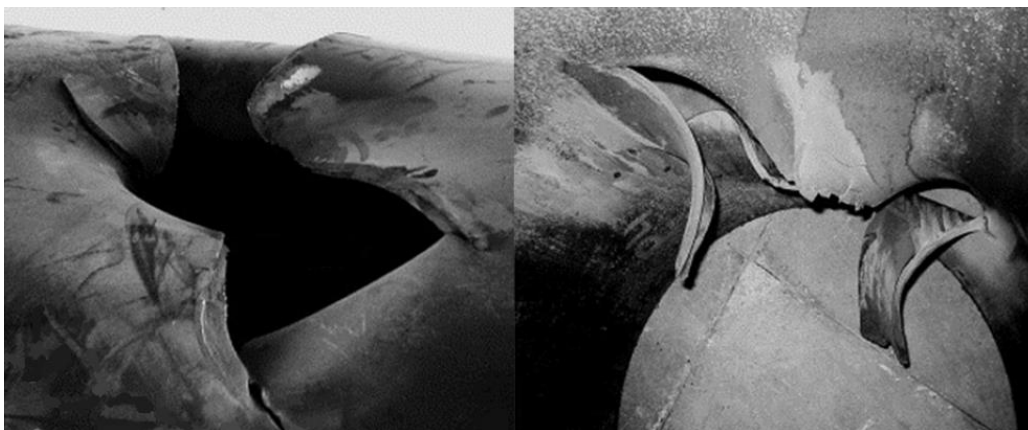


Slika 5.1 Eksplozija plinovoda Ukrajina - svibanj 2007. [63]

Velik broj cjevovoda u svijetu izrađen je prije nego su uspostavljene stroge norme i inspekcijski nadzori gradnje te je stoga danas jedan od većih problema osiguravanje sigurnosti tih cjevovoda.

Ipak, u najvećem broju havarija uzrok oštećenja su različita vanjska djelovanja, tj. djelovanje vanjske sile. Korozija vanjskog dijela cjevovoda ima također značajan udio u postotku uzroka havarija. Također, značajan udio imaju i greške kod montažnog zavarivanja, a njihov je uzrok u najvećem broju slučajeva nedovoljan nadzor prilikom gradnje cjevovoda. Greške u osnovnom materijalu ili šavnom zavaru cijevi su danas rijetko uzrok havarija cjevovoda. Iako se kod proizvodnje šavnih cijevi moraju provoditi različite vrste kontrole kvalitete, još uvijek se može dogoditi da uzrok puknuća prilikom tlačne probe cjevovoda bude pogreška pri proizvodnji cijevi.

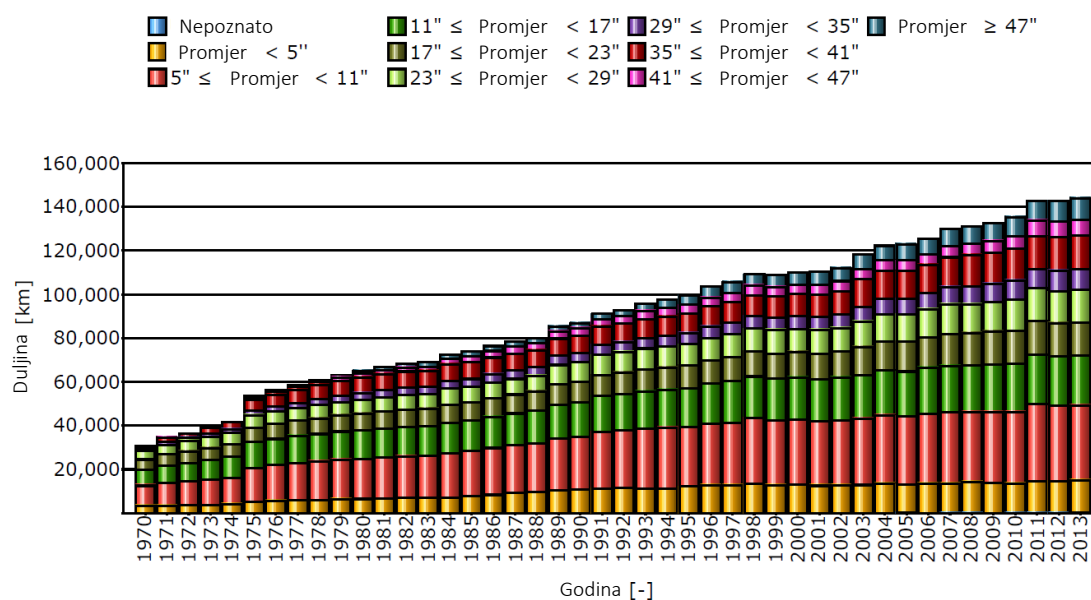
U svrhu analize uzroka oštećenja koristit ćemo podatke EGIG-a (engl. *European Gas Pipeline Incident Data Group*) i PHMSA (engl. *Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration, U.S.*). EGIG prikuplja podatke za više od 143 000 km cjevovoda plinskog transportnog sustava u Europi. Od 1970. do kraja 2013. godine registrirano je 1309 incidenata. Učestalost incidenata od 1970. godine iznosi 0,33 incidenta/1000 km godišnje, a od 2008. do 2013. godine iznosi 0,16 incidenta/1000 km godišnje. PHMSA prikuplja podatke za više od 477 000 km cjevovoda plinskog transportnog sustava u Sjedinjenim Američkim Državama.



Slika 5.2 Puknuće cijevi plinovoda [63]

## 5.1. Osnovni podaci o europskim plinovodima

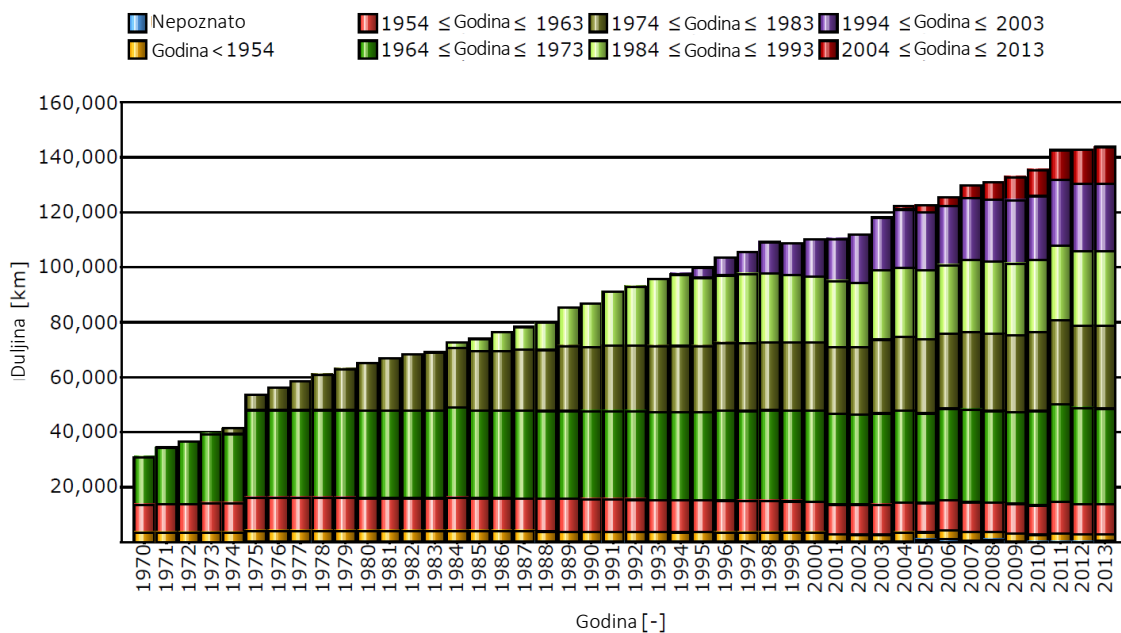
Kroz naredne grafove razmotrit će se prikupljeni podaci za europske plinovode ovisno o starosti, promjeru, debljini stijenke, materijalu stijenke, radnom tlaku, tipu oštećenja i ostalim faktorima za analizu uzroka oštećenja.



Slika 5.3 Udio cijevi ovisno o promjeru u ukupnoj dužini cijevi [64]

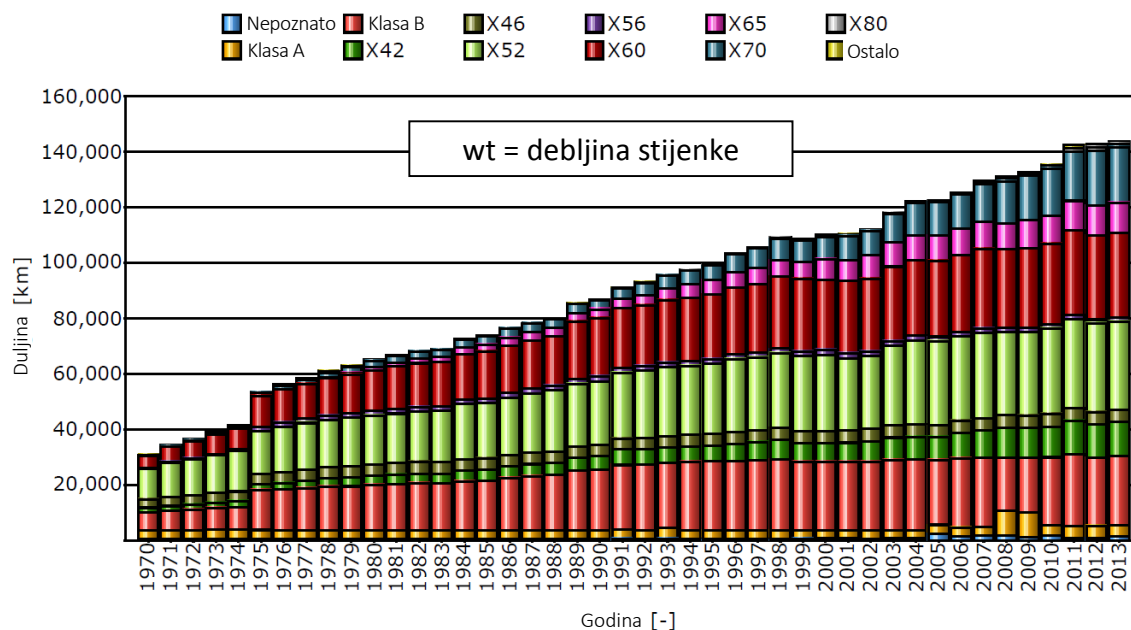
Promatrajući prethodni dijagram očito je povećanje udjela cijevi s promjerom većim od 29 inča. Ukoliko taj podatak povežemo sa sljedećim dijagramima, vidljivo je da se te cijevi rade u sve boljem standardu kvalitete.





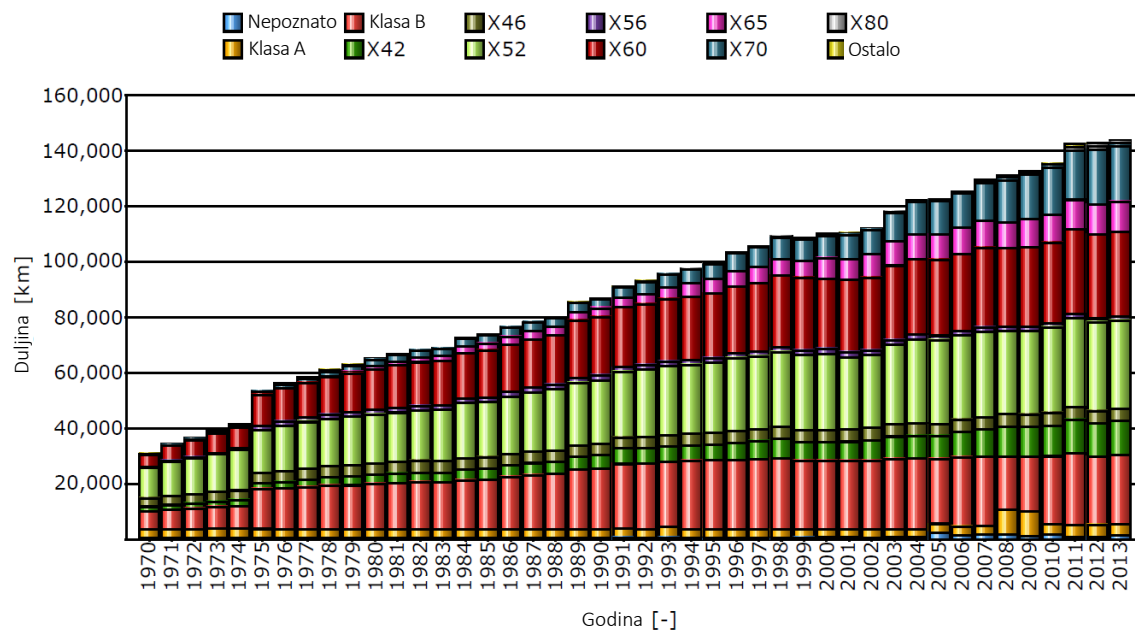
Slika 5.4 Udio cijevi ovisno o godini izgradnje u ukupnoj dužini cijevi [64]

Iz prethodnog dijagrama vidljivo je usporavanje u izgradnji cjevovoda nakon 2004. godine. Do usporavanja izgradnje došlo je zbog visokog stupnja pokrivenosti magistralnim plinovodima, recesije i investicija u energetska učinkovitost.



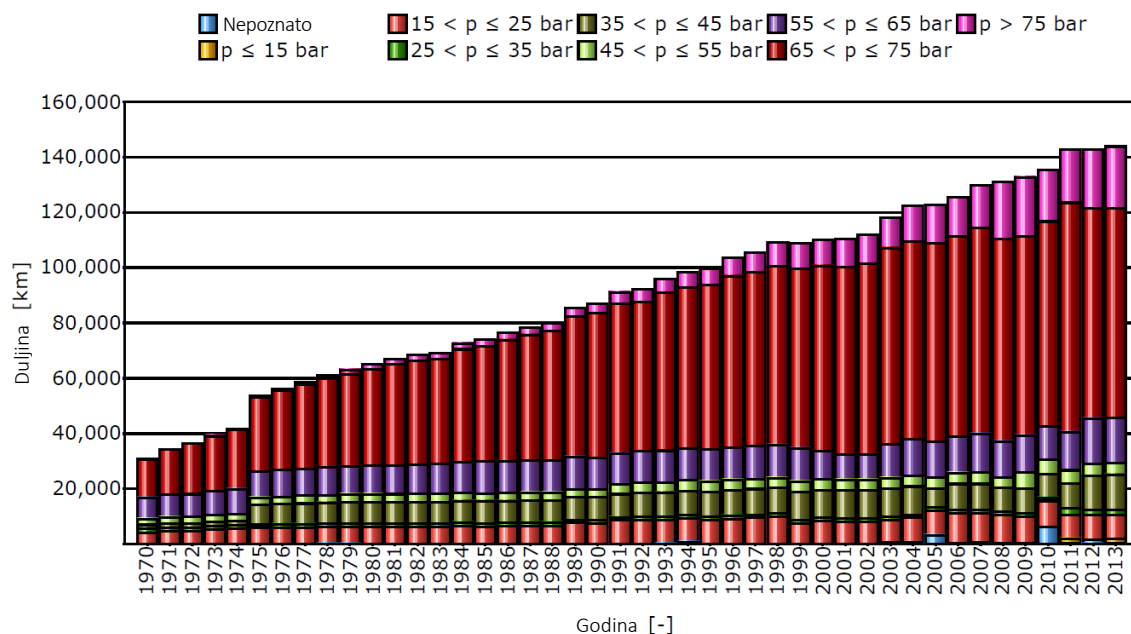
Slika 5.5 Udio debljine stijenke cijevi ovisno o godini izgradnje u ukupnoj dužini cijevi [64]

Iz prethodnog dijagrama vidljiv je trend rasta udjela plinovoda s debljim stijenkama.



Slika 5.6 Materijal stijenke cijevi prema API 5L ovisno o godini izgradnje u ukupnoj dužini cijevi [64]

Iz prethodnog dijagrama vidljiv je rast udjela X65 i ostalih viših standarda materijala stijenke cijevi. Također, ukoliko prethodni dijagram usporedimo s narednim dijagramom, vidljiva je podudarnost izgrađenosti cjevovoda u X70 standardu i tlaka iznad 75 bara.



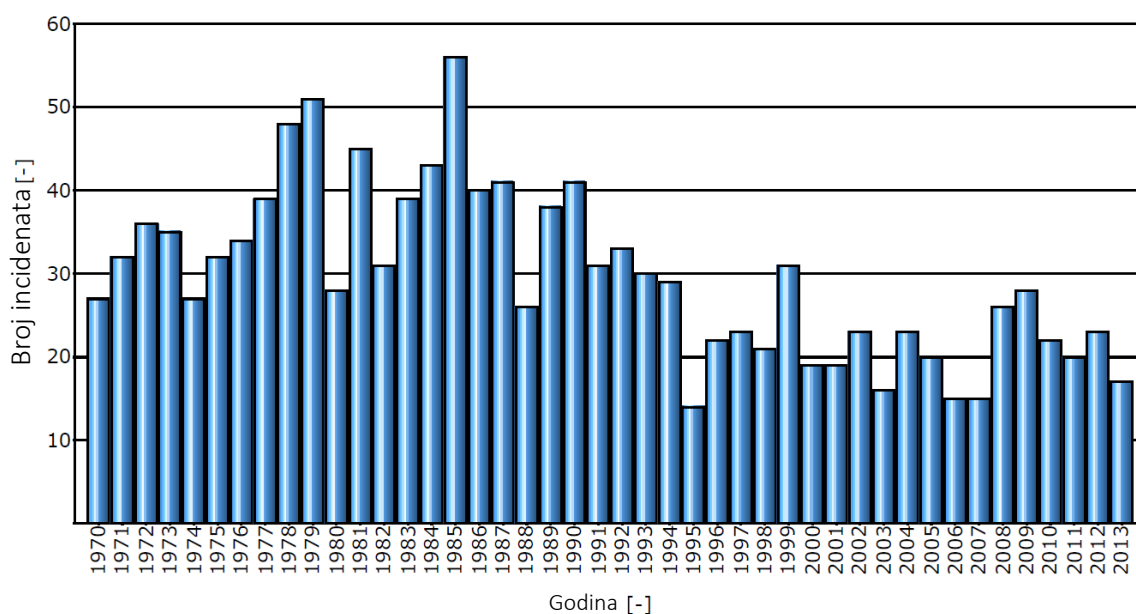
Slika 5.7 Radni tlak plinovoda ovisno o godini izgradnje u ukupnoj dužini cijevi [64]

Na prethodnom dijagramu vidljiv je rast udjela cijevi projektiranih za tlakove iznad 75 bara.

## 5.2. Prikaz analize incidenata na Europskim plinovodima

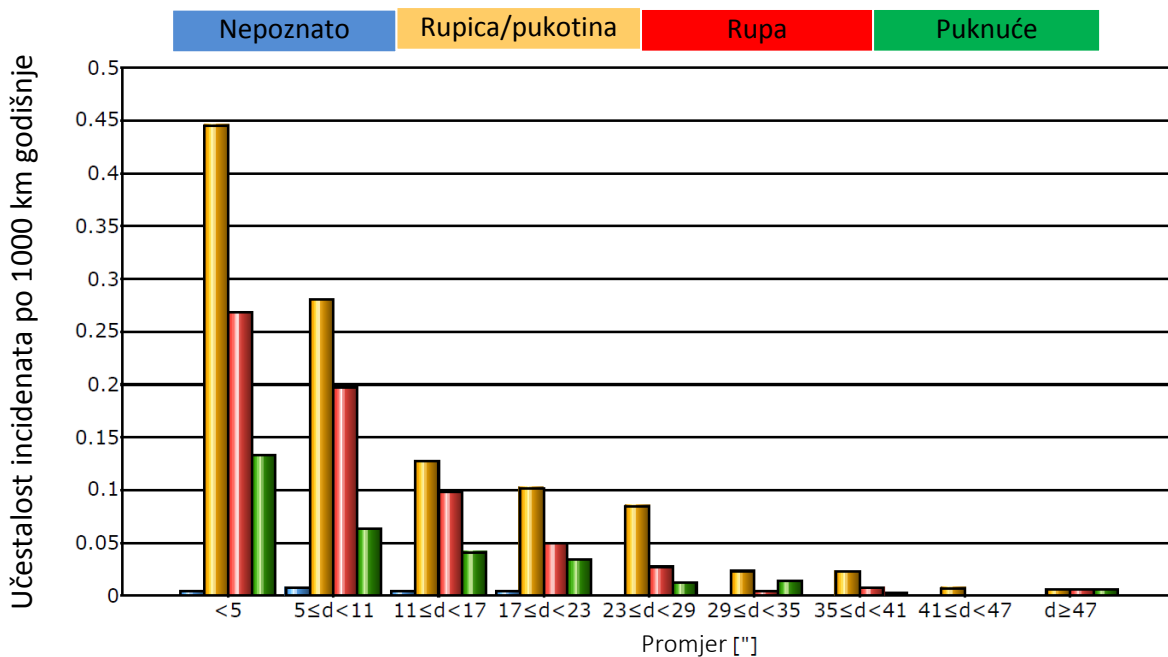
U sljedećim grafovima prikazani su incidenti za razdoblje od 1970. do 2013. godine. Podaci su razvrstani po godinama, promjeru cijevi, uroku oštećenja, tipu oštećenja, debljini stijenke, starosti, mjestu nastanka, hot-tap popravku, tipu klizanja tla i materijalu stijenke plinovoda. Uz oštećenja uzrokovana korozijom česta su i fizička oštećenja izazvana mehaničkim djelovanjem na samu cijev, ali i oštećenja zbog nepravilne izgradnje cjevovoda, nepravilnog polaganja cjevovoda ili oštećenja na mjestu vara.

Pregled oštećenja plinovoda na području Europske unije preuzet je iz izvješća načinjenog od strane udruženja koje je osnovalo Europsku bazu podataka akcidenata na plinovodima. (EGIG). Inicijativa za taj projekt seže u 1982. godinu kada je šest europskih operatera transportnog plinskog sustava donijelo odluku da će na jednom mjestu sakupiti podatke o oštećenjima plinovoda kako bi se podaci sistematizirali i čime bi se lakše otklanjali problemi. Tako nastaje EGIG izvješće, a u ovoj se završnom radu koriste podaci iz izvješća napravljenog zaključno s 2013. godinom. Navedena baza podataka sadrži informacije o najvećim europskim plinovodima i o akcidentima vezanim uz te plinovode.



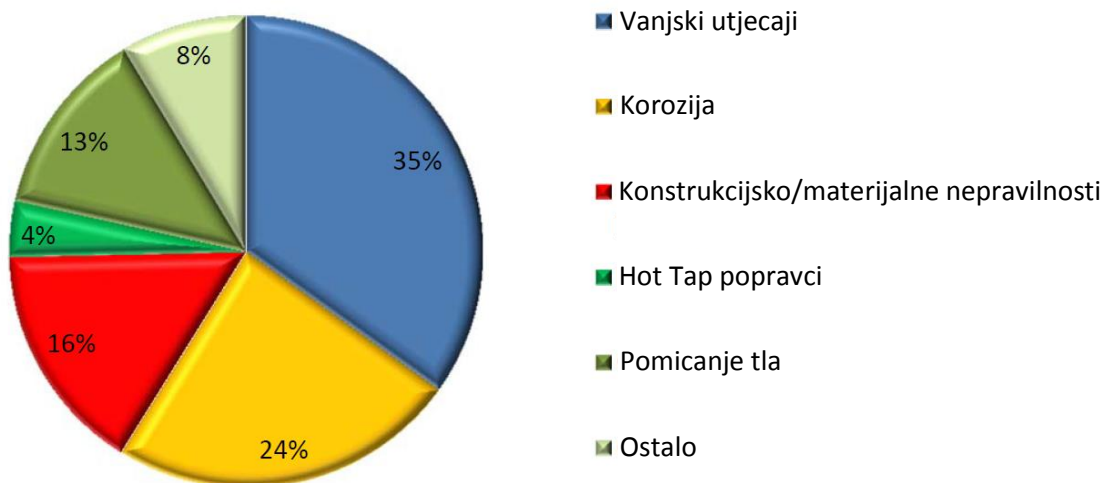
Slika 5.8 Godišnji broj incidenata [64]

Iz prethodnoga grafa vidljivo je smanjenje broja incidenata. Daljnjom analizom vidljivo je da se incidenti zadnjih desetak godina većinom odnose na cjevovode koji su stariji i manjeg promjera.



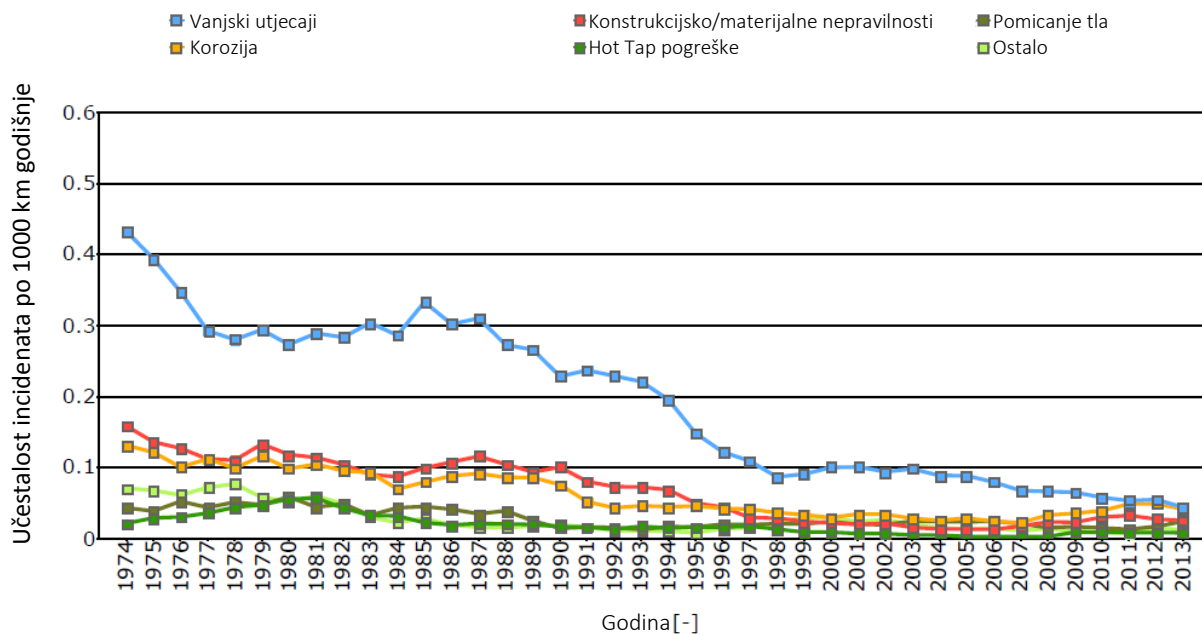
Slika 5.9 Učestalost incidenata raspoređen prema promjeru cijevi i tipu oštećenja [64]

Iz gornjeg grafa vidljivo je smanjenje broja incidenata s povećanjem promjera cijevi. Obzirom da se cijevi većeg promjera izrađuju i ugrađuju prema zahtjevnijem standardu osiguravanja kvalitete, jasno je zaključiti važnost implementacije elemenata osiguravanja kvalitete.



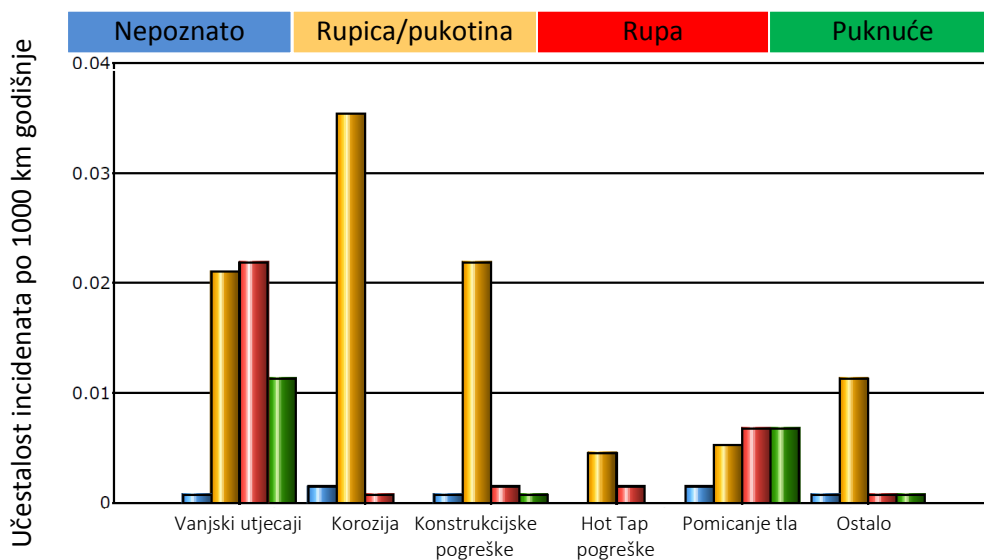
Slika 5.10 Uzroci incidenata za razdoblje od 2004. do 2013. godine [64]

Iz prethodnog grafa vidljivo je da su glavni uzroci incidenata vanjski utjecaji i korozija. Nakon glavnih uzroka imamo još dva značajna uzroka u konstrukcijsko/materijalnim nepravilnostima i pomicanje tla.



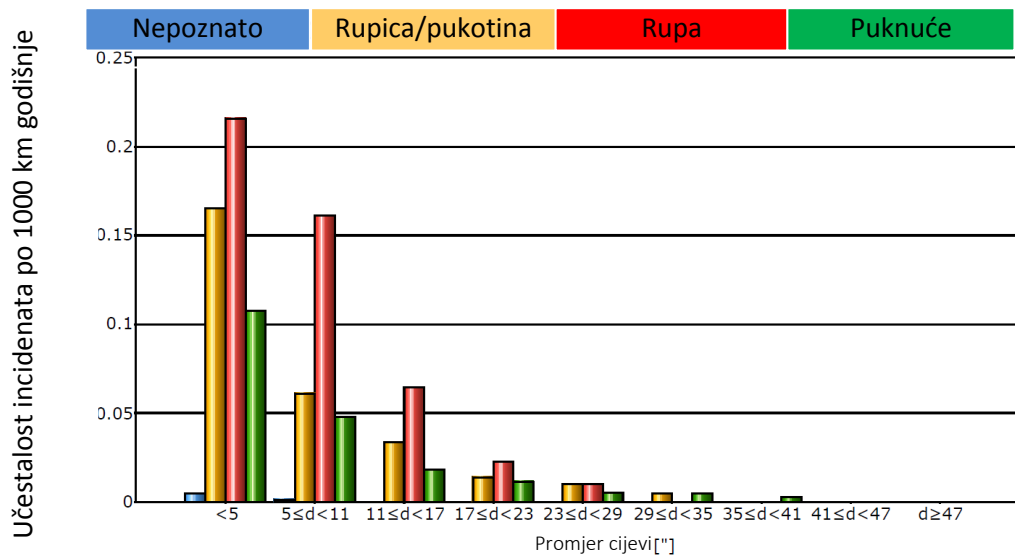
Slika 5.11 Udio uzroka incidenata u promatranom razdoblju [64]

Iz prethodnog grafa razvidan je kontinuirani pad incidenata, što možemo obrazložiti tehnološkim napretkom te boljim planiranjem elemenata osiguravanja kvalitete u svrhu veće sigurnosti i manjih troškova održavanja.

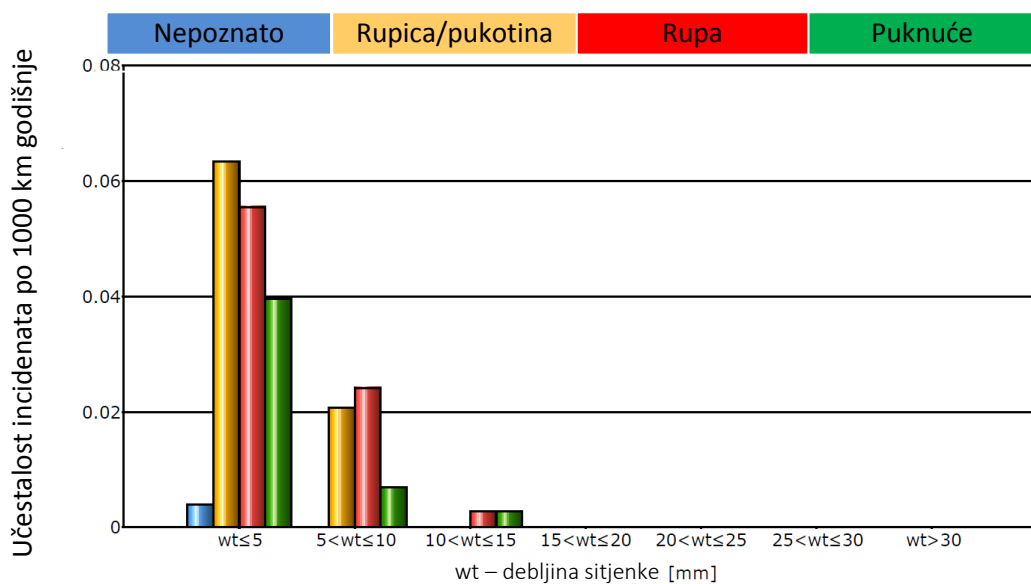


Slika 5.12 Tip oštećenja i učestalost incidenata prema uzroku [64]

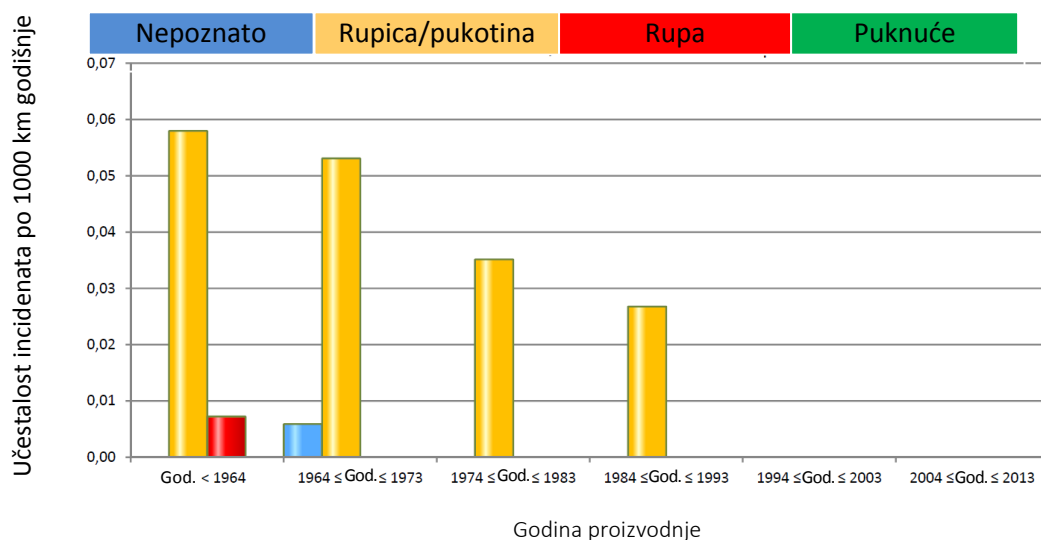
Ukoliko promatramo prethodni i naredna dva dijagrama jasno je da najviše oštećenja zbog vanjskih utjecaja i korozije nastaje na cijevima manjeg promjera i tanje stijenke. Takav tip cijevi je pliće ukopan pa je lakše dostupan prilikom radova u okolici. Također je na tim cijevima izolacija prilično slabija obzirom da su iste starije od prosjeka.



Slika 5.13 Učestalost incidenata ovisno o promjeru cijevi i tipu oštećenja [64]

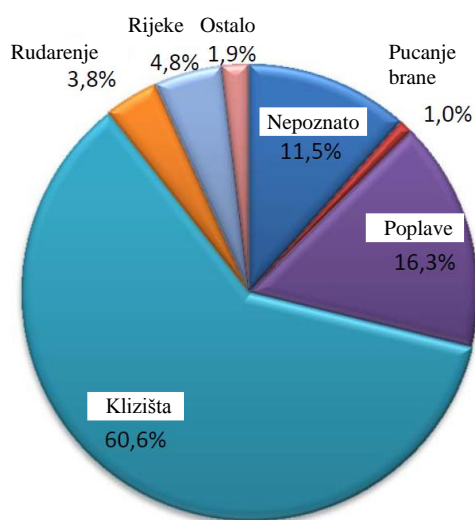


Slika 5.14 Učestalost incidenata ovisno o debljinu stijenke cijevi i tipu oštećenja [64]



Slika 5.15 Učestalost incidenata ovisno o godini izgradnje i tipu oštećenja [64]

Iz prethodnog dijagrama vidljiv je nagli pad incidenata nakon 70-tih godina prošlog stoljeća. Očito da je trend pada uzrokovan sve detaljnijom primjenom elemenata osiguravanja kvalitete.



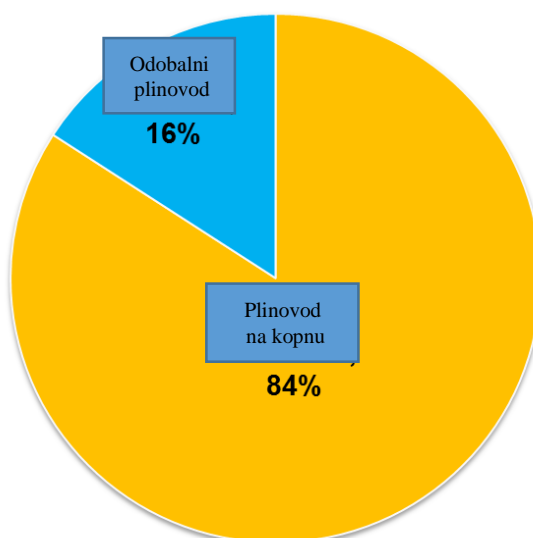
Slika 5.16 Uzrok pomicanja tla u kvarovima za razdoblje od 1970. do 2013. godine [64]

Iz prethodnog dijagrama vidljivo je da su kod pomicanja tla najznačajniji utjecaji klizišta i poplave. Obzirom da klizišta uzrokuju 60 % oštećenja pomicanjem tla, potrebno je prilikom projektiranja posebnu pažnju usmjeriti na trasiranje plinovoda. Ukoliko područje klizišta nije moguće zaobići, potrebno je u projektu predvidjeti rješenje za osiguravanje elemenata kvalitete za područje klizišta.

Također, u poplavnim područjima treba projektom osigurati sve elemente kvalitete za takvo specifično područje. Na poplavnim područjima trebaju se provoditi izvanredne kontrole nakon svake poplave.

### 5.3. Prikaz analize incidenata na plinovodima u Sjedinjenim Američkim Državama

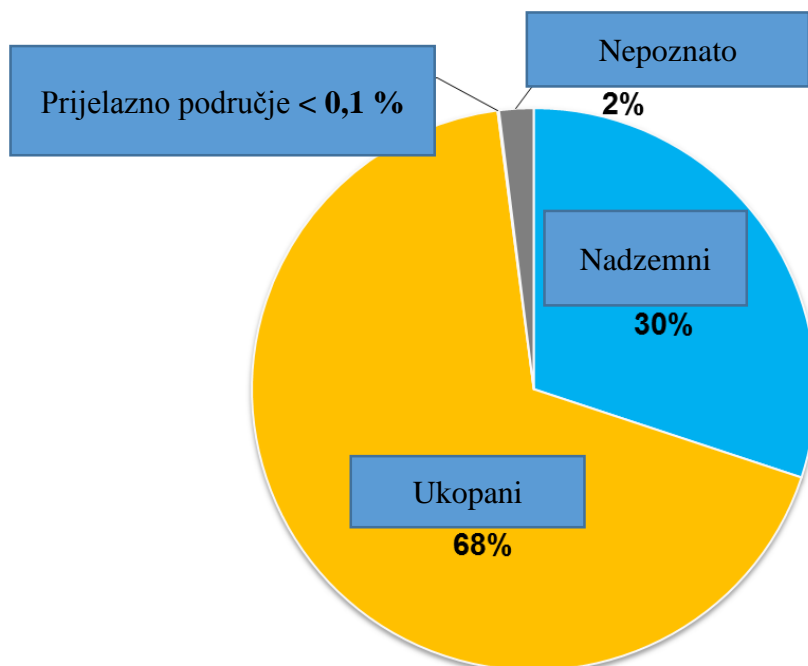
Kako bi što razvidnije prikazali analizu incidenata, u narednim dijagramima prikazani su podaci koje prikuplja i obrađuje PHMSA. Prikazani podaci odnose se na cjevovode plinskog transportnog sustava u Sjedinjenim Američkim Državama. Treba naglasiti da se podaci prikupljaju i obrađuju prema različitim propisima te dobiveni rezultati nisu apsolutno usporedivi s rezultatima incidenata EGIG-a. Obzirom da u Sjedinjenim Američkim Državama postoji znatno više izgrađenih kopnenih nadzemnih plinovoda, zanimljiva je prikazana analitika incidenata koja ih prikazuje odvojeno od ukopanih kopnenih plinovoda.



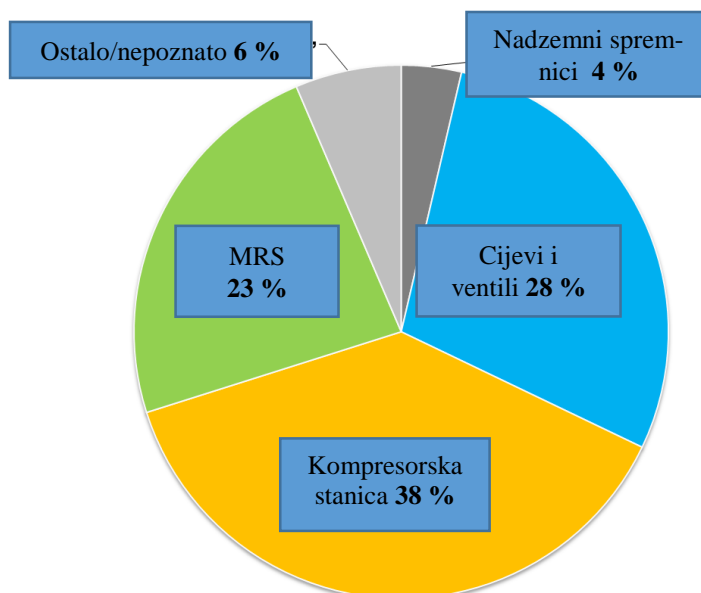
Slika 5.17 Lokacija incidenta (1984-2013) [70]



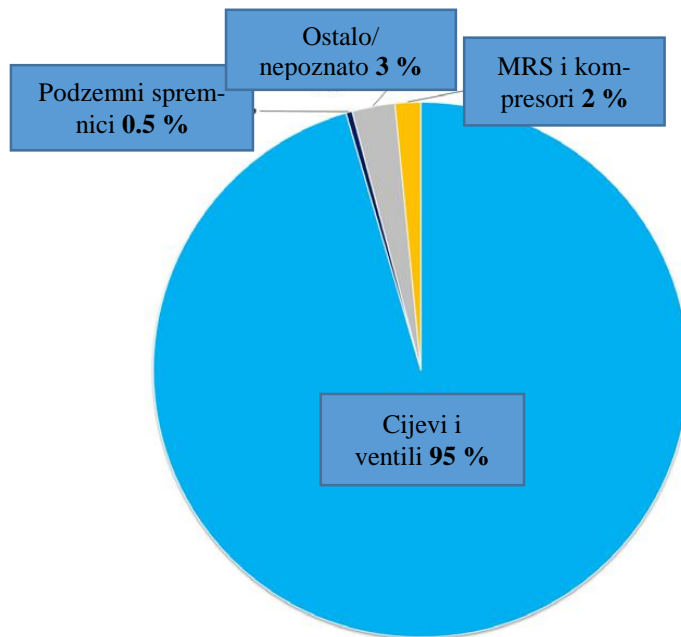
## Plinovodi na kopnu



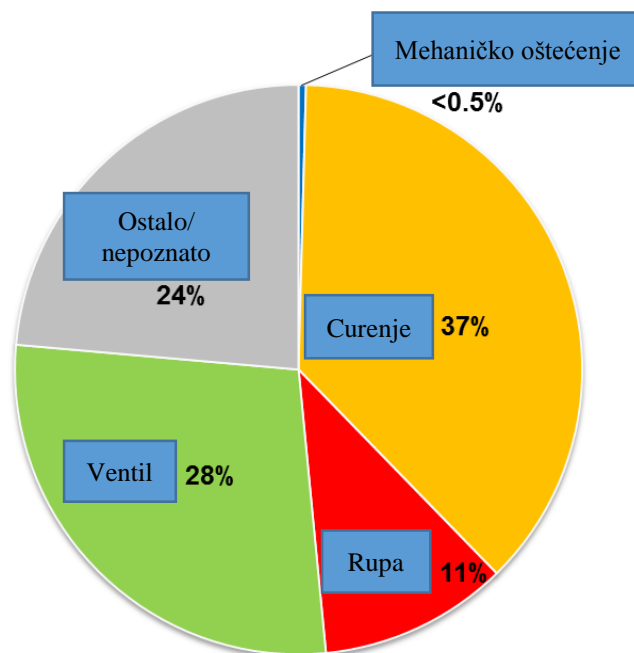
Slika 5.18 Lokacija incidenta na kopnenim plinovodima (1984-2013) [70]



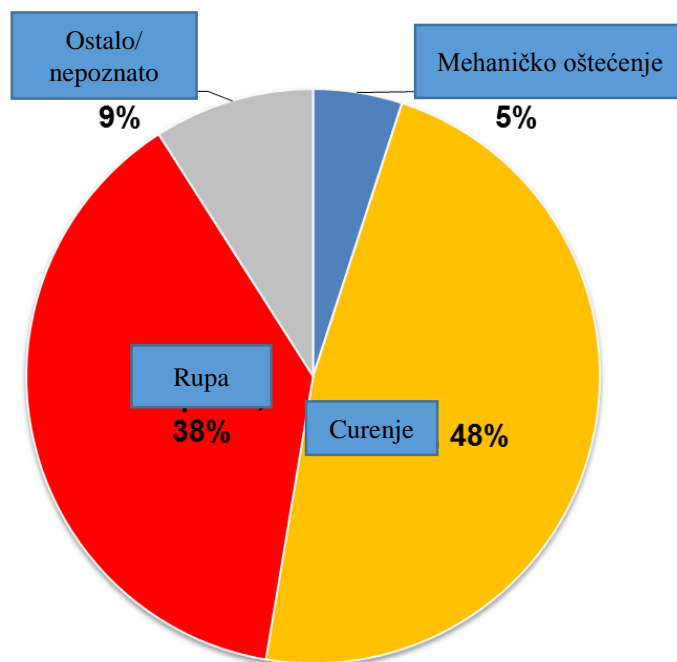
Slika 5.19 Dio sustava na kojem je nastao kvar (nadzemni kopneni plinovodi) (1984-2013) [70]



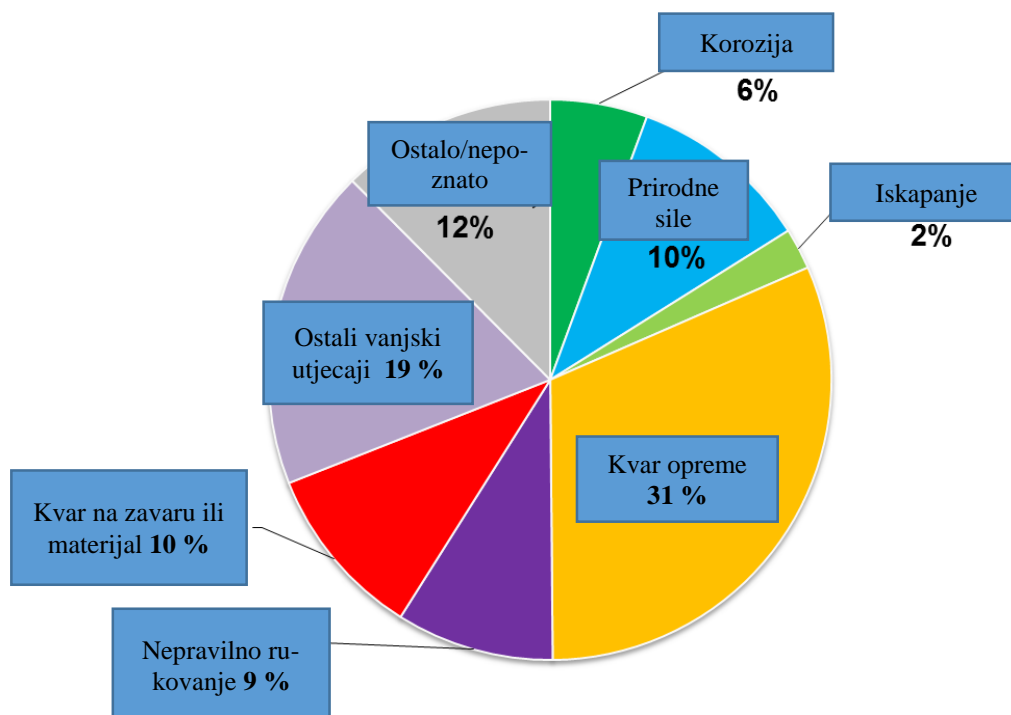
Slika 5.20 Dio sustava na kojem je nastao kvar (podzemni kopneni plinovodi) (1984-2013) [70]



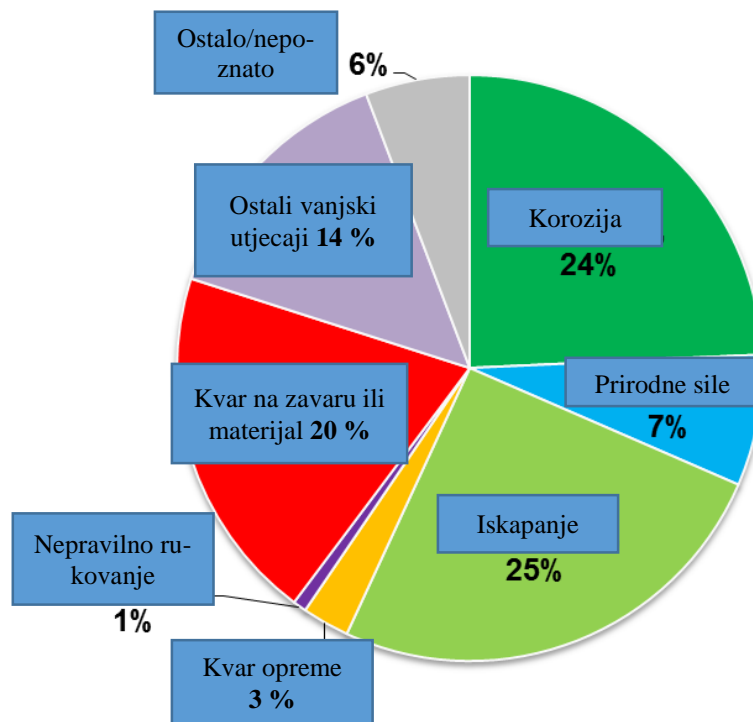
Slika 5.21 Tipovi incidenata na kopnenim nadzemnim plinovodima (1984-2013) [70]



Slika 5.22 Tipovi incidenata na kopnenim podzemnim plinovodima (1984-2013) [70]



Slika 5.23 Uzrok incidenta na kopnenim nadzemnim plinovodima (1984-2013) [70]



Slika 5.24 Uzrok incidenta na kopnenim podzemnim plinovodima (1984-2013) [70]

#### 5.4. Udubljenja

Za procjenu udubljenja cijevi plinovoda trenutno opće prihvaćene smjernice predlažu sljedeće kriterije:

- "Obična" udubljenja (udubljenja bez dodatnih oštećenja druge vrste i bez interakcije sa zavarima) dublja od 6 % vanjskog promjera cijevi ili 6 % istežanja smatraju se štetnima i moraju biti popravljena. Novije smjernice, bazirane na istraživanjima EPRG (engl. *European Pipeline Research Group*) dozvoljavaju udubljenja do 7 % vanjskog promjera cijevi.
- Udubljenja locirana na zavarima s dubinom 2 % vanjskog promjera cijevi smatraju se prihvatljivima pod uvjetom da su zavari izvedeni od rastezljivih materijala.
- Udubljenja na varovima dubine više od 2 % vanjskog promjera cijevi mogu biti prihvatljiva ako se procjenom istežanja pokaže da je maksimalno istežanje manje od 4 % i ako se pokaže da imaju prihvatljiv radni vijek s obzirom na zamor materijala.
- Sva vanjska mehanička oštećenja (uzrokovana vanjskim mehaničkim silama) smatraju se štetnima.

e) Korozija na mjestu udubljenja je dozvoljena ako je njena dubina 40 % debljine stijenke plinovoda i ako je prihvatljiva prema uobičajenoj procjeni za ovu vrstu nepravilnosti.



Slika 5.25 Udubljenja [46]

### 5.5. Naboravanje cijevi

Prema ASME B31.8 definirana je prihvatljiva veličina naboravanja cijevi, tj. visina nabora kao funkcija promjera cijevi i maksimalnog tangencijalnog naprezanja (pri najvećem dozvoljenom radnom tlaku).



Slika 5.26 Ekstremno naboravanje [46]

### 5.6. Ovalnost cijevi

Ovalnost cijevi može nastati prilikom proizvodnje cijevi, izgradnje plinovoda ili kasnije prilikom korištenja plinovoda pod utjecajem dodatnih vanjskih sila (npr. pomicanje tla i sl.). Trenutačno ne

postoje smjernice o minimalnoj dozvoljenoj ovalnosti cijevi unutar norme ASME. Međutim, u Australskoj normi za plinovode i naftovode "AS2885" navedena je preporuka da minimalni promjer ovalne cijevi bude najmanje 95 % nominalnog promjera cijevi.

Ukoliko koristimo Australsku normu "AS2885" proces određivanja prihvatljive ovalnosti odvija se u tri koraka. U prvom koraku odredimo područje ovalnosti te označimo krajnje granice i točku maksimalne ovalnosti. U drugom koraku izračunamo površinu ovalnosti na osnovi izmjerenih odstupanja. U trećem koraku izračunamo za koji postotak ovalnost smanjuje nominalni promjer cijevi.

### **5.7. Korozija kao faktor osiguravanja kvalitete**

Korozija dolazi od latinske riječi *corrodare*, što znači nagristi. Tehnički pojam korozije odnosi se na metalne i nemetalne materijale, ali se u užem smislu primjenjuje samo na metale. Korozija je proces koji kemijskim međudjelovanjem materijala i medija razara materijal pretvarajući ga u drugu tvar, pri čemu se najčešće mijenja i sastav medija. Oštećivanje materijala cjevovoda nastoji se usporiti ili spriječiti postupcima njihove zaštite koji se obično nazivaju površinskom zaštitom jer štetne pojave i procesi većinom počinju na površini materijala. Postupci zaštite cjevovoda od korozije obuhvaćaju primjenu korozijski postojanih materijala, konstrukcijsko-tehnološke mjere zaštite, elektrokemijske metode zaštite (katodna i anodna zaštita), zaštitu inhibitorima korozije te zaštitu prevlačenjem.

Pravilno projektirana i izvedena zaštita od korozije premazima nerijetko ima presudnu važnost za radni vijek cjevovoda, stoga se od zaštitnih premaza zahtijeva dugotrajnost i pouzdanost. Pritom valja osigurati dovoljnu postojanost same prevlake, njezinu homogenost i prionjivost.

Koroziju se definira kao nepoželjno ili nenamjerno trošenje materijala zato što je korozija spontan proces koji je posljedica težnje povratka metala u spojeve u kojima se nalazi u prirodi (rude i minerali). Da bi se rude ili prirodni spojevi preradili u metal moraju se podvrgnuti metalurškim procesima koji zahtijevaju unos energije. Pri tomu je metalno stanje ono koje sadržava visoku energiju. Prirodna težnja metala je da reagiraju s drugim tvarima i oslobađanjem energije prelaze u stanja niže energije. To smanjivanje slobodne energije je pokretačka sila procesa korozije. Znači, pokretačka je sila uzrok štetnoj pojavi ili procesu pa je brzina oštećivanja razmjerna pokretačkoj sili. Njezinu se djelovanju, međutim, opiru fizikalni i kemijski otpori kojima je brzina oštećivanja obrnuto razmjerna. Veličine pokretačke sile i otpora ovise o unutarnjim i vanjskim čimbenicima

oštećivanja. Za unutarnje su čimbenike mjerodavna obilježja materijala, a za vanjske obilježja okoline.



**Slika 5.27 Oštećenja zbog vanjske korozije [33]**

Zaštita od korozije jedan je od najvažnijih čimbenika izgradnje plinovoda glede osiguravanja kvalitete i svrhu ekonomičnog poslovanja, sigurnosti i zaštite okoliša. Korozija se dijeli na vanjsku i unutarnju. Od vanjske korozije cjevovod se štiti izolacijskim trakama, premazima i katodnom zaštitom, dok se unutarnja štiti s epoksidnim premazima unutarnjih stijenki cijevi. Trasa plinovoda prolazi kroz različite tipove zemljišta, čija je varijacija stupnja vlažnosti velika. To dovodi do povećane opasnosti elektrokemijske korozije metala u tlu. Za ukopane cjevovode, najdjelotvornija je zaštita primjenom izolirajuće obloge kombinirane s katodnom zaštitom i zaštitom od lutajućih struja.

Elektrokemijska korozija ukopanog dijela cjevovoda najdjelotvornije se sprječava kombinacijom tvornički zaštićenih cjevovoda, kao i primjenom toplinski skupljajućih rukavaca na mjestima zavarivanja te trostruke polietilenske izolacije. Nadzemni dijelovi cjevovoda štite se antikorozivnim premazima.

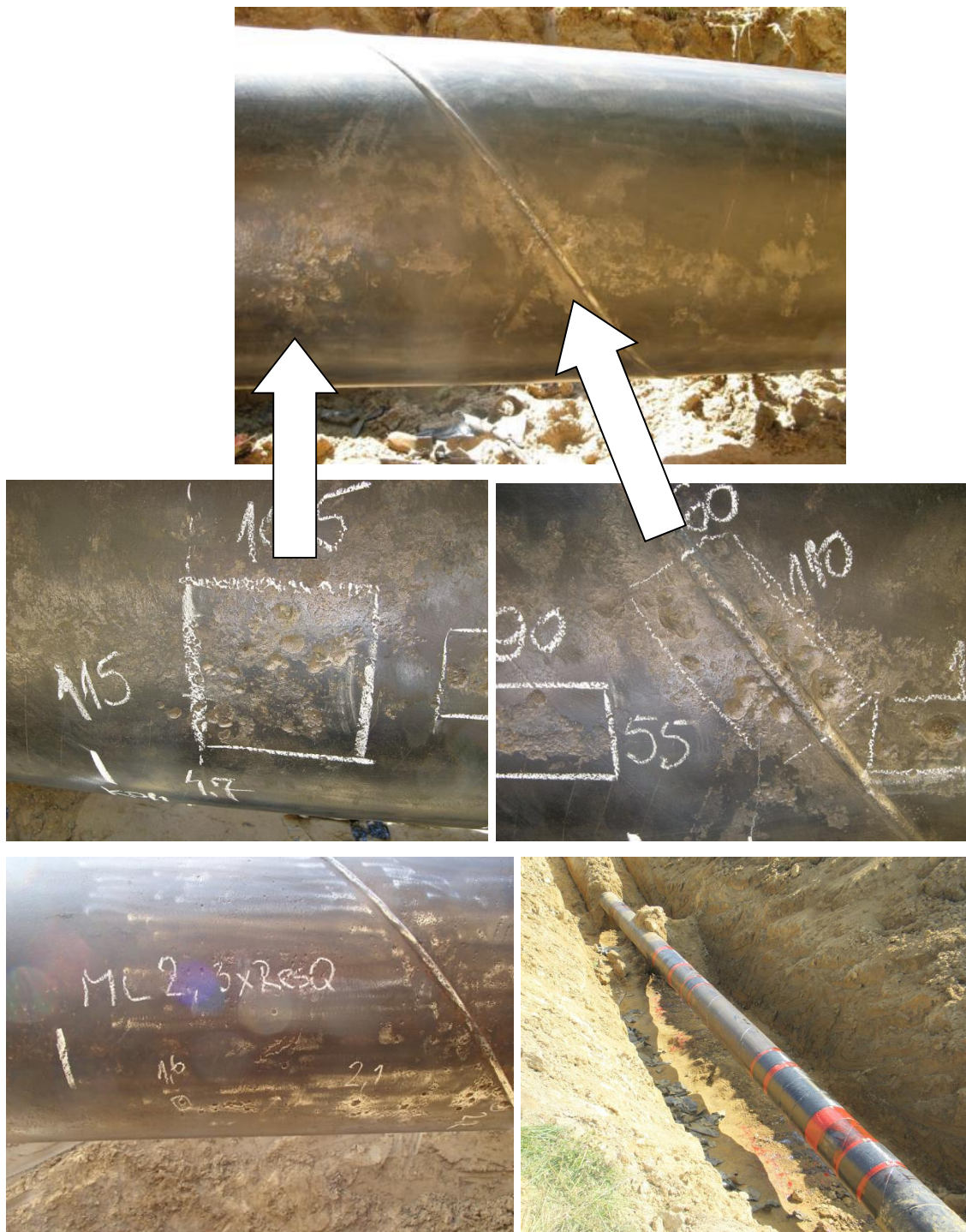
Zaštitno okruženje mora zadovoljavati sljedeće ASME parametre:

- sastav izolacije cijevi mora biti takav da usporava proces korozije;
- prijanjanje izolacije na cijev plinovoda treba biti takvo da se spriječi prodiranje vlage na stijenku cijevi;
- izolacija mora biti dovoljno elastična da se spriječi pucanje plinovoda;
- izolacija mora biti odgovarajuće čvrstoće da se spriječi pucanje plinovoda zbog tektonskih poremećaja klizanja tla;
- izolacija mora imati svojstva kompatibilna sa sustavom postojeće ili buduće katodne zaštite.

### ***5.7.1. Ekonomski značaj korozije***

Korozija smanjuje debljinu stijenke cjevovoda i njegovu uporabnu vrijednost. Skraćuje vijek trajanja cjevovoda, poskupljuje održavanje, uzrokuje zastoje u radu, pogoršava kvalitetu usluge itd. Zbog korozije postaju neupotrebljive i mnogo veće količine materijala od korodiranih jer element koji je korodirao dio je konstrukcije cijevi koja više nije upotrebljiva. Također, za izradu cjevovoda potrošeno je mnogo energije i radnog vremena što znači da su gubici zbog korozije konstrukcije cjevovoda puno veći od korodiranja-sirovog materijala. Budući da su svi metali u određenim okolnostima podložni koroziji, u privredi nastaju znatni gubici koje je teško točno odrediti. Najčešći su načini evaluacije koji uglavnom uzimaju u obzir izravne gubitke, tj. troškove popravaka i zamjene korodiranog dijela cijevi, nanošenja prevlaka i provođenja drugih zaštitnih mjera. Osim toga, neizravni gubici mogu biti i znatno veći jer korozija može biti uzrokom nesreća, onečišćenja okoliša te uzrokovati sekundarne gubitke kod korisnika prirodnog plina.





**Slika 5.28 Tvornička greška s gubitkom metala i konstrukcijske greške na obodnom varu te njihova sanacija [33]**

Štete i troškovi od korozije stalno rastu zbog povećavanja količina ugrađenih cijevi, a istodobno se pogoršavaju korozijski uvjeti kojima je taj materijal izložen. More kao okruženje predstavlja iznimno agresivan okoliš za sve pomorske konstrukcije i zahtijeva posebna znanja kad su u pitanju odabir materijala, oblikovanje konstrukcije i sama zaštita od korozije kako bi se osigurala dugotrajnost i sigurnost rada.

### ***5.7.2. Vrste korozije prema mehanizmu procesa***

Pojave korozije klasificiraju se prema mehanizmu procesa, mediju u kojemu se nalazi, vrsti postrojenja i geometriji korozijskog razaranja. Temeljna podjela je prema mehanizmu procesa i mediju u kojemu se nalazi i to na kemijsku i elektrokemijsku.

#### **1. Kemijska korozija**

Kemijska korozija metala zbiva se u neelektrolitima, tj. u medijima koji ne provode električnu struju, pri čemu nastaju spojevi metala s nemetalnim elementima (najčešće oksidi i sulfidi). Kemijska korozija sastoji se u reakciji atoma metala iz kristalne rešetke s molekulama nekog elementa ili spoja iz okoline pri čemu izravno nastaju molekule spoja koji čini korozijski produkt. Najvažniji neelektroliti koji u praksi izazivaju kemijsku koroziju su vrući plinovi i organske tekućine. Kemijska korozija u vrućim plinovima nastaje pri obradi metala na visokim temperaturama (kovanje, valjanje, kaljenje, zavarivanje), u kotlovskim postrojenjima, u industrijskim pećima, ispusnim cijevima brodskih motora, itd.

#### **2. Elektrokemijska korozija**

Elektrokemijska korozija nastaje na metalima u električki vodljivim sredinama (elektrolitima) kao što su prirodna i tehnička voda, vodene otopine kiselina, lužina, soli i drugih tvari, vlažno tlo te vlažna atmosfera (ugljični čelik korodira pri relativnoj vlazi  $RV > 60\%$ ). Njezin je uzrok također afinitet, ali on se manifestira kao električni napon, kao tzv. razlika potencijala između dva metala, između dva mjesta na površini metala ili između metala i elektrolita.

### ***5.7.3. Vrste korozije prema geometriji korozijskog razaranja***

Korozijske pojave klasificiraju se često po svojem obliku i raspodjeli na površini materijala, tj. po geometriji korozijskog razaranja. Uobičajena je podjela na osam pojavnih oblika korozije i to:

1. opća korozija;
2. galvanska korozija;
3. korozija u procijepu;
4. rupičasta korozija;
5. interkristalna korozija;
6. selektivna korozija;
7. erozijska korozija;
8. napetosna korozija.

1. Opća korozija najčešći je i najrašireniji, ali najmanje opasan, oblik korozije jer zahvaća približno jednako čitavu površinu materijala izloženu nekoj agresivnoj sredini. Pri projektiranju konstrukcije brzina je opće korozije često mjerodavna veličina za odabir materijala. Izražava se u mm/godišnje, kao prosječna dubina godišnjega prodiranja korozije u materijal. Takav pristup je prihvatljiv jedino ako je u danim eksploatacijskim uvjetima korozija približno ravnomjerna, što ovisi o svojstvima materijala (unutarnji čimbenici korozije) i svojstvima okoline koja ga okružuje (vanjski čimbenici korozije).
2. Galvanska korozija nastaje pri spajanju dvaju ili više materijala različitog potencijala u elektrolitu, pri čemu dolazi do korozije onog metala koji ima niži električni potencijal. Spajanjem dvaju metala različitog potencijala u elektrolitu dolazi do formiranja galvanškog članka, u kojemu je elektronegativniji metal anoda, a elektropozitivniji metal katoda. Zbog razlike potencijala dolazi do toka električne struje od anode prema katodi i oksidacije anode.
3. Korozija u procijepu je pojava u uskim površinskim pukotinama ili u procijepima konstrukcijske izvedbe materijala istih korozijskih potencijala. U takvim pukotinama i procijepima dolazi do nakupljanja vode i nečistoća, povećava se kiselost otopine, smanjuje se pH-vrijednost te povećava koncentracija agresivnih čimbenika. Unutarnji dio procijepa postaje anodno područje dok se katodna reakcija zbiva na vanjskom dijelu procijepa.
4. Rupičasta korozija je usko lokalizirana korozija približno kružnog oblika, pri čemu je dubina prodiranja nakon dovoljno duga vremena nekoliko puta veća od njezine širine na površini materijala. To je lokalni oblik korozije koji napada samo neke dijelove izložene površine materijala. Taj tip korozije mogu inicirati:
  - lokalna kemijska ili mehanička oštećenja zaštitnoga pasivnoga filma na površini metala;
  - nehomogenosti u strukturi metala; ili
  - lokalno djelovanje mikroorganizama.

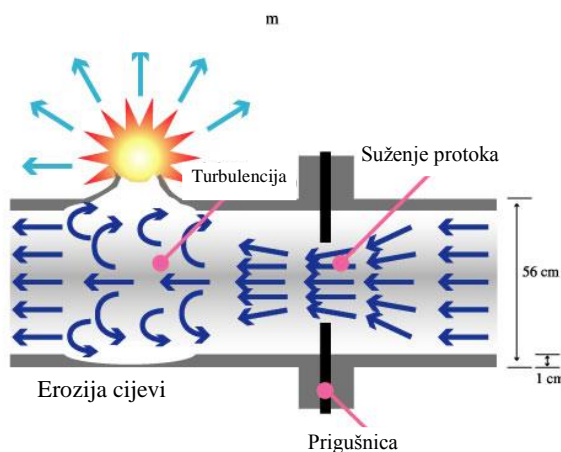
Rupičasta korozija najčešće nastaje na nehrđajućim čelicima kao posljedica zavarivanja. Naime, zbog unosa topline, na površini materijala dolazi do pojave tzv. pobojenosti uz zavareni spoj, koja u određenoj agresivnoj sredini pogoduje nastajanju korozije.

5. Interkristalna korozija predstavlja posebno opasan oblik korozije jer napreduje nevidljivo duž granica kristalita (zrna) čime se izaziva razaranje metalne veze među kristalitima u mikrostrukturi čelika i konačno raspad čitavog dijela. Interkristalna korozija može dugo

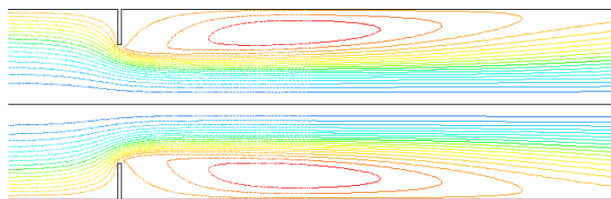
ostati neprimijećena, a naglo smanjuje čvrstoću i žilavost materijala. Najčešće zahvaća nehrđajuće čelike, legure na bazi nikla i aluminijska. Tom tipu korozije posebno su podložni austenitni i feritni nehrđajući čelici.

6. Selektivna korozija napada samo jednu (neplemenitiju) od faza ili komponenata višefaznoga ili višekomponentnoga materijala.
7. Erozijska korozija je primjer istodobnog djelovanja kemijskoga (korozije) i fizikalnog (erozije) oštećivanja materijala. Erozijska korozija je mehanički potpomognut proces trošenja materijala, a definira se kao progresivan gubitak materijala s površine konstrukcije zbog mehaničkog međudjelovanja površine i medija. Djelovanjem u agresivnu (korozivnu) mediju pojavljuje se erozijska korozija što se često događa u unutrašnjosti cjevovoda. Oštećenja tada vrlo brzo nastaju čak i kad je korozivnost medija vrlo mala. Erozijom se skidaju zaštitni slojevi s površine materijala u obliku otopljenih iona ili dimenzijski stabilnih korozivnih produkata i onemogućuje njihovo zaštitno djelovanje; pri tome dolazi do izlaganja površine materijala korozivnom djelovanju medija. Istodobno, korozijom se povećava hrapavost površine metala i tvrdi kompaktni metal obično pretvara u mekši rahli korozivni produkt, što dodatno ubrzava eroziju.

Nakon mjerne prigušnice nalazi se područje sa izrazito jakim vrtložnim strujanjem. Prilikom vrtložnog strujanja sitne čestice korozije i nečistoća udaraju u stijenku te ju polako stanjuju. Dugotrajna vrtložna strujanja također mogu nastati i kod većih nepravilnosti unutarnje stijenke, nepravilnih prijelaza cijevi različitih unutrašnjih promjera, oštih koljena, itd.



Slika 5.29 Erozijska korozija nakon prigušnice [46]



Slika 5.30 Strujnice u području strujanja oko prigušnice [46]

8. Napetosna korozija predstavlja oblik korozije koji nastaje prilikom istodobnog djelovanja agresivnog okruženja i vlačnih naprezanja na materijal konstrukcije. Vlačna naprezanja su uglavnom posljedica zaostalih naprezanja zbog hladne deformacije ili zavarivanja, ali mogu biti i vanjska nametnuta naprezanja, primjerice kod ovješnih elemenata.

### 5.8. Osnovne metode za zaštitu od korozije

Metodama zaštite od korozije obično se istodobno koče ili sprječavaju pojave različitih vrsta i oblika korozijskih razaranja, a temelje se na primjeni dvaju načela i to:

- smanjenju ili poništenju pokretačke sile, tj. uzroka oštećivanja;
- povećanju otpora koji se opiru djelovanju te pokretačke sile.

Ova se dva načela mogu tehnički iskoristiti na sljedeća tri načina:

- promjenom unutarnjih čimbenika oštećivanja, tj. obilježja konstrukcijskog materijala;
- promjenom vanjskih čimbenika oštećivanja, obilježja medija i fizikalnih okolnosti (temperature, naprezanja, brzine gibanja, električnog potencijala, itd.);
- odvajanjem konstrukcijskog materijala od medija (nanošenjem prevlaka).

Osnovne metode za zaštitu od korozije jesu:

1. konstrukcijsko-tehnološke mjere;
2. primjena korozijski postojanih materijala;
3. elektrokemijska zaštita;
4. zaštita inhibitorima korozije;
5. zaštita prevlačenjem.

### **5.8.1. Konstrukcijsko-tehnološke mjere**

Oblikovanje materijala, počevši od konstruiranja do izrade pojedinih dijelova i složenih proizvoda, mjerodavno je za unutrašnje faktore oštećivanja pa i koroziju. Prema tome o oblikovanju uvelike ovise vrsta, oblik, intenzivnost i tok korozije, što utječe na funkcionalnost, estetski dojam, cijenu i trajnost proizvoda. S korozijskoga je gledišta potrebno općenito birati onaj tehnološki proces izrade koji daje proizvode što homogenije strukture i teksture, sa što manje zaostalih napetosti i sa što glađom površinom.

Potrebno je istaknuti važnost zajedničkoga rada konstruktora, tehnologa i stručnjaka za koroziju tijekom procesa projektiranja zbog postizanja optimalne korozijske otpornosti konstrukcije pri čemu je preporučljivo pridržavati se sljedećih smjernica:

1. Zavareni spojevi, ako su ispravno izvedeni, imaju prvenstvo pred vijčanim spojevima ili zakovičnima koji često mogu dovesti do pojave korozije u procijepu.
2. Oblikovati konstrukciju tako da se na njoj ne zadržava voda, osigurati njezino otjecanje.
3. Kao konstrukcijske materijale treba primjenjivati metale i nemetale koji su korozijski što otporniji u predviđenim uvjetima. Materijali za brtvila, pakiranje, toplinsku, električnu i zvučnu izolaciju ne smiju sadržavati agresivne sastojke i ne smiju apsorbirati vodu.
4. Spremnici, rezervoari i sl. moraju se tako konstruirati da se lako prazne i čiste.
5. Projektnim rješenjima osigurati jednostavno, učinkovito i jeftino održavanje.
6. Osigurati da se pojedine komponente sustava za koje se očekuje brza pojava korozije mogu brzo i jednostavno zamijeniti.
7. Izbjegavati mehanička naprezanja u svrhu smanjenja opasnosti od napetosne korozije.
8. Izbjegavati oštre zavoje u cjevovodnim sustavima zbog smanjenja opasnosti od erozijske korozije.
9. Izbjegavati dodir različitih metala udaljenih u galvanskom nizu zbog sprječavanja galvanske korozije.
10. Izbjegavati lokalno intenzivno zagrijavanje, jer se korozija iznimno ubrzava s porastom temperature, a isparavanjem se postiže koncentriraniji medij.
11. Kad je god moguće, izbjegavati kontakt s agresivnim česticama.
12. Najopćenitije pravilo je da se svaka heterogenost mora izbjegavati (lokalna naprezanja, temperaturne razlike, mjesta gdje se vlaga nakuplja i sl.).

### ***5.8.2. Primjena korozijski postojanih materijala***

Jedan od najvažnijih, ali i najsloženijih zadataka konstruktora je izbor optimalnoga konstrukcijskog materijala. Pri tome valja uzeti u obzir mnoge ekonomske i tehničke kriterije čime se utječe na ukupnu konkurentnost proizvoda. Korozijsko je ponašanje svakako jedan od važnijih kriterija za izbor materijala jer se pravilnim izborom materijala izravno utječe na trajnost i sigurnost konstrukcije u različitim uvjetima eksploatacije.

### ***5.8.3. Elektrokemijska zaštita***

Temelje elektrokemijske zaštite postavio je 1824. godine Sir Humphry Davy, koji je upotrijebio cink za zaštitu bakrenih oklopa na drvenim trupovima ratnih brodova u morskoj vodi. Danas se elektrokemijska zaštita upotrebljava za zaštitu uronjenih i ukopanih metalnih konstrukcija koje nisu lako pristupačne za održavanje premazima, kao što su npr. cjevovodi, lučka postrojenja, brodovi, spremnici, izmjenjivači topline i armatura u građevinarstvu. Ovisno o načinu polarizacije, elektrokemijska zaštita može biti katodna i anodna.

### ***5.8.4. Protektorska zaštita***

Protektorska se zaštita provodi spajanjem konstrukcije s neplemenitijim metalom u galvanski članak u kojemu je protektor anoda. Ona se ionizacijom otapa (korodira) dajući katione i elektrone koji odlaze na štice konstrukciju. Za zaštitu čeličnih konstrukcija primjenjuju se protektori od Zn, Mg, Al i njihovih legura, a za zaštitu konstrukcija od bakra i Cu-legura rabe se protektori od gotovo čistog Fe.

### ***5.8.5. Zaštita inhibitorima korozije***

Korozijsko djelovanje agresivnih iona u elektrolitu u praksi se vrlo često smanjuje primjenom inhibitora korozije. Inhibitori korozije definiraju se kao tvari anorganskoga ili organskog podrijetla koje u vrlo malim koncentracijama smanjuju brzinu korozije do tehnološki prihvatljivih vrijednosti. Nekoliko je mehanizama djelovanja inhibitora, a po pravilu se radi o stvaranju barijere (tankega filma ili sloja korozijskih produkata) između okoline i metala ili pak o promjeni okoline (smanjenje korozivnosti) materijala koji se štiti. Inhibitori najčešće koče koroziju u elektrolitima, ali se rabe i u zaštiti od atmosfere korozije. Prema načinu djelovanja inhibitori se dijele na anodne, katodne i miješane (anodno- katodne), prema tome koče li ionizaciju metala.

### **5.8.6. Zaštita prevlačenjem**

Korozija metala može se zakočiti ili spriječiti nanošenjem prevlaka koje u prvom redu služe kao barijera prema agresivnu mediju. Prevlake mogu biti metalne i nemetalne, a nemetalne mogu biti anorganske i organske. U zaštiti cjevovoda najveću primjenu imaju organske prevlake.

### **5.8.7. Katodna zaštita**

Katodna zaštita je postupak koji se temelji na privođenju elektrona metalu, bilo iz negativnog pola izvora istosmjernje struje (zaštita narinutom strujom) bilo iz neplemenitijeg metala (tzv. protektora, protektorska zaštita), sve dok potencijal objekta ne padne niže od zasitne vrijednosti jednake ravnotežnu potencijalu anode korozijskog članka. Time nestaje afinitet za koroziju, tj. metal postaje imun. Uz zaštitu premazima, katodna je zaštita najčešća metoda zaštite od korozije ukopanih i uronjenih konstrukcija. Najbolje rezultate daje u kombinaciji sa sustavima premaza u kojima zaštitni sloj prevlake odvaja materijal od okoline, a katodna zaštita mijenja vanjske čimbenike oštećivanja materijala (obilježja okoline) smanjenjem pokretne sile korozijskih procesa.

Prednosti katodne zaštite su učinkovitost, ekonomičnost i lakoća primjene, a opća razina sačuvanosti cijevi nakon niza godina je visoka, neovisno o mogućim pojedinačnim i lokalnim oštećenjima. Optimalna je primjena u kombinaciji s pasivnom zaštitom, izolacijskim premazima, odnosno trakama, koje se uglavnom primjenjuju kod izgradnje cjevovoda. U takvim slučajevima, jednom napojnom stanicom katodne zaštite moguće je učinkovito zaštititi desetke kilometara novozgrađenog cjevovoda. Napojne stanice služe za napajanje potencioštata za katodnu zaštitu cjevovoda. Broj i mjesto napojnih stanica određuje se glavnim projektom. Učinkovitost zaštite se s vremenom smanjuje, prvenstveno zbog promjena izazvanih starenjem izolacije, što je potrebno uzeti u obzir kod projektiranja. Zaštita djeluje po površini izloženoj djelovanju struje, tj. vanjskoj površini ukopanog cjevovoda. Uzroci korozije su različiti i mogu se svesti u nekoliko osnovnih grupa: pogreške u materijalu, pogreške prilikom izgradnje i pojava galvanskih korozijskih članaka na površini konstrukcije zbog različitih fizikalno-kemijskih uvjeta okolnog medija. Najčešći slučaj je kombinacija različitih pojava. Uzrok osobito intenzivne korozije mogu biti lutajuće struje. Sagleđavanje međusobnog djelovanja pojedinih korozijskih čimbenika, za što su potrebna i opsežna terenska mjerenja, omogućavaju ispravno projektiranje sustava katodne zaštite.

Kriterij za učinkovito djelovanja sustava katodne zaštite je održavanje zaštitnog potencijala ispod određene negativne razine prema odabranoj Cu/CuSO<sub>4</sub> referentnoj elektrodi. Potrebna minimalna



razina zaštitnog potencijala je 850 mV. Sustav katodne zaštite potrebno je stalno održavati u ispravnom stanju, a kontrolnim mjerenjima podešavati izlazne parametre rada sustava katodne zaštite. U zoni lutajućih struja neophodna je kontrola 24-satnim kontinuiranim snimanjem relevantnih mjernih veličina režima rada. Samo takvim pristupom postiže se optimalan režim rada i učinkovitost sustava katodne zaštite. Za ispravan rad sustava katodne zaštite potrebno je njegovo stalno održavanje i kontrola. Obavljaju ih zaposlenici posebno obučeni i zaduženi za kontrole i pripremu o stanju katodne zaštite. Osnovni princip katodne zaštite je katodni pomak polarizacijskog potencijala prema ugrađenoj referentnoj elektrodi bakar/bakreni sulfat s čeličnim prstenom. Zaštita je postignuta kada pomak katodnog polarizacijskog potencijala iznosi 100 mV. Zaštita od eventualnih lutajućih struja treba biti izvedena prisilnom drenažom preko anodnih ležišta korištenjem potenciostatskih uređaja. Anodna ležišta trebaju biti dimenzionirana na minimalno dvadeset godina.

Pri katodnoj zaštiti narinutom strujom konstrukcija se preko regulatora/ ispravljača (10-20 V) spaja na minus pol izvora struje, dok su na plus pol spojene pomoćne anode koje mogu biti trajne i potrošne. Potrošne anode su najčešće od konstrukcijskoga ugljičnog čelika, a trajne anode se izrađuju od ferosilicija, grafita, ugljena, magnetita, nikla, olova i Pb-legura, platiniranog titana, vodljivih poliplasta, itd.

Najčešći princip katodne zaštite je katodni pomak polarizacijskog potencijala prema ugrađenoj referentnoj elektrodi bakar/bakreni sulfat s čeličnim prstenom. Smatra se da je zaštita postignuta kada pomak katodnog polarizacijskog potencijala iznosi 100 mV. Katodna zaštita izvesti će se s vanjskim izvorima napajanja i s anodnim ležištima s inertnim anodama. Zaštita od eventualnih lutajućih struja izvodi se prisilnom drenažom preko anodnih ležišta korištenjem potenciostatskih uređaja. Anodna ležišta će se dimenzionirati na najmanje 20 godina.

#### ***5.8.8. Katodna zaštita podmorskog dijela plinovoda***

Uzimajući u obzir duljinu podmorskog dijela cjevovoda i visoku kvalitetu pasivne zaštite od korozije, očekivana potrebna zaštita struja biti će vrlo slaba. Slijedeći uobičajenu praksu, kratki podmorski cjevovod katodno će biti zaštićen sustavom katodne zaštite narinute struje.

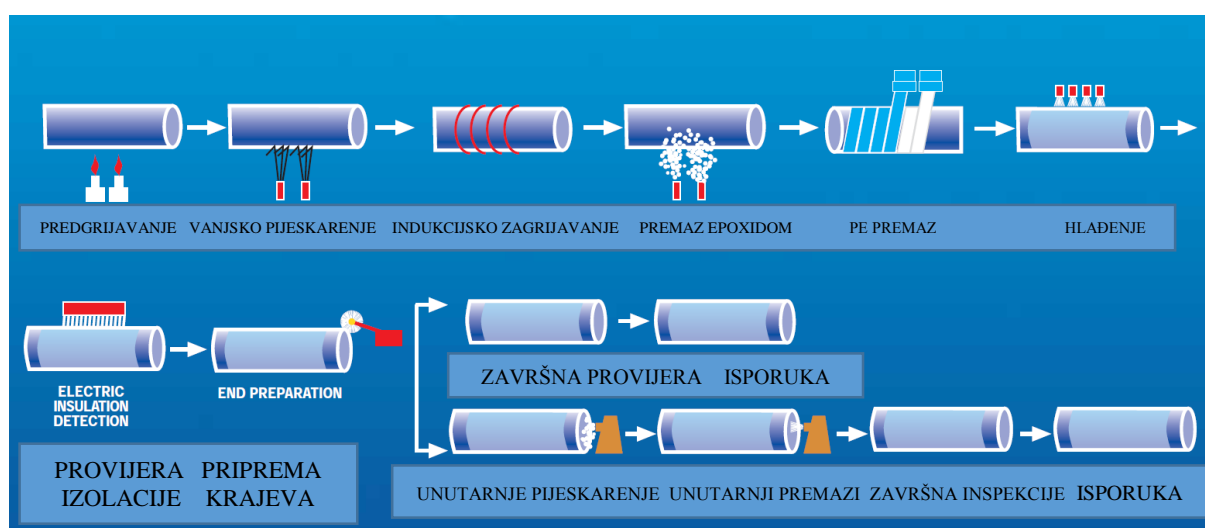
Izolirajuće spojnice biti će postavljene na oba kraja podmorskog dijela. Tijekom redovnog rada, izolirajuće spojnice će biti premoštene u cilju zaštite podmorskog plinovoda sustavom katodne zaštite. Zbog mjerenja i nadzora, spoj može biti privremeno isključen. Dok se ne završi izgradnja

i priključak na sustav katodne zaštite bude moguć, instalirat će se privremeni sustav katodne zaštite. Privremeni sustav katodne zaštite može se izvesti kao sustav žrtvenih anoda ili sustav narinute struje. Biti će isključen prije nego podmorski plinovod bude spojen na sustav katodne zaštite.

### 5.9. Tipičan primjer antikorozivne izolacije cjevovoda

Kod magistralnih plinovoda na kopnu i moru za sigurnost i vijek trajanja važna je njihova dobra korozijska zaštita. Cijevi za plinovode se tvornički izoliraju, a na mjestima gdje se one spajaju zavarivanjem na radilištu vrši se izolacija raznim tehnikama i materijalima. Cijevi za lomove i razne prijelaze koje se naručuju ili savijaju na trasi izoliraju se sa za to predviđenim trakama. Cijeli sustav odvojen je izolirajućim komadima i predstavlja jednu izoliranu cjelinu. Ta cjelina se štiti katodnom zaštitom zbog mogućnosti oštećenja izolacije na pojedinim mjestima, a na podmorskim cjevovodima se ugrađuju žrtvene anode. Razne stanice na plinovodima i to njihovi ukopani dijelovi koji se teško izoliraju trakama, zaštićuju se za to predviđenim premazima. Ako u transportnom mediju ima sumpornih spojeva, posvećuje se posebna pažnja zavarenim spojevima, tj. pazi se na njihovu tvrdoću i po potrebi se ona smanjuje odžarivanjem.

Kao tipična zaštita cjevovoda od korozije predviđa se ugradnja tvornički izoliranih cijevi sa troslojnim ekstrudiranim polietilenom niske ili visoke gustoće u skladu s DIN 30670 i s minimalnim otporom na guljenje 35 N/cm. Takva zaštita je značajno bolja od klasičnog namotavanja trake na gradilištu. Ručno namatanje trake predviđeno je samo u području zavarenih spojeva i to na duljini od oko 800 mm.



Slika 5.31 Postupak ugradnje izolacije cijevi sa troslojnim ekstrudiranim polietilenom [71]

### ***5.9.1. Polietilenska zaštitna traka***

Svi podzemni cjevovodi moraju biti zaštićeni troslojnom polietilenskom trakom na koju će se namotati dvoslojna polietilenska traka, čija je namjena mehanička zaštita prve trake. Obje trake se na cjevovod namotavaju s 50 % preklopa. Prije namatanja izolacijske trake cijev je potrebno očistiti pjeskarenjem i odmastiti. Nakon toga se cijev premazuje tekućim primerom, koji je kompatibilan s izolacijskom trakom.

### ***5.9.2. Toplinski stezljivi rukavci***

Na mjestima spajanja dviju cijevi, koja ne mogu biti tvornički izolirana (širine oko 600 mm), antikorozivna zaštita najčešće će se izvesti pomoću termoskupljajućih rukavaca. Njihov sastav i karakteristike odgovaraju tvorničkoj izolaciji te nakon nanošenja s njom čine cjelinu i tako osiguravaju pouzdanu zaštitu cjevovoda od korozije.

### ***5.9.3. Tipična specifikacija troslojnog sustava zaštite od korozije***

Specifikacija utvrđuje minimalne zahtjeve za sustav zaštite od korozije pogodnim za izoliranje cijevi, cijevnih fittinga i zavarenih spojeva na terenu i to strojnim ili ručnim postupkom.

Opći zahtjevi su da je izolacija pogodna za ručnu i strojnu primjenu kod temperatura okoliša od -10 °C do +40 °C. Također treba osigurati visoku adheziju čiste metalne površine cijevi i zaštitnog sloja (AKZ trake) te dugotrajno zadržati nepromijenjena svojstva u zemlji. Osnovni sloj treba sadržavati inhibitor korozijskih pukotina uzrokovanih naprezanjem (SCC inhibitor), a sustav mora biti otporan na odvajanje od cijevi uslijed djelovanja katodne zaštite. Materijal mora biti otporan na djelovanje ugljikovodika, kiselina i alkalija.

Karakteristike kompletnog sustava zaštite

Kompletnan sustav zaštite, što uključuje temeljni premaz, antikorozivni zaštitni sloj i mehaničku zaštitu, mora zadovoljiti sljedeće uvjete:

**Tablica 5.1 Karakteristike kompletnog sustava zaštite [33]**

<u>Svojstvo</u>	<u>Mjerna jedinica</u>	<u>Zahtijevano područje</u>	<u>Ispitne metode</u>
Adhezija na čelik	N/10 mm	> 0.05	EN12 068
Odvajanje zbog katodne zaštite	mm radijus	< 20	EN12 068
Specifični električni otpor	ohm·m <sup>2</sup>	> 10 <sup>8</sup>	EN12 068
Otpor prodiranja	mm preostale debljine	> 0.6	EN12 068

Sustav mora biti kompatibilan s PE (polietilen) i EP (epoxy) tvornički nanesenim sustavima antikorozivne zaštite. Sustav zaštite mora biti certificiran prema DIN EN 12 068, odnosno DIN 30672.

#### **5.9.4. Tipična tvornička izolacija za ravne dijelove cjevovoda**

Tvornička izolacija za ravne dijelove cjevovoda treba imati sljedeće kemijske i fizičke karakteristike:

- Visoku otpornost prema mehaničkim oštećenjima;
- S površinom metala cijevi treba stvarati čvrst spoj – visoka athezijska čvrstoća;
- Slaba sklonost puzanju;
- Ne upija vodu i ne omogućava prolaz vlage do cjevovoda;
- Slabu difuziju vodene pare i slabo propuštanje kisika;
- Visok električni otpor;
- Otpornost na starenje i stabilnost u području radnih temperatura cjevovoda;
- Visoku kemijsku otpornost prema agresivnim medijima u zemlji;
- Dovoljnu čvrstoću da izdrži naprezanja u transportu i manipulaciji pri polaganju cjevovoda;
- Pod utjecajem katodne zaštite ne smije gubiti svoja svojstva.

Minimalna debljina izolacije za promjere cjevovoda:

**Tablica 5.2 Minimalna debljina izolacije za promjere cjevovoda [33]**

DN < 800	DN > 800
2,5 mm	3,0 mm

Tvornička zaštita od korozije vrši se u radionici prema planu kontrole koji obuhvaća sljedeće kontrole :

1. Kontrola prihвата cijevi

Kontrola svake cijevi prema normi ISO 8501 – kriterij prihvatljivosti je da nisu oštećeni skošeni krajevi za zavarivanje, da nema korozije, udubina od udarca, žljebastih udubina, spljoštenosti, li-snatosti, prljavštine i spljoštenih krajeva.

## 2. Kontrola materijala za izolaciju

Kontrola materijala za izolaciju obuhvaća:

- Usporedbu isporučenog materijala s narudžbom – kontrola svake isporuke;
- Kontrolu stanja isporučene robe – stanje ambalaže, prema uputama proizvođača;
- Kontrolu skladištenja svake isporuke prema uputama proizvođača;
- Kontrolu svake šarže prema certifikatu proizvođača i to: vrijeme stvrdnjavanja, sadržaj vlage, analiza krupnoće praha i zbijenost, specifična težina i indeks tečenja.

## 3. Ispitivanja za vrijeme proizvodnje

Ispitivanja za vrijeme proizvodnje obuhvaća:

- Kontrolu stanja površine cijevi prije sačmarenja - bez tragova ulja, masti i ostalih nečistoća;
- Kontrolu temperature površine cijevi prije sačmarenja. Ako je površina cijevi vlažna ili je rosište više od 3 °C niže od temperature zraka, cijev je potrebno zagrijati prije sačmarenja. Predgrijana cijev treba imati temperaturu između 35 °C i 50 °C. Plamen za zagrijavanje cijevi treba podesiti tako da se na cijevi ne taloži čađa, a kontrolu provoditi svaka 2 sata;
- Čišćenje površine cijevi mlazom abraziva do stupnja čistoće minimum Sa 2. prema normi ISO 8501. Kontrolu provoditi svaka 2 sata;
- Otprašivanje površine. Kontrola prema normi ISO 8502 svaka 2 sata;
- Hrapavost površine treba biti između 30 µm i 50 µm. Kontrola prema normi ISO 8503. Kontrola svaka 2 sata;
- Relativna vlažnost zraka treba biti < 90 %. Kontrola svaka 2 sata;
- Kontrolu stanja površine cijevi poslije sačmarenja. Kontrola svake cijevi prema normi ISO 8503. Vizualni pregled da na površini nema rupica i ostalih nepravilnosti;
- Temperatura površine cijevi za vrijeme nanošenja obloge. Kontrola svaki sat u skladu s preporukom proizvođača. Temperatura treba biti između 160 °C i 270 °C;
- Kontrolu debljine pojedinog sloja zaštite prema specifikaciji naručitelja;
- Ukupnu debljinu zaštite. Kontrola prema specifikaciji naručitelja s četiri mjerenja na svakoj cijevi i 10 mjerenja na svakoj 10. cijevi. Debljina treba biti između 2,2 mm i 3,7 mm;
- Kontinuirani pregled obloge svake cijevi visokonaponskim detektorom na 25 kV da nema igličastih rupa i poroziteta;

- Kontrolu rezanja krajeva obloge svake cijevi prema specifikaciji naručitelja. Kraj cijevi treba biti bez obloge u duljini od 150 mm do 250 mm;
- Kontrolu popravka na popravljenim cijevima prema specifikaciji popravka i obilježavanje cijevi brojem.

#### 4. Testiranje van proizvodnje

Testiranje van proizvodnje obuhvaća:

- Kontrolu polimerizacije i test adhezije prema specifikaciji proizvođača;
- Otpornost na udar izvesti na jednoj od 50 cijevi.

#### 5. Laboratorijsko ispitivanje

Laboratorijsko ispitivanje treba testirati sljedeće karakteristike:

- Otpornost identifikacijske oznake cijevi;
- Otpornost na abraziju;
- Otpornost na UV zračenje;
- Kemijsku otpornost utvrditi uranjanjem izolacije u otopinu: 5 % volumnih natrijevog hidroksida, 5 % volumnih natrijevog klorida i 1 % volumni dušične kiseline. Izolacija nakon 60 dana uranjanja ne smije promijeniti svojstva;
- Ispitati katodno odvajanje i stresno djelovanje okoliša na izolaciju prema normi ASTM G8 i ASTM D 1693.

#### 6. Kontrola dokumentacije

Dokumentacija se mora sastaviti tako da bude:

- Svakodnevno ovjeren izvještaj o dnevnoj proizvodnji;
- Svakodnevno ovjeren izvještaj o ispitivanju prema projektnoj specifikaciji;
- Završni izvještaj, jedan po projektu, kontrola prema projektnoj specifikaciji. Krajevi cijevi koji nisu zaštićeni zbog zavarivanja na radilištu i ako je dužina tog dijela od 150 mm do 250 mm, mogu biti zaštićeni s privremenom zaštitom od korozije, ako to zahtjeva naručilac.

### ***5.9.5. Izolacija trakama prijelaza i ukopanog dijela cjevovoda***

Neizolirani dijelovi cjevovoda, kao što su lukovi horizontalnih i vertikalnih lomova, razni prijelazi vodotoka, kanala, cesta, pruga i sl. i podzemni dijelovi stanica na cjevovodu, izoliraju se na gradi-lištu troslojnim polietilenskim trakama. Trake trebaju ispunjavati zahtjeve iz norme DIN 30672. Prije nanošenja izolacije površina mora biti čista, suha i očišćena do stupnja čistoće Sa 2. ili St 3 u skladu s normom HRN ISO 8501. Nakon toga nanosi se prajmer, kojeg treba izabrati tako da je pogodan za ručno nanošenje i da odgovara traci koja dolazi na njega. Na prajmer se namotava prva 3-slojna polietilenska traka koja je izolacijska. Ona ima veliku silu guljenja prema prajmeru (oko 40 N/cm ). Traka treba biti ukupno debela najmanje 1,2 mm. Prema zahtjevu projekta ili investitora, na prvu traku namotava se druga 3-slojna polietilenska traka koja ima ulogu mehaničke zaštite prve trake. Treba ju odabrati tako da dobro prijanja za prvu traku (sila guljenja oko 25 N/cm). Obje se trake motaju sa min. 50 % preklopa, tako da ukupna debljina sloja u dvotračnom sistemu s 3-slojnim trakama iznosi min. 3,4 mm. Nakon završetka izrade izolacije potrebno ju je ispitati visokonaponskim detektorom s naponom od 25 kV na probijanje.

### ***5.9.6. Skladištenje materijala za izolaciju***

Sav materijal za izolaciju mora biti uskladišten tako da bude zaštićen od:

- mogućnosti nastanka požara (u skladu s HTZ mjerama);
- mehaničkih oštećenja;
- utjecaja topline;
- atmosferskog utjecaja, a sve s razlogom očuvanja kvalitete materijala za antikorozivnu izolaciju.

### ***5.9.7. Osiguravanje kvalitete tokom izvođenja antikorozivne izolacije***

#### **1. Pripremni radovi**

U tijeku pripremnih radova cjevovod mora biti podignut na drvene podmetače kako bi se omogućilo njegovo efikasno sušenje. Potrebno je izvršiti vizualnu kontrolu površine cijevi da bi se otkrile eventualne greške, kao što su:

- udubljenja;
- ogrebotine te slična oštećenja.

Sve cijevi s greškom treba označiti ili izdvojiti te u dogovoru s nadzornim inženjerom sanirati. Također je potrebno organizirati, u fazi zavarivačkih radova, čišćenje “bobica“ nakon zavarivanja

od špricanja električkog luka, bilo turpijom ili brušenjem. Ako se vlaga ne može odstraniti dovoljno brzo normalnim sušenjem, sušenje izvršiti zvončastim propan – butan plamenikom.

## 2. Čišćenje

Čišćenje cijevi mora se izvoditi isključivo po suhom vremenu ili ako se izvrši sušenje plamenikom, ali nikako za vrijeme dok ima oborina. Čišćenje se izvodi ručno rotacionim brusilicama ili malim pjeskarilicama tako da se postigne traženi stupanj čistoće površine cijevi St 3 ili Sa 2.

## 3. Ručno izoliranje cjevovoda

Kod ručnog izoliranja cjevovoda potrebno je odabrati i podesiti ručnu napravu za namatanje trake za određeni preklop prema odabranoj širini trake i zahtjevu projekta. Neposredno prije namatanja izolacijske trake na cijevi one se premazuju prajmerom koji odgovara traci, valjcima ili četkama. Traka se namata na cijev uz preklop min. 25 mm na normalnim dionicama, a s preklpom od 50 % na vodotocima, prijelazima, stanicama i mjestima koje odredi projektant. Traka mora biti pravilno nategnuta, ispod granice razvlačenja, da se izbjegne stvaranje mjehura ili gužvanje. Potrebno je voditi računa o temperaturi okoline i same cijevi kao i trake te prema tome odrediti silu zatezanja. U slučaju viših temperatura, koje utječu na smanjenje granice razvlačenja, izoliranje treba prekinuti.

## 4. Kontrola izvođenja izolacije

Kontrola kvalitete izvođenja izolacije vrši se pomoću uređaja za ispitivanje elektroneprobojnosti uz propisani napon od 25 kV. Ovo ispitivanje treba izvršiti neposredno prije spuštanja cjevovoda u iskopani rov, a sve eventualne greške treba označiti, obustaviti polaganje cjevovoda te pristupiti popravku.

## 5. Izvođenje popravka izolacije

Oštećenu izolaciju treba izrezati na oko 100 mm šire od oštećenja, očistiti podlogu te ponovno premazati primerom i premotati osnovnom trakom. Popravci se ne smiju raditi zakrpama već o-matanjem trake oko cijevi. Nakon izvršenog popravka potrebno je popravljeno mjesto ponovno ispitati na elektroprobojnost.



## **5.10. Osiguravanje kvalitete izolacije zavarenih spojeva cijevi na primjeru iz prakse**

### **5.10.1. Plinovodi na kopnu**

Zavareni spojevi na cjevovodu štite se tako da se traka namata na ukupnoj dužini da pokriva površine cijevi koje nisu tvornički predizolirane i to 2 x 100 mm preko tvorničke izolacije.

Za Magistralni plinovod Zagreb – Karlovac dana je slijedeća tehnologija:

- Premazivanje očišćenog dijela cjevovoda Primerom Polyken tip 1027 u širini 550 mm;
- Izoliranje očišćenog dijela cjevovoda bez izolacije Filerom – Polyken trakom tip 931 širine 4“ s tri namota i trakom širine 2“ jedan namot u širini oko 300 mm (150 mm + 150 mm sa svake strane);
- Namatanje antikorozivne izolacione trake Polyken tip 980 širine 6“ s preklopom 1" u širini od 400 mm;
- Namatanje Polyken trake tip 955 širine 6“ s preklopom 50 % radi mehaničke zaštite izolacije u širini od 500 mm.

### **5.10.2. Odobalni plinovodi**

Primjer: Korozivna zaštita zavarenog spoja građevine "Podmorski otpremni plinovod Platforma Ivana A do Platforme Garibaldi K":

- Čišćenje površine cijevi uz zavareni spoj rotirajućim četkama do stupnja čistoće St 3,
- Stavljanje plastičnog ovala na mjesto zavarenog spoja,
- Stavljanje čelične oplate na prethodno postavljen plastični oval na mjesto zavarenog spoja,
- Punjenje kalupa dvokomponentnom poliuretanskom smolom i punilom MARIN BLOCK LD cijevima iz pumpaonice. Poliuretanska smola i punilo su zajedno u bačvama i miješaju se u pumpaonici s otvrđivačem u omjeru 6:1.

### **5.11. Ugradnja izolacijskih spojnica**

Osim kvalitetno izvedene izolacije cjevovoda u sustav cjevovoda moraju se ugraditi izolacijske spojnice na mjestima na kojima je potrebna međusobna električna izolacija dijelova sustava. Izolacijske spojnice moraju biti konstruirane za odgovarajući tlak, temperaturu i dielektričnu čvrstoću i izolirane od utjecaja tla.

Tehničke karakteristike standardnih izolacijskih spojnica:

- Temperaturno područje: - 10 °C do + 70 °C;
- Ispitane na čvrstoću: 1,5 x max. radni tlak;
- Dimenzije proizvodnje: 100 inča i više;
- Klasa: od ANSI 150 do ANSI 2500 i iznad;
- Vanjska zaštita: epoxy smola.

### **5.12. Zaštita antikorozivnim premazima teže dostupnih područja**

Sastavni dijelovi plinovoda su čistačke stanice, blok stanice uzduž trase, rasteretne ispuhivačke stanice itd. Na tim stanicama neki dijelovi kao "T" komadi teško se korozivno zaštićuju izolacijskim trakama. Na te ukopane dijelove stanica ili kompletne stanice nanose se antikorozivni zaštitni premazi na bazi katran epoksida.

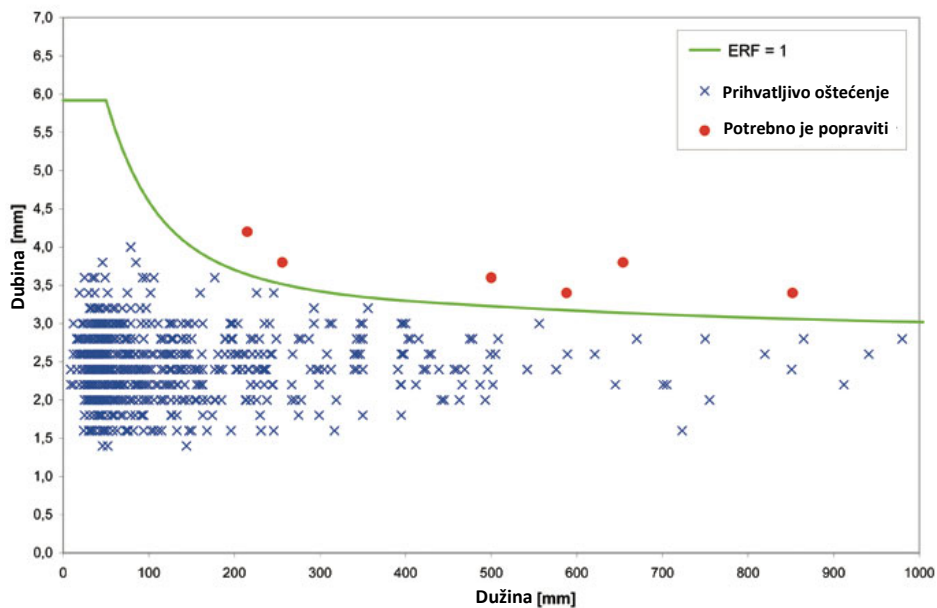
### **5.13. Procjena utjecaja korozije**

Procjena utjecaja korozijskih oštećenja na integritet plinovoda obavljena je pomoću ASME B31.G kriterija iz priloga. Navedeni kriteriji uzimaju u obzir aksijalnu dužinu, dubinu oštećenja, tlak izdržljivosti, debljinu stijenke i vanjski promjer. Gubici metala, klasificirani kao tvornička greška i konstrukcijske greške (npr. nepravilnosti zavora), procijenjeni su pomoću "Shannon" metode

(Noha 2012) iz priloga. Ova metoda daje realniju procjenu kritičnih naprezanja za slučajeve gubitka metala na cjevovodima od rastezljivih materijala.

Osim gore navedenog, sve nepravilnosti gubitka metala i korozije procijenjene su također i pomoću "Kastnerove" metode (iz priloga) koja uzima u obzir obodnu dimenziju nepravilnosti, debljinu stijenke, polumjer i dubinu nepravilnosti. U ovom slučaju korišten je pristup s pretpostavkom da plinovod nije vezan (temeljen i sl.) i kriterija da maksimalno naprezanje iznosi 0.5 x obodnog naprezanja (Noha 2012).

Kod novih cjevovoda preporuka je da se izolacijska prevlaka pregleda PERSONOVOM detekcijom plinovoda nakon izmjene četiri godišnja doba, odnosno nakon godine dana. Idealno vrijeme za početak radova je jesen (nakon završetka poljoprivrednih radova), kada je tlo dosta vlažno. Mjesta na cjevovodu na kojemu je oštećena izolacijska prevlaka predstavljaju potencijalnu opasnost od nastanka korozije, a time i od perforacije cjevovoda. U slučaju da je na cjevovodu instaliran sustav katodne zaštite, ona će vrlo uspješno štititi od korozije sva manja područja gdje je izolacija oštećena, ali u slučaju velikih oštećenja može biti nedostatna. Zbog toga je potrebno otkriti sva takva mjesta te po potrebi popraviti izolaciju kako bi se smanjila opasnost od korozije. Ova metoda sastoji se u tome da se između cjevovoda i pomoćnog uzemljenja narine izmjenični električki signal određene frekvencije (oko 1000 Hz). Na mjestima oštećenja izolacije cjevovoda javlja se pad napona koji je moguće mjeriti.



Slika 5.32 Dobiveni rezultati pomoću ASME B31.G kriterija. Crvene točke predstavljaju oštećenja za koja potrebno izvršiti popravke [72]

### 5.13.1. Faktor sigurnosti

Kriteriji za plinovode koji su prihvaćeni širom svijeta te se nalaze u normi "ANSI/ASME *B31.G PRCI Report RSTRENG Defect Assesment*", navode da je oštećenje stijenke plinovoda prihvatljivo ako plinovod na mjestu oštećenja može izdržati tlačnu probu vodom do tlaka koji uzrokuje naprezanje od 100 % granice tečenja materijala. Kako kriteriji za ovu tlačnu probu definiraju sigurnosni faktor 1.39, tako je i u proračunima procjene integriteta plinovoda korišten isti faktor.

Zaključno, nepravilnost zahtjeva popravak ako:

- dimenzije oštećenja prelaze veličinu koja može izdržati maksimalni dozvoljeni radni tlak pomnožen s faktorom sigurnosti;
- ako dubina nepravilnosti prelazi 80 % debljine stijenke.

## 6. MJERENJE ELEMENATA KVALITETE SUSTAVA TRANSPORTA PRIRODNOG PLINA

Nakon izgradnje novog plinovoda, kompanija koja je operator sustava ili nominirani izvođač testiranja obavlja sve potrebne testove i istraživanja na plinovodu kako bi se utvrdilo da li je plinovod ispravan i spreman za korištenje. U svakom će slučaju u razdoblju ne dužem od dvanaest mjeseci nakon izgradnje plinovoda ispitati stanje sustava. U slučaju da rezultati ispitivanja ukažu na postojanje korozivne okoline, preporuča se katodna zaštita plinovoda. Ukoliko katodna zaštita nije potrebna, stanje plinovoda se ispituje svakih pet godina. Pri samoj izgradnji plinovoda cijevi se polažu u takvo zaštitno okruženje koje će mogućnost korozije svesti na minimum. Osim toga, po potrebi se odmah ugrađuje katodna zaštita.

Tablica 6.1 Učestalost kvarova i oštećenja [33]

Učestalost primarnih kvarova na plinovodima za razdoblje od 1970. do 2010. godine (EGIG 2011). RAZLOG OŠTEĆENJA	UČESTALOST OŠTEĆENJA 1000 km / god
Vanjski utjecaji	00,17
Korozija	0,057
Konstruktivske pogreške	0,059
Pogreške kod popravaka	0,017
Utjecaj tektonike	0,026

Unatoč činjenici da je najučestaliji uzrok oštećenja plinovoda vanjski utjecaj, ipak je korozija pojava kojoj se pridaje najviše pažnje i čiji bi utjecaj na oštećenja plinovoda zasigurno bio znatno veći kada se ne bi radilo na njenoj prevenciji.

Analizirajući jedne od najučestalijih uzročnika osiguravanja elemenata kvalitete plinovoda, a to su utjecaji promjena tektonike tla, mogu se nabrojati najčešći razlozi akcidenata: klizanje tla, poplave, utjecaj rijeka, rudarenje te erozija tla. Pritom je važno napomenuti kako je klizanje tla daleko najčešći uzrok u grupi tektonskih uzroka.

## 6.1. Parametri koji utječu na odabir odgovarajuće metode osiguravanja kvalitete plinovoda

### 6.1.1. Geometrija i materijali

Kod odabira metode osiguravanja kvalitete plinovoda, najvažniji parametar koji se uzima u obzir je unutrašnji promjer cijevi, dok je debljina stijenke cijevi ograničavajući parametar ukoliko se kao metoda popravka razmatra zavarivanje. Čvrstoća čelika od kojeg je cijev načinjena također ima velik utjecaj na odabir metode popravka. Kako je neke čelike prevelike čvrstoće nemoguće *in-situ* zavarivati, podatak o vrsti čelika od kojeg je plinovod izrađen je od iznimne važnosti da bi se zavarivanje kao opcija moglo isključiti.

#### 6.1.1.1. Savijanje cijevi

Da bi se plinovod prilagodio konfiguraciji tla te horizontalnim lomovima, na onim mjestima gdje je nemoguće postići zakrivljenje normalnom elastičnošću cjevovoda potrebno je izvršiti savijanje cijevi na terenu s potrebnim radijusom zakrivljenosti. Ovo se savijanje obavlja na hladno bez zagrijavanja i to pomoću stroja za savijanje.



Slika 6.1 Savijanje cijevi DN 800 [33]



Slika 6.2 Trn za osiguranje ovaliteta [33]

Primjer iz prakse o podacima stroja za savijanje cijevi tip HD 325, proizvođač Hilgers:

Tablica 6.2 Specifikacije stroja za savijanje cijevi tip HD 325 [33]

Kapacitet savijanja pri savijanju cijevi	$\Phi Dxt, \text{ max. (mm)}$	$\Phi 323,9 \times 7,1$
na $R > 3d$	$Wx, \text{ max. (cm}^3\text{)}$	550
	$Rm, \text{ max. (N/mm}^2\text{)}$	590
	$R, \text{ max. (mm)}$	cca 1000
	$\alpha, \text{ max. (}^\circ\text{)}$	150
Smjer savijanja		Desno
Radna visina		cca 1200 mm
Max. dužina cijevi izvan alata		6,5 m ako se savija luk $150^\circ$

Gdje su:

$Wx, \text{ max.}$  - otporni moment presjeka savijane cijevi, [ $\text{cm}^3$ ]

$Rm, \text{ max.}$  - vlačna čvrstoća materijala cijevi, [ $\text{N/mm}^2$ ]

$D$  - vanjski promjer cijevi, [mm]

$d$  - unutarnji promjer cijevi, [mm]

$t$  - debljina stijenke cijevi, [mm]

$R$  - srednji radijus savijanja, [mm]

$\alpha$  - kut savijanja, [ $^\circ$ ].

Najveći stupanj savijanja na terenu može biti  $1,5^\circ$  na dužini promjera cijevi.

Svi lukovi izvedeni strojem za savijanje trebaju imati polumjer veličine najmanje 40 vanjskih promjera cijevi. Kalupi za stezanje i savijanje moraju biti prilagođeni promjeru cijevi koja se savija.

Za savijanje tankostijenih cijevi preporuča se upotreba unutarnjeg potpora - trna. Za tankostijenkaste cijevi u slučaju pojave gužvanja ukazuje se potreba za povećanjem radijusa savijanja sa  $R_{sa} > 40 D_v$  na  $R_{sa} > 45 D_v$ .

Nijedan luk koji je savijen na hladno na terenu ne smije imati ni na kojem mjestu tragove ispupčenja, valovite površine, kao ni smanjenje debljine stijenke ispod dozvoljene granice. Uzdužno zavarene cijevi treba savijati tako da uzdužni zavar bude u neutralnoj zoni. Hladno savijanje spiralno zavarenih cijevi u principu se provodi bez problema, isto kao i savijanje uzdužno zavarenih cijevi, s tim da se na položaj spiralnog zavara ne treba obraćati nikakva pažnja.

Kod spiralno zavarenih cijevi treba obratiti pažnju na položaj spojnog zavara čeličnih traka te se ne dozvoljava savijati cijevi koje na sebi imaju taj spojni zavar. Svako savijanje cijevi znači izvjesno oslabljenje istih, ovisno o radijusu savijanja, što treba uzeti u obzir kod tlačnog ispitivanja cijevi koje imaju relativno mali koeficijent sigurnosti.

### **6.1.2. Lokacija i konfiguracija plinovoda**

U nekim slučajevima smještaj plinovoda ima velik utjecaj na odabir metode održavanja. Najčešće se to odnosi na duboko ukopane plinovode ili plinovode postavljene pod velikim nagibom koji, osim opterećenja zbog protjecanja plina, trpe i dodatna opterećenja zbog zahtjevne konstrukcije. Problematici su i plinovodi s puno koljena i lukova. Lokacija na kojoj je sagrađen plinovod može, pri odabiru metode popravka, prouzročiti neke dodatne probleme. Ukoliko se plinovod nalazi u području guste naseljenosti možda će ga biti nemoguće iskopavati. U tom su slučaju sve konvencionalne metode popravaka isključene te se pristupa razmatranju drugih rješenja.

### **6.1.3. Priroda, tip i orijentacija oštećenja**

Mjesto i veličina oštećenja plinovoda su parametri koje je, uz tip i orijentaciju oštećenja, iznimno važno poznavati da bi se, uz postojeću tehniku i dostupnu tehnologiju, moglo razmatrati metode održavanja. Sve te operacije moraju se izvesti u što kraćem roku uz maksimalnu učinkovitost. U sljedećem dijelu ovog rada razmatrani su uređaji koji omogućuju brže, jeftinije i učinkovitije otkrivanje mogućih i postojećih oštećenja na plinovodima.



## 6.2. Beskontaktni mjerni uređaji kao instrumenti detekcije oštećenja

Razvoj naprednih beskontaktnih mjernih tehnika rezultirao je pojavom brojnih novih mjernih sustava, kao i unaprjeđenjem karakteristika postojećih sustava. Takvi moderni sustavi omogućuju istovremeno brza i precizna mjerenja složenih oblika. Također, moguća je i kombinacija više mjernih sustava gdje jedan sustav nadopunjava drugi, što omogućava provedbu takvih mjerenja za koje niti jedan sustav pojedinačno nije sposoban sam obaviti.

### 6.2.1. Radiografsko ispitivanje

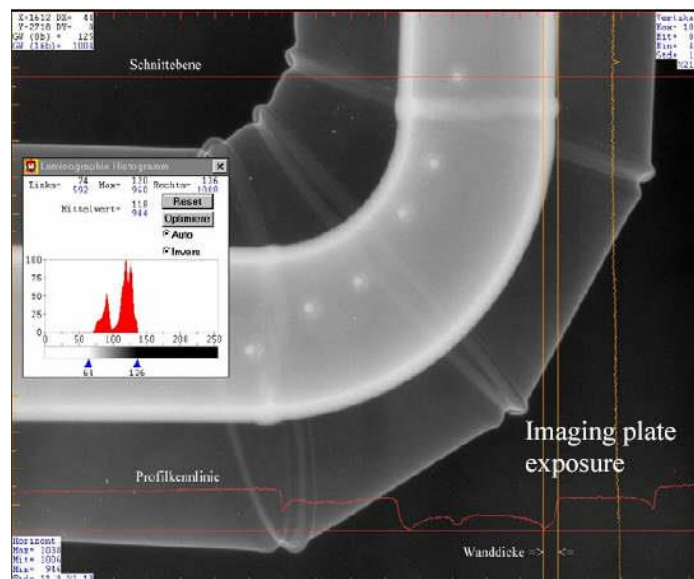
Materijali u ovisnosti od svoje gustoće i debljine apsorbiraju različitu vrijednost rendgenskih ili gama zraka koje prolaze kroz testni materijal. Ako uzorak materijala koji se testira nije homogen, odnosno sadrži neku vrstu diskontinuiteta, zrake će kroz takve promjene u materijalu lakše ili teže prolaziti što će se vidjeti na radiogramu kao svjetlija ili tamnija područja. Npr. pukotine u materijalu na radiogramu vide se kao tamnija područja u odnosu na ostatak radiograma.

Radiografsko ispitivanje je metoda ispitivanja materijala zasnovana na diferencijalnoj apsorpciji penetrirajućeg zračenja. Uslijed razlika u gustoći, debljini ili u karakteristikama upijanja, različiti dijelovi apsorbiraju različite količine penetrirajućeg zračenja. Ispitivanje se vrši mjerenjem tih razlika. Radioskografsko ispitivanje novom generacijom uređaja bazira se na digitalnoj radiografiji, kod koje se zračenje pretvara u optički ili elektronski signal. Takve slike u digitalnom obliku mogu se lako prenositi i obraditi, a moguće je spajanje više slika u 3D model - CT (engl. *Computed Tomography*). Jedna od prednosti je mogućnost ispitivanja bez skidanja izolacije. Nedostatak ove metode predstavlja zračenje. Prenosiva radiografska oprema emitira X-zračenje relativno niske energije (300 keV) što omogućava prodiranje u čelik dubine do 75 mm. Neke vrste grešaka ne mogu se otkriti radiografijom: mikroporoznost, uključci u vučenom materijalu, uske pukotine koje nisu paralelne sa smjerom X-zračenja.

X-zrake su nosioci visoke razine (nivoa) energije i mogu prekidati kemijske veze unutar materijala u koji prodiru. Također su opasne i po ljudsko zdravlje. Male doze ionizirajućeg zračenja nisu opasne, a sve preko preporučenog minimuma uzrokuje teške posljedice po organizam, ovisno o primljenoj dozi. X-zrake se dijele još na „meke“ X-zrake, koje pripadaju većim valnim duljinama X spektra zračenja i na „tvrde“ X-zrake, koje pripadaju manjim valnim duljinama X spektra zračenja. Tvrde X-zrake prodiru lakše u materijal i apsorbiraju se manje, dok je kod mekših obrnuto.



Slika 6.3 Uredaj za radiografsko ispitivanje [73]



Slika 6.4 Rezultat radiografskog ispitivanja [73]

### 6.2.2. Ispitivanje fluorescentnim česticama

Ispitivanje fluorescentnim česticama spada u Penetrantne (kapilarne) metode. Takve metode primjenjuju se pri pregledu zavara i određivanju površinskih grešaka, kao što su naprsline, zarezi, pore i slično. Ove metode su zasnovane na primjeni kapilarnih sila. Ovom metodom mogu se konstatirati greške čija je širina veća od 0,001 mm i dublje od 0,01 mm. Fluorescentna ispitivanja su zasnovana na primjeni kapilarnih sila. Za ispitivanje se koristi neki tip fluorescentne tekućine. To je tekućina koja ima svojstvo da prilikom osvjetljavanja ultra-ljubičastom svjetlošću ima svojstvo emitiranja svjetlosti. Premazi jako svijetle (najčešće zeleno) pod UV svjetlom (valne dužine od 320 nm do 400 nm). Ova sposobnost materija naziva se fluorescencija. Svojstva fluorescencije imaju mnoga mineralna ulja kao: transformatorsko, avionsko itd. Područje cijevi koje se ispituju

prethodno se dobro očisti od svih nečistoća, a zatim se četkom premaže sa fluorescentnom tekućinom i drži nekoliko minuta. U novije vrijeme koristi se i prskanje kao metoda nanošenja. Poslije toga cijev se pere mlazom hladne vode, a zatim suši. Osušene površine se posipaju prahom koji ima veliku moć apsorpcije, kao npr. magnezij oksid, silicij oksid itd. Prašak na površinu izvlači fluorescentnu tekućinu, a djelomično prodire i u pukotine. Suhi prašak se sa površine predmeta uklanja strujom zraka ili lakim udarcima po cijevi, tako da se zadrži samo na vlažnim mjestima.



**Slika 6.5 Postupak fluorescentnog ispitivanja 1 – priprema površine – čišćenje, 2 – nanošenje tankog sloja obojenog penetranta – penetriranje, 3 – odstranjivanje viška penetranta s površine, 4 – nanošenje bijelog „razvijaa“ – razvijanje [73]**

Za detekciju pukotine prostor oko cijevi se zamrači, a cijev se osvijetli ultra-ljubičastom svjetlošću. Mjesta na kojima se zadržala fluorescentna tekućina počinju svijetliti. Prema veličini pukotine imamo jaču ili slabiju fluorescentnu svijetlost.

Pri ispitivanju zavarenih spojeva također se koristi fluorescentna metoda. Kod ispitivanja zavara fluorescentna tekućina se nanosi s jedne strane, a osvjetljava s druge. Ako je šav porozan, tada će fluorescentna tekućina proći kroz pore, a pri osvjetljavanju s ultraljubičastom svjetlošću dolazi do fluorescencije.



**Slika 6.6 Oštećenja pri osvjetljavanju sa ultraljubičastom svjetlošću [73]**

### 6.2.3. Optičke metode

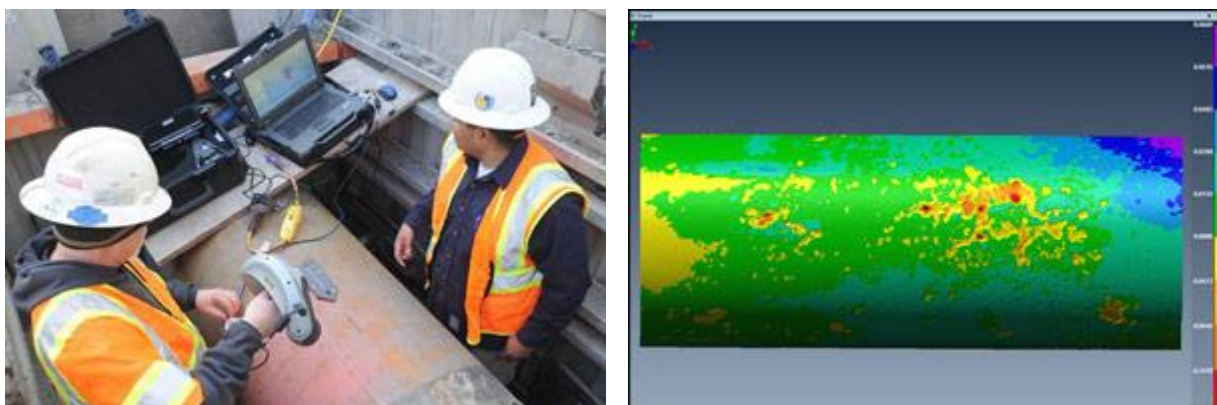
Prednost video senzora nad višesenzornim mjernim uređajima je sposobnost CCD kamere da precizno izmjeri područja sa blagim zaobljenjima, rubove i značajke koje su toliko male da ih ticalo ne može dosegnuti ili komade koji su previše krhki. Snimanjem komada prikupljajući točke područja u optičkom vidokrugu kamere takav uređaj može razviti 3D konturni prikaz površine. Mogućnost optičkog zumiranja omogućuje skeniranja koja variraju po pitanju rezolucije, čime se prilagođavaju promjenama površinske teksture i različitim veličinama i značajkama oblika.



Slika 6.7 Prijenosni 3D skener [74]

Lasersko skeniranje popunjava mali međuprostor između kontaktnih i optičkih metoda. Koristi se za vrlo složena područja. Kao primjer može se navesti mjerenje značajki dna neke rupe. Pod pojmom složena područja misli se i na ona mjesta gdje je koncentracija nekih oblika velika, ako postoji više cilindričnih područja. Laserski uređaji pomiču točku ili lasersku liniju duž površine mjernog komada, kontinuirano prikupljajući podatke o točkama.

Poput laserskih metoda, projekcijski skeneri se također mogu koristiti za 3D mjerenje površine istovremeno brzo i točno. Sustav fokusira izvor svjetla na ciljanu površinu mjernog komada, prikuplja podatke o raspršenju svjetla i analizira spektralni odziv kako bi odredio udaljenost do površine. Osim što je metoda brza i točna, omogućuje mjerenje visoko reflektirajućih površina, ali i onih koje su prozirne.



Slika 6.8 Skeniranje i prikaz rezultata skeniranja [74]

#### 6.2.4. Ultrazvučna kontrola

Ultrazvučna kontrola kvalitete (UK) zasniva se na svojstvu ultrazvuka da se širi kroz homogene materijale i da se odbija na granici materijala različitih akustičkih osobina (otpornosti), odnosno od nehomogenosti (grešaka) u materijalu. Ultrazvučni valovi šire se od izvora ultrazvuka kroz materijal koji se kontrolira. Ako u materijalu postoji greška, iza nje će, ovisno o vrsti greške, ultrazvučni valovi oslabiti ili se neće pojaviti (odbiju se od greške).

Ultrazvuk je dio zvučnog spektra čija je frekvencija iznad područja čujnog ljudskom organizmu, dok zvuk predstavlja vremenski promjenjivo mehaničko titranje čestica kroz medij. Ultrazvuk, kao i zvuk, je definiran s tlakom i brzinom gibanja čestice u prostoru. Ultrazvučni valovi su u većini slučajeva longitudinalni tlačni valovi. Najčešća frekvencijska područja uporabe ultrazvuka su između 20 kHz i 10 MHz., a kod testiranja materijala najčešće se koriste frekvencije između 50 kHz i 10 MHz . Ultrazvuk se kroz određeni medij širi na dva osnovna načina - kao longitudinalni val ili kao transverzalni val. Ultrazvuk se može proizvesti mehaničkim putem (npr. različitim "sviračima"), ali najčešći i efikasniji način je elektromehaničko stvaranje ultrazvuka odgovarajućim pretvaračima. Oni najčešće rade na magnetostriksijskom ili piezoelektričkom principu i napajani su iz odgovarajućih elektroničkih generatora.

Za ultrazvučno testiranje koriste se visoke frekvencije energije zvuka u svrhu provođenja testa i mjerenja. Ultrazvučna metoda ima široku primjenu. Koristi se za detekciju (procjenu) pukotina unutar materijala, ispitivanje zavarenog spoja, mjerenje dimenzija, karakterizaciju materijala itd.

U svrhu ultrazvučne kontrole (ispitivanja) koriste se dvije metode:

- metoda impulsa i odjeka - temelji se na mjerenju reflektiranih valova i vremena između slanja i primanja signala;
- metoda transmisije (prozvučavanja) - temelji se na mjerenju slabljenja signala (UZ valova).



Slika 6.9 Uređaj za ultrazvučnu kontrolu zavara s magnetnim kotačićima [75]

#### **6.2.5. Metoda rasipanjem magnetskog toka**

Magnetske metode su jedne od metoda koje se vrlo često koriste u svrhu nerazornih ispitivanja materijala u potrazi za defektima u materijalu, a njihova primjena traje od početka prošlog stoljeća. Razlog tome je prvenstveno cijena i jednostavnost ispitivanja. Magnetska metoda nazvana rasipanje magnetskog toka (engl. *Magnetic Flux Leakage, MFL*) može se koristiti, osim za otkrivanje površinskih i podpovršinskih grešaka i za ispitivanje zavara kod feromagnetičnih materijala. Ispitivanje MFL metodom svodi se na uspostavljanje jakog magnetskog toka unutar ispitnog materijala od strane jakog magneta. Kada nema nikakvih diskontinuiteta unutar materijala, silnice magnetskog toka su uniformne. Do rasipanja silnica dolazi kada silnice dođu do udubine, pukotine ili dijela materijala kojeg je nagrizla korozija.



Slika 6.10 Ispitivanje MFL metodom [76]

### 6.3. In -line metode utvrđivanja mjesta oštećenja plinovoda

Kod „in – line“ inspekcije cjevovoda koriste se uređaji uz pomoć kojih se dobivaju informacije o stanju plinovoda ili nekih njegovih komponenti. Većina uređaja koji se danas koriste određuju mjesto, intenzitet ili tip oštećenja nekog djela plinovoda u skladu s dizajnom i namjenom samog uređaja. Svrha tih uređaja je da prikupe podatke koji će se kasnije obrađivati.

"In-line" inspekcija počela se primjenjivati 1965. godine kada je kompanija "Tuboscope" predstavila svoj "Linalog" uređaj za utvrđivanje mjesta trošenja metala stijenke plinovoda nakon čega je uslijedio uređaj za određivanje geometrije cijevi plinovoda koji je konstruirao T.D. Williamson pod nazivom "Kalliper pig". Danas postoje brojne konstrukcijske i namjenske verzije ovog alata te je postao neizostavni dio opreme svake kompanije koja se bavi održavanjem cjevovoda. Namjena "in-line" aparata je omogućavanje maksimalne količine informacija o stanju plinovoda. Suprotno njegovoj širokoj namjeni i upotrebi, u slučaju cjevovoda za transport ugljikovodika, najvažnija je detekcija gubitka materijala cijevi plinovoda uzrokovana korozijom te detekcija promjene geometrije plinovoda u slučaju mehaničkih oštećenja. Ostale namjene uređaja za snimanje unutrašnjosti plinovoda su: otkrivanje puknuća na cjevovodu, detekcija propuštanja cjevovoda, prikupljanje uzoraka transportiranog fluida, snimanje unutrašnjosti cjevovoda kamerom, mjerenje količine krutih čestica istaloženih na stijenkama cjevovoda itd. U razvoj tih uređaja uloženo je desetak godina istraživačkog rada i na desetke milijuna dolara. Danas se neprekidno radi na njihovom usavršavanju zahvaljujući konstantnoj pojavi novih tehnologija.



Slika 6.11 "In-line" uređaj za mjerenje geometrije [46]

Za detekciju gubitka materijala plinovoda koriste se tri tehnologije:

- praćenje promjene magnetskog toka;
- ultrazvučna mjerenja;
- mjerenja uz pomoć vrtložnih struja.

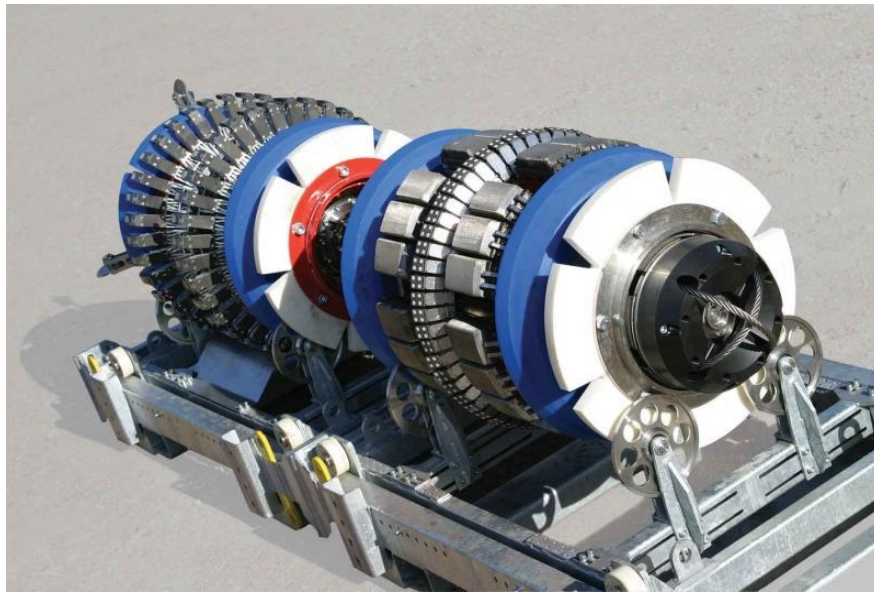
### ***6.3.1. Praćenje promjena magnetskog toka***

Uređaj za praćenje promjena magnetskog toka konstrukcijski je vrlo jednostavan. Okomito na stijenku cjevovoda postavljena su dva magneta sa suprotnim polovima, koji za cijelo vrijeme rada uređaja u stijenci plinovoda izazivaju magnetski tok. Između ta dva magneta nalazi se senzor koji mjeri jakost magnetskog toka. U slučaju da magnetski tok prolazi kroz dio cijevi koji je oštećen, senzor će reagirati na promjenu magnetskog toka te će podatak o tome poslati na središnje računalo. Iako je ova metoda u mnogo slučajeva djelotvorna, za njezinu su provedbu potrebna dva jaka magneta što može biti ograničavajući faktor. Za većinu uređaja maksimalna debljina stijenke sa kojom mogu raditi je oko 0,025 m (1"), no zbog prethodno spomenutog konstantnog usavršavanja tih uređaja danas postoje MFL uređaji koji rade i sa stijenkama debljine od 0,036 m. Uređaj se obično kreće plinovodom brzinom od oko 4 m/s.

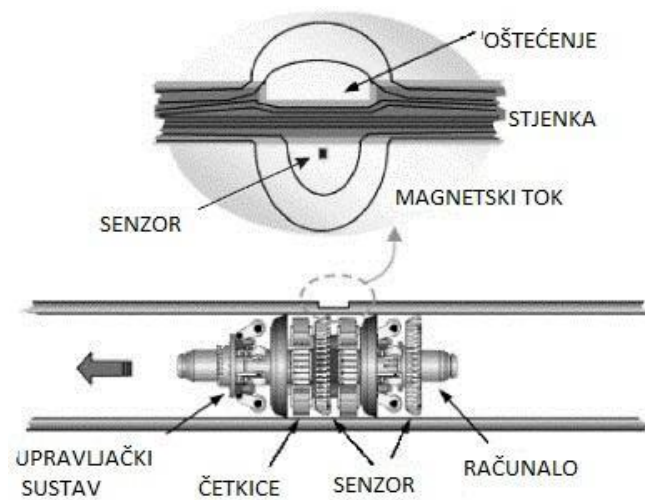
Za dobru interpretaciju podataka potrebni su točno određeni parametri o lokaciji, veličini i vrsti oštećenja koji većinom zahtijevaju računalnu obradu prikupljenih podataka. Različiti signali poslani od strane senzora na središnje računalo imaju svaki svoj karakterističan uzorak te se uspoređuju s drugim uzorcima u bazi podataka kako bi računalo raspoznalo radi li se o gubitku materijala ili ne. Tako je ponekad za pripremu konačnog izvještaja potrebno i nekoliko tjedana obrade podataka.



Na narednoj slici prikazan je uređaj za snimanje unutrašnjosti plinovoda koji radi na principu promjene magnetskog toka.



Slika 6.12 Uređaj koji mjeri promjene na stijenci plinovoda uz pomoć promjene magnetskog toka [46]



Slika 6.13 Shema rada uređaja koji mjeri promjene na stijenci plinovoda uz pomoć promjene magnetskog toka [77]

### 6.3.2. Ultrazvučna mjerenja

Princip ultrazvučnih mjerenja temelji se na odašiljanju ultrazvučnog vala poznate brzine kroz stijenu plinovoda. Pritom je poznata udaljenost od odašiljača ultrazvučnog vala do unutarnjeg odnosno vanjskog ruba cijevi. Pri nailasku na unutrašnju stijenu cijevi, dio valova se reflektira, a dio prodire do vanjske stijene cijevi te se dolaskom do nje i drugi dio valova reflektira natrag

prema odašiljaču gdje je smješten i prijemnik valova. Debljina stijenke može se lako odrediti interpretacijom vremena koje je potrebno da se valovi reflektiraju natrag do prijemnika. Za razliku od MFL uređaja kojima je ograničavajući faktor debljina stijenke, ultrazvučno mjerenje nailazi na probleme sa cjevovodima s malom debljinom stijenke. Iskustveno dobivena minimalna debljina stijenke pri kojoj ovi aparati mogu raditi iznosi 0,005 m (0,2"). Ovi se uređaju obično kreću plinovodom brzinom od oko 1 m/s. Bilo kakvo povećanje brzine bi smanjilo površinu koju pokriva "snimanje" zbog samog mehanizma snimanja koji je takav da se ultrazvučni valovi odašilju nasumično u svim smjerovima prema stijenci plinovoda. Unatoč činjenici da su iznimno iskoristivi pri mjerenju, velik im je nedostatak to što se pri mjerenjima u plinovodima pojavljuju greške. Njihov je rad, naime, ograničen zbog toga što zvuk može putovati isključivo homogenim medijem što plin često nije. Druga vrsta problema koji se javlja je prolazak mjerača kroz zakrivljene dijelove plinovoda i koljena, a bazira se na činjenici da prijemnik valova u ovim slučajevima može doći u položaj u kojem je nemoguće primiti odaslane valove te se tako gubi dio podataka.



Slika 6.14 Ultrazvučni uređaj za mjerenje promjena stijenke plinovoda [48]

### ***6.3.3. Mjerenje uz pomoć vrtložnih struja***

Ispitivanje materijala pomoću vrtložnih struja spada u metodu bez razaranja, koja koristi osnovne principe elektromagnetizma za otkrivanje grešaka u materijalu. Bitno je napomenuti da se ispitivanje vrtložnim strujama može vršiti samo na materijalima koji su elektro provodljivi, ali za razliku od drugih magnetnih metoda, vrtložne struje mogu se koristiti i na magnetiziranim kao i na nemagnetiziranim materijalima.

Uzrok vrtložnih struja u materijalu je elektromagnetska indukcija. Kada izmjenična struja protječe kroz zavojnicu, oko zavojnice se stvara promjenljivo magnetsko polje. Pod utjecajem promjenljivog magnetskog polja u električnim vodljivom materijalu induciraju se vrtložne struje.

Najveća prednost kod ove vrste "in-line" uređaja jest mala težina i manje dimenzije u odnosu na druge uređaje iste namjene. Korisni su kod mjerenja u plinovodima s manjom površinom poprečnog presjeka, kao npr. u podmorskim plinovodima, u rafinerijama ili kod nekih industrijskih cjevovoda. Koriste se vrtložne struje izazvane propuštanjem električne energije kroz stijenku plinovoda. Ukoliko postoji promjena u debljini stijenke cijevi plinovoda, doći će i do promjene u vrtložnim strujama, što se preko senzora očitava i šalje u računalo na daljnju obradu. Ova se tehnologija najčešće koristi kod otkrivanja unutarnje korozije.

## 6.4. Tehnologije detekcije promjene geometrije plinovoda

### 6.4.1. Elektro – mehanički uređaji

Ova vrsta uređaja radi na principu elemenata koji su u stalnom kontaktu sa stijenkom plinovoda i uz pomoć opruga su tlačno opterećena radi ostvarivanja kontakta sa stijenkom plinovoda. Kada ti elementi dođu na dio na kojem je iz nekog razloga promijenjena geometrija plinovoda, oni prate novonastalu geometriju. Svaka promjena položaja tih elemenata bilježi se na način da se u računalo šalje signal o mjestu, vrsti i veličini deformacije na cijevi plinovoda. Pri konstrukciji ovakvih uređaja koriste se i mjerači prijeđenog puta, kako bi se točno znalo na kojoj dionici plinovoda se nalazi oštećenje.

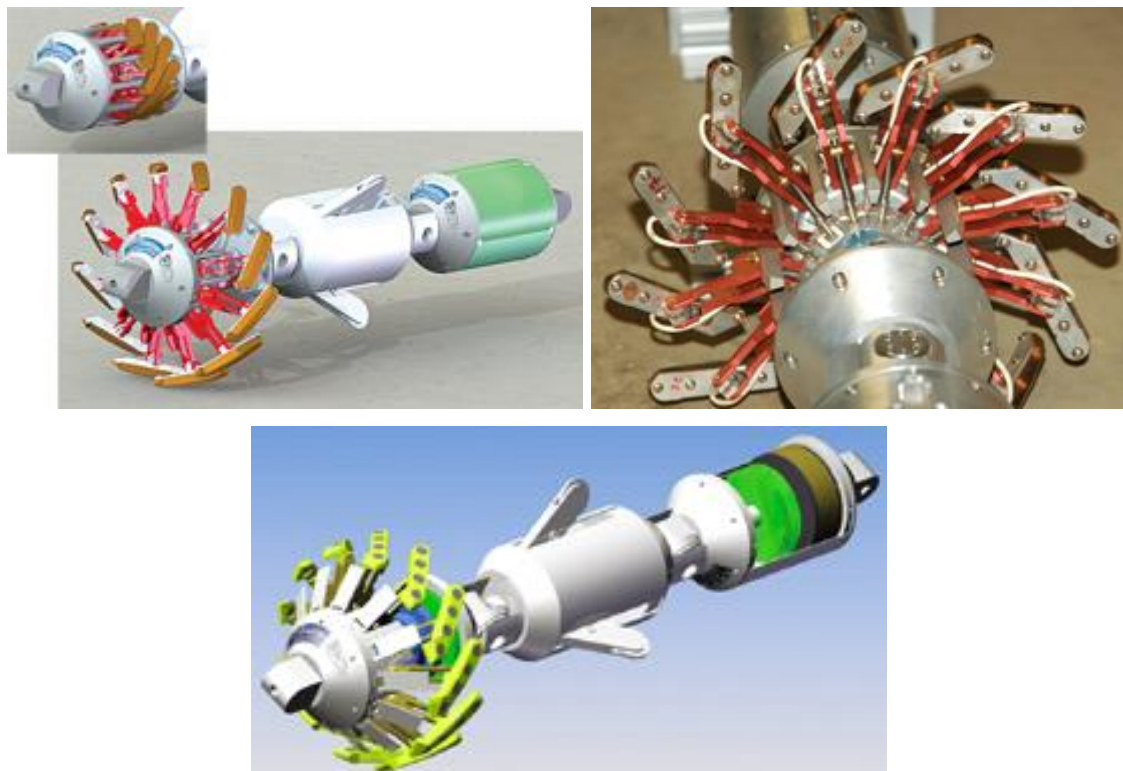


Slika 6.15 Elektro – mehanički uređaj za detekciju promjene geometrije [78]

### 6.4.2. Uređaji s vrtložnim strujama

Pri propuštanju izmjenične struje kroz stijenku plinovoda prati se svaka promjena toka vrtložnih struja, ovisno o promjenama nekih geometrijskih karakteristika plinovoda. Obzirom da ovaj uređaj

registrira svaku i najmanju, promjenu u geometriji, iznimno je pogodan za operacije snimanja stijenke plinovoda.



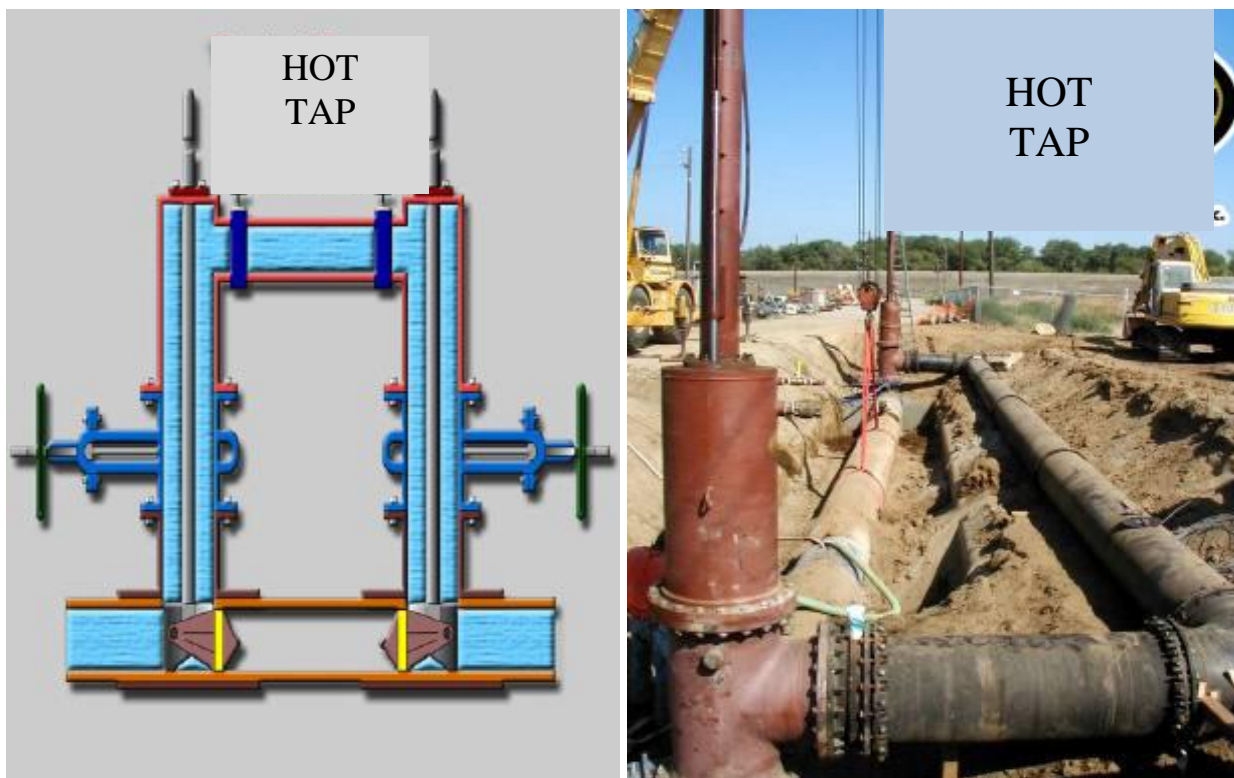
**Slika 6.16** Uredaji za detekciju promjene geometrije pomoću vrtložnih struja [57]

## **7. OSIGURAVANJA KVALITETE TOKOM ODRŽAVANJA PLINOVODA**

Izgrađeni plinovod prije puštanja u upotrebu ima dokumentaciju koja određuje dinamiku nadzora i inspekcijskih poslova na čitavoj ruti plinovoda te na ostaloj povezanoj opremi i objektima. Prilikom svakog nadzora evidentiraju se uočena oštećenja i odstupanja. Prikupljeni podaci se analiziraju te se radi projekcija za naredno razdoblje. Ukoliko nadzor ili projekcija pokažu odstupanja izvan zadanog standarda osiguravanja kvalitete, započinje se s planiranjem radova. Prilikom planiranja radova potrebno je voditi računa i o graničnim slučajevima. Iskustvo je pokazalo da za takve slučajeve također treba izvršiti korektivne radnje u svrhu prevencije daljnjih oštećenja. Takav pristup naročito je važan kod oštećenja uzrokovanih korozijom. Također, treba voditi računa o ekonomskom aspektu radova. Ukoliko su pripremni radovi izvršeni, plinovod otkopan, a izolacija skinuta, puno je jeftinije izvršiti korekcije manjih oštećenja i odstupanja nego zbog istih nakon dvije godine ponovo vršiti iskapanja i ostale pripremne radove. U sljedećim poglavljima prikazane su metode osiguravanja kvalitete za izgrađeni plinovod s naglaskom na zavarivanje, obzirom da isto predstavlja izrazito važan element osiguravanja kvalitete.

### **7.1. Osiguravanje kvalitete zaobilaženjem oštećenog dijela cijevi**

Zaobilaženje oštećenog dijela cijevi izvodi se metodom HOT-TAP. Ova vrsta održavanja koristi se kada se oštećeni dio cijevi zaobilazi novom, kratkom dionicom cjevovoda paralelnom sa starim, oštećenim dijelom. Cijela se operacija izvodi bez prekida transporta plina tako da se prvo zavari novi dio plinovoda te se, tek kada je novi dio gotov, tok plina preusmjeri kroz njega kako bi se postigla neprekidnost opskrbe. Ipak, postoje situacije kada je operaciju popravka nemoguće izvesti bez prekidanja opskrbe. Varioci koji izvode ove popravke moraju bitiiskusni i kvalificirani, a odabrana vrsta čelika pogodna za navarivanje na postojeći plinovod.



Slika 7.1 Shema i izvedba HOT-TAP zaobilaznja oštećenja [52]

U posljednje se vrijeme koristi tehnika popravaka pod nazivom "Grouted tee" koju je razvila kompanija Advantica kao alternativu konvencionalnom zavarivanju, obzirom na to da se radi o obujmici koja se montira uz pomoć vijaka čime se u potpunosti isključuje zavarivanje.



Slika 7.2 "Grouted tee" [52]

## 7.2. Osiguravanje kvalitete pomoću brušenja

Brušenje je jedna od najraširenijih metoda popravaka oštećenih dijelova plinovoda. Za vrijeme obavljanja ove operacije tlak u plinovodu treba se smanjiti na 80 % vrijednosti nazivnog tlaka

plinovoda (Nayyar 2007.). Ova se metoda koristi samo kao priprema za neku drugu metodu, a njome se odstranjuju samo površinska oštećenja. ASME ne preporuča brušenje više od 40 % nominalne debljine stijenke plinovoda.



**Slika 7.3 Popravci brušenjem [45]**

### **7.3. Osiguravanje kvalitete primjenom zavarivanja**

Izgradnja modernih cjevovodnih sustava za transport plina zahtjeva primjenu sofisticiranih tehnologija. Jedna od najosjetljivijih tehnologija je zavarivanje jer diktira uvjete u izgradnji, od same brzine napredovanja cjevovoda pa do sigurnosti u eksploataciji. S druge strane, od plinovoda se zahtijevaju sve veći transportni kapaciteti uz zadržavanje strukturne postojanosti i minimalizacije rizika, posebno kada se radi o vremenskom aspektu korištenja ovakvih sustava. Vremenom se ovisno o transportiranom mediju i sustavu antikorozijske zaštite mogu očekivati problemi poput smanjenja debljine stijenke, stvaranja oštećenja nastalih zbog strujanja plina i sl. Uz to, moguća su i dinamička opterećenja koja se često zanemaruju, a iskustva su pokazala da su vrlo česti, npr. dinamički udari pri ekstremnim situacijama, puštanju u pogon i sl. Da bi se zadovoljili svi uporabni i tehnološki zahtjevi, sve više se primjenjuju moderni čelični materijali koji imaju izvrsna eksploatacijska svojstva, ali zahtijevaju i izuzetnu tehnološku disciplinu što posebno dolazi do izražaja pri zavarivanju jer se premalim ili prevelikim unosom topline ili odabirom neodgovarajućeg dodatnog materijala te lošom tehnologijom zavarivanja, degradiraju mehanička svojstva zavarenog spoja. Svaki plinovod ili cjevovod je čvrst koliko i njegov najslabiji zavareni spoj.



Slika 7.4 Zavarivanje cjevovoda [45]

Gledajući s ergonomске i humane strane, rokovi i trase diktiraju tempo izgradnje koji ponekad zna biti pretežak za zavarivača. Teški vremenski uvjeti, rad u prisilnim položajima, toplina od predgrijavanja cijevi, brušenje međuprolaza i čišćenje od troske koji su nužni za osiguravanje kvalitete zavarenog spoja stvaraju vrlo teške radne uvjete u kojima greške nastaju zbog umora zavarivača. To svakako dodatno otežava činjenica da se traže sve kvalitetniji spojevi pri čemu se granica prihvatljivosti podiže sve više. U takvim uvjetima teško je zadržati potpunu koncentraciju i osigurati kvalitetu i zato se nastoji konvencionalne ručne tehnike zamijeniti sustavima za automatsko zavarivanje, pri čemu je radno opterećenje operatera znatno manje.

To potvrđuje i primjena automatskog zavarivanja na magistralnom plinovodu od Pule do Karlovca duljine 191 km gdje su, usprkos zahtjevnoj trasi i teškim radnim uvjetima, postignuti izvrsni rezultati i to u iznimno kratkom roku od 7 mjeseci. Postignuta kvaliteta zavarenih spojeva znatno pridonosi očuvanju strukturalnog integriteta plinovoda u ekološki osjetljivom području i naseljenim područjima i to na objektu koji povezuje nalazišta plina u Jadranskom moru s plinsko distributivnim sustavom Republike Hrvatske.

U metalnoj industriji šavne cijevi od konstrukcijskog čelika imaju raznoliku primjenu, prije svega kao poluproizvod koji ide u daljnju strojnu obradu, odnosno montažu zavarivanjem. Zavarivanje se primjenjuje u raznim granama industrije, a u ovom završnom radu najznačajnija je primjena u spajanju komponenti cjevovoda magistralnih plinovoda. Određeni tehnološki procesi polaganja plinovoda zahtijevaju određivanje položaja zavara. Potreba za detekcijom zavara proizlazi iz činjenice da su u području zavara šavne cijevi najosjetljivije zbog utjecaja topline prilikom zavarivanja, pri čemu dolazi do promjene mehaničkih i tehnoloških svojstava u području zone zavarenog



spoja. Takve promjene mogu dovesti do povećanog produciranja škarta prilikom određenih tehnoloških procesa.

Tri su osnovne grupe u koje možemo svrstati pogreške u zavarenim spojevima:

- nesavršenosti oblika (linearno i kutno nepodudaranje, ugorine);
- prostorne pogreške (poroznost, uključine troske, uključine metala);
- ravninske pogreške (pukotine, nepotpuno vezivanje, nepotpuno prodiranje).

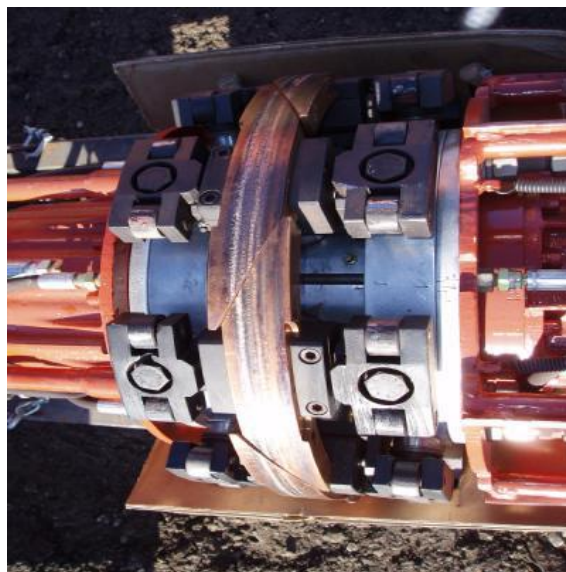
Poznavanje položaja zavara vrlo je značajno u operacijama poput savijanja cijevi, pri kojim postoji mogućnost da zavar bude izložen naprezanju većem od dopuštenog. To može dovesti do oštećenja cijevi u području zavara.



**Slika 7.5 Glava za zavarivanje [35]**

Paralelno s povećanjem intenziteta izgradnje cjevovoda bilježi se i značajan razvoj sustava za automatsko elektrolučno zavarivanje cjevovoda, iako se u novije vrijeme javljaju i hibridni sustavi laser-MAG. Orbitalno TIG automatsko zavarivanje cijevi malih promjera već je dobro poznato u praksi i koristi se prvenstveno u procesnoj industriji i kotlogradnji. Međutim, za zavarivanje cijevi velikih promjera koristi se postupak MAG zavarivanja. Da bi se postigao tehnološki ispravan i ekonomski isplativ sustav za automatsko zavarivanje cjevovoda, nužno je integrirati kvalitetan izvor struje, glave za zavarivanje (koje se često sastoje od više pištolja), sustav za dovod žice, vodilice (koje omogućuju kretanje glava po obodu cijevi) i upravljački sustav. Operater je zadužen za pozicioniranje sustava, puštanje u pogon i kontrolu pri radu. Izuzetno je važno uz osnovne parametre zavarivanja prilagoditi i sastav plinske mješavine koja znatno utječe na geometriju i kvalitetu zavarenog spoja.

U novije vrijeme vidljivo je da se koriste sofisticirani mikroprocesorski upravljani izvori struje koji pomoću ugrađenog algoritma reguliraju prijenos metala u električnom luku te osiguravaju stabilnost procesa. Sofisticirani sustavi za vođenje glave za zavarivanje omogućuju i njihanje što je posebno značajno kod zavarivanja popune i završnih prolaza. Uobičajeno se pri zavarivanju korijenskog prolaza primjenjuju podloške. Međutim, kod novih inačica moguće je zavarivanje korijenskog prolaza bez podloške što smanjuje rizik od uključaka bakra koji se mogu javiti u korijenskom prolazu kada se za materijal podlošci koristi bakar.



**Slika 7.6 Centralizer s bakrenom podloškom [46]**

Također je vidljivo da se za automatske sustave razvijaju i namjenski dodatni materijali, odnosno žice i praškom punjene žice te posebni omjeri plinskih mješavina kako bi se u što boljoj mjeri iskoristili potencijali automatskog zavarivanja.

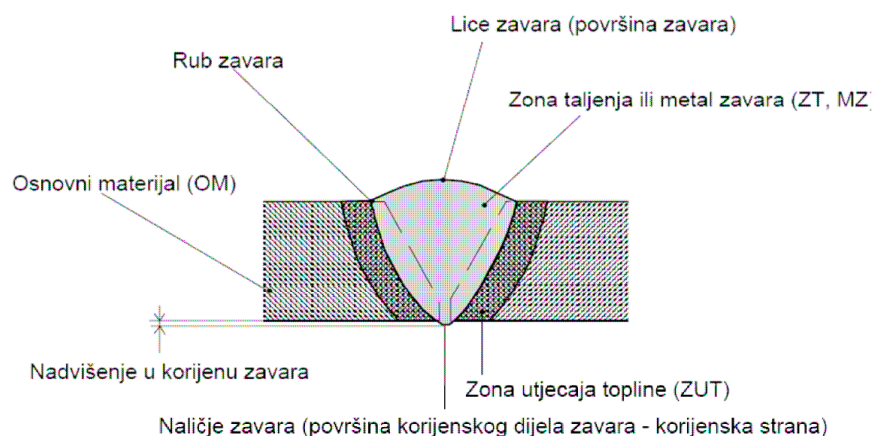
Uzimajući u obzir ekonomsko tehnološke parametre, automatsko zavarivanje ima niz prednosti pred konvencionalnim ručnim tehnologijama, ali postoje i ograničenja koja treba uzeti u obzir pri projektiranju tehnologije zavarivanja.

### 7.3.1. Zone zavarenog spoja

U ovom odlomku dani su osnovni pojmovi i činjenice u vezi zavara kao objekta promatranja.

- Zavar (šav) je mjesto spajanja. Predstavlja očvrnuti rastopljeni metal koji je stvoren prilikom zavarivanja (u jednom ili više prolaza), a u ovisnosti o postupku zavarivanja. Sastoji se od osnovnog i dodatnog materijala ili samo od osnovnog materijala.
- Zavareni spoj (Z) se sastoji od zone taljenja ZT i zone utjecaja topline ZUT (ZUT se naziva i "prijelazna zona").
- Zona taljenja (ZT) je onaj dio zavarenog spoja koji je za vrijeme zavarivanja bio rastaljen i u kojem je došlo do pojave rekristalizacije i do skrućivanja. Može se sastojati od samo osnovnog materijala ili mješavine osnovnog i dodatnog materijala.
- Zona utjecaja topline je dio osnovnog materijala koji se nalazi neposredno uz rastaljenu zonu, a gdje dolazi do promjene kristalne strukture i mehaničkih svojstava zbog topline unesene zavarivanjem. ZUT teorijski obuhvaća područje osnovnog materijala, u kojem se osnovni materijal nije talio za zavarivanja, ali u kojem je došlo do promjene mikrostrukture, mehaničkih, korozijskih ili drugih svojstava zbog unošenja topline zavarivanjem. Širina ZUT ovisi o toplinskom unosu i iznosi najčešće 2 - 8 mm.
- Osnovni materijal (OM) je materijal koji se zavaruje.
- Dodatni materijal (DM) je materijal koji se dodaje u zoni taljenja pri zavarivanju.

Zavarivanje znatno utječe na promjene kemijskog sastava (ZT) i strukture (ZT i ZUT), a time obično dolazi do pogoršanja mehaničkih i antikorozijskih svojstava zavara. Konstrukcijski čelici su u području ZUT-a skloni prokaljivanju i pogrubljenju strukture.



Slika 7.7 Elementi zavara [55]

Prethodna slika prikazuje osnovne dijelove zavarenog spoja. Iz slike se mogu izdvojiti neke karakteristike zavara, kao što su nadvišenja u korijenu i na licu zavara te označena zona utjecaja topline i zona taljenja.

### ***7.3.2. Primjer iz prakse kod osiguravanja kvalitete primjenom zavarivanja***

Konvencionalne metode zavarivanja još uvijek predstavljaju značajnu tehnologiju spajanja cjevovoda. Međutim, poluautomatski i automatski postupci dolaze sve više do izražaja, posebno u slučajevima velike duljine cjevovoda, velike debljine stijenke ili ako se radi o specijalnim zahtjevima na unos topline, geometriju zavara i sl. Automatski postupci zavarivanja podižu produktivnost i efikasnost izgradnje cjevovoda, ali i zahtijevaju izuzetnu tehničku logistiku i kvalitetnu pripremu. Velika financijska ulaganja nužna su za nabavu i instalaciju opreme za automatsko zavarivanje. S druge strane, ručno i poluautomatsko zavarivanje se lako mogu prilagoditi raznim tehnološkim zahtjevima i ne zahtijevaju velika financijska ulaganja. Međutim, utjecaj ljudskog čimbenika i potrebe za specifičnom radnom snagom ponekad mogu predstavljati značajne probleme u realizaciji projekta, tako da sve intenzivnija automatizacija zavarivanja cjevovoda predstavlja realnu alternativu.

#### *7.3.2.1. Dokumente koje treba imati izvođač radova prije početka zavarivanja trase plinovoda*

Dokumentacija izvođača radova prije početka zavarivanja trase plinovoda mora sadržavati:

- Certifikat o sposobnosti za izvođenje zavarivačkih radova prema HRN EN 729 – 3;
- Rješenje o imenovanju osobe za nadzor kvalitete zavarivačkih radova na građevini, EWE inženjer koji ima svoje pomoćnike na trasi plinovoda i u radionici;
- Rješenje o imenovanju odgovorne osobe za osiguranje kvalitete zavarivačkih radova na građevini, specijalist NDT;
- WPS – specifikacija postupka zavarivanja;
- WPS – specifikacija postupka zavarivanja za popravak zavarenog spoja (popravak završnog sloja, popravak popune i popravak korijena);
- Mišljenje projektanta voditelja na specifikacije postupaka zavarivanja;
- Potvrdu o ispitivanju zavarenog uzorka prema normi API 1104, izdano od ovlaštenog Zavoda za zavarivanje, ispitivanje i tehnologiju (Potvrda za postupke - kvalifikacija postupka zavarivanja PQR);

- Potvrdu o ispitivanju zavarenog uzorka prema normi API 1104, izdano od ovlaštenog Zavoda za zavarivanje, ispitivanje i tehnologiju (potvrda za zavarivače);
- Certifikate osnovnog materijala;
- Certifikate dodatnog materijala;
- Uvjerenje o ispitivanju zavarivačke opreme;
- Tehnologiju radiografske kontrole zavarenih spojeva koja sadrži:
  - Vrstu opreme, vrstu izvora, razmak izvora zračenja-film, zacrtnjenje radiograma, vrstu filma, tehniku snimanja, obilježavanje zavarenih spojeva na magistralnim cjevovodima, smjer radiografiranja, označavanje radiograma, kemijsku obradu, indikator kvalitete radiograma, interpretaciju radiograma, izvještaj o radiografskoj kontroli, snimanje popravaka i zaštitu od radioaktivnog zračenja.
- Kvalifikaciju-certifikaciju operatera za ispitivanje bez razaranja;
- Tehnologiju penetrantske kontrole;
- Građevni dnevnik;
- Dnevnik zavarivanja;
- Knjigu nizanja cijevi;
- Tehnologiju zaštite od korozije zavarenih spojeva.

### ***7.3.3. Vizualna kontrola poštivanja certificiranog odabranog postupka zavarivanja na primjeru magistralnog plinovoda Zagreb – Karlovac***

Vizualna kontrola sastoji se od:

- Pregleda cijevi radi eventualnih grešaka (udubljenja, brazde, spljoštenost, iskrivljenje i sl.). Greške se moraju popraviti u skladu sa normom ANSI B 31.8 i API 1104.
- Kontrole debljine stijenke. Smanjenje debljine stijenke preko 12,5 % nije dozvoljeno (kod ovog plinovoda uzet je zbog tanke stijenke cijevi strožiji kriterij i to 0,8 %).
- Kontrole pripreme krajeva cijevi za zavarivanje. Oblik spoja je V - 60° (+10 - 0), a priprema krajeva cijevi je izvršena u tvornici isporučioaca cijevi. Kod plinskog rezanja ukloniti brušenjem oksidni sloj barem 1 mm. Kontrolu izvršiti neposredno prije zavarivanja.
- Kontrole čišćenja krajeva cijevi od svih nečistoća pomoću mehaničkog čišćenja (rotaciona žičana četka, brušenje). Krajevi cijevi neposredno prije zavarivanja moraju biti suhi i čisti najmanje 25 mm od kraja cijevi.

- Kontrole predgrijavanja krajeva cijevi unutrašnjim zvjezdastim butan-propan plamenikom koji se pomiče da se ne postigne lokalno pregrijavanje stijenke cijevi. Temperatura predgrijavanja je 200 °C tako da se kod namještanja unutrašnjeg centralizera stijenka cijevi ohladi na 150 °C prije zavarivanja korijena zavora.
- Kontrole temperature koja se vrši digitalnim termometrom i templistik štapićima. Temperatura pregrijavanja mora se mjeriti na zakošenjima i najmanje 50 mm od zakošenja s obje strane.
- Kontrole zatvaranja kraja cijevi na prikladan način (plastičnim poklopcima ili slično) da bi se spriječio propuh prilikom zavarivanja.
- Kontrole čišćenja krajeva cijevi neposredno prije zavarivanja brusilicom izvana i iznutra do metalnog sjaja u duljini od 10 mm.
- Kontrole međusobnog razmaka šava cijevi koje se zavaruju. Uzdužno i spiralno zavarene cijevi treba pripremiti za zavarivanje tako da šavovi cijevi koje se spajaju budu pomaknuti međusobno za najmanje 100 mm. Uzdužni šavovi trebaju biti u gornjoj polovici cijevi (povoljnije kod puknuća šava).
- Postavljanja unutrašnjeg centralizera (trasa), kontrola međusobnog položaja dviju cijevi da nema pomaka smaknuća krajeva cijevi, a dimenzije eventualnih odstupanja jednoliko rasporediti po opsegu (max. dozvoljeno smaknuće je 1,6 mm).
- U slučaju prelaska na zavarivanje dionice s debljom stijenkom cijevi, ako je razlika debljine stijenke cijevi veća od 1,6 mm (vanjski promjer cijevi je konstantan) potrebno je na debljoj stijenci napraviti brusilicom skošenje u omjeru 1 : 4.
- Kontrole razmaka u korijenu žljeba, razmak prema WPS-u treba biti 2,5 mm – 3,5 mm.
- Kontrole temperature pregrijavanja prije početka zavarivanja korijena zavora. Temperatura treba biti > 150 °C, a u slučaju niže temperature cijev se zagrijava s dva lončasta butan-propan plamenika, jednim sa svake strane.
- Kontrole zavarivanja s dodatnim materijalom definiranim u WPS-u i kontrole broja prolaza (korijen DC(-); popune i završni dio zavora DC(+)).
- Kontrole skladištenja i rukovanja s dodatnim materijalom. Dodatni materijal mora biti uskladišten u neoštećenoj tvorničkoj ambalaži.
- Kontrole smjera zavarivanja, korijen – uzlazno, popuna i završni dio zavora – silazno.
- Kontrole broja zavarivača, min. 2 za svaki prolaz.

- Kontrole skidanja centralizera. Unutrašnji centralizer – zavarivanje na trasi. Odstranjivanje centralizera nakon potpunog zavarenog korijenskog sloja. Vanjski centralizer – prijelazi, vodoci, spajanje dionica. Odstranjivanje centralizera nakon što je zavareno najmanje 50 % korijenskog sloja.
- Nakon zavarivanja korijena isti lagano prebrusiti i vizualno kontrolirati. Kontrola čišćenja, korijen - brušenje, ostalo - četkanje, po potrebi brušenje.
- Kontrole da se paljenje električkog luka ne vrši na cijevi izvan skošenja pripreme za zavarivanje.
- Kontrole pregrijavanja prije svakog prolaza > od 150 °C. Zona pregrijavanja ne smije biti manja od 50 mm na obje strane od vanjskog ruba cijevi.
- Temperatura pregrijavanja s dva lončasta butan-propan plamenika mora se stalno održavati za vrijeme zavarivanja po cijelom opsegu spoja.
- Kontrole izrade zavara. Zavarivanje izvesti u jednoj toplinskoj fazi. Nije dopušteno prekidanje zavarivanja, ako nije završen kompletan spoj.
- Kontrole zaštite od kiše, vjetra, niskih temperatura. Za temperature okoline < + 5 °C koristiti šatore, a ispod temperature okoline < - 5 °C zabranjeno je zavarivanje.
- Kontrole da se nakon završetka spoja zavar ostavi da se postepeno hladi pod izolirajućim pokrivačem.
- Kontrole vrijednosti struje zavarivanja. Napon 28 - 32 V, a vrijednost struje zavarivanja prema WPS-u odnosno promjeru elektrode. Kontrola za vrijeme zavarivanja digitalnim univerzalnim instrumentom - strujnim kliještima tip - METRACLIP 5110 proizvođača GOSSEN METRAWATT CAMILLE BAUER.
- Kontrole brzine zavarivanja mm/min prema WPS-u.
- Vizualne kontrole zavarenog spoja. Nakon završetka zavarivanja potrebno je kontrolirati geometriju šava, izgled i površinske greške.
- Radiografske kontrole. Radiografsku kontrolu treba kontrolirati prema elaboratu “Tehnologija radiografske kontrole zavarenih spojeva“ koju je izradio izvoditelj, odobrio nadzorni inženjer i prema projektu.

### 7.3.4. Primjer kontrole kvalitete dimenzija stijenke cijevi za magistralni plinovod Zagreb-Karlovac

Tablica 7.1 Primjer kontrole kvalitete dimenzija stijenke cijevi za magistralni plinovod Zagreb-Karlovac [33]

Vanjski promjer cijevi	Debljina stijenke	Razred zaštitnog pojasa	Koeficijent sigurnosti	% Rx kontrole
711 mm; 28"	7,9 mm	I	1,4	10
711 mm; 28"	9,5 mm	II	1.7	50
711 mm; 28"	11,1 mm	III	2	100
711 mm; 28"	14,3 mm	IV	2,5	100

Osiguravanja kvalitete dimenzija stijenke cijevi za magistralni plinovod Zagreb – Karlovac obuhvaća:

- Kontrolu izvođenja popravka zavarenog spoja.
- Kontrolu izvođenja popravka zavarenog spoja treba provoditi prema WPS-u popravka zavarenog spoja i odobrenom postupku zavarivanja popravka (PQR).
- Prvu kontrolu kalibar pločom. Iza centralizera kroz zavareni cjevovod povlači se kalibar ploča (kod pomorskih cjevovoda to je detektor nabora cjevovoda). Promjer kalibar ploče treba odabrati uzimajući u obzir unutarnji promjer cjevovoda i toleranciju kružnosti, debljinu stijenke cijevi, necentričnost spoja cijevi te visinu unutarnjeg šava zavara, a mora iznositi 95 % nazivnog unutarnjeg promjera.
- Kontrolu debljine stijenke na mjestu oštećenja izazvanog električkim lukom. Prilikom zavarivanja često je dolazilo do oštećenja stijenke cijevi električkim lukom te iskrenja između mase i stijenke cijev. Oštećenje je trebalo pažljivo izbrusiti, a debljina stijenke je na tom mjestu mjerena digitalnim ultrazvučnim instrumentom "VOLTCRAFT" tip T-MIKE II. Dozvoljeno smanjenje stijenke cijevi je 8 %. Da bi se izbjeglo i smanjilo oštećenje električkim lukom, mase su se stalno morale čistiti brusilicom što je usporavalo zavarivanje plinovoda, a tijekom izgradnje plinovoda četiri zavarena spoja morala su biti izrezana zbog velikog oštećenja stijenke cijevi.



#### *7.3.4.1. Popravak oštećenja stijenke cijevi uslijed stvaranja električnog luka između mase i stijenke cijevi*

A) kada se stijenka cijevi smanjila za manje od 8 %.

- Oštećenje ukloniti pažljivim brušenjem.
- Provjeriti da li je uklonjen sav oštećeni materijal nagrizanjem otopinom 5 % nitala.
- Kontrola popravljenog mjesta penetrantima ili magnetofluksom.

B) kada se stijenka cijevi smanjila za više od 8 % do 12,5 %.

- Oštećenje ukloniti brušenjem u radijalnom smjeru. Dužina žljeba ne smije biti manja od 50 mm.
- Ispitati magnetofluksom da li je oštećenje potpuno uklonjeno.
- Cijev predgrijati po cijelom obodu na 150 °C butan-propan plamenikom.
- Zavariti žlijeb elektrodom Fox Dmo Ks debljine 2,5 mm ili 3,2 mm.
- Zavar ostaviti da se hladi pod izolirajućim pokrivačem.
- Izbrusiti nadvišenje zavara u ravnini površine stijenke cijevi.

Navedeni postupci popravka oštećene stijenke cijevi certificirani su u ZIT-u (Zavodu za zavarivanje, ispitivanje i tehnologiju d.o.o. - Zagreb, Rakitnica 2). Da je materijal Magistralnog plinovoda Zagreb-Karlovac bio API 5L – X60, stijenka cijevi bila bi deblja te manje osjetljiva na oštećenja.

Čelik plinovoda Zagreb-Karlovac je API 5L X-70 (St.E.480.7 TM), visoko čvrsti termomehanički obrađeni čelik, čije zavarivanje traži visoku tehnološku disciplinu. Zavarivanje se izvodilo prema zahtjevima norme API 1104, prema kojoj su certificirani postupci zavarivanja i zavarivači.

Zavarivanje na trasi izvodilo je ukupno deset do dvanaest zavarivača uvježbanih i provjerenih za zavarivanje celuloznom elektrodom. Korijen se zavarivao silaznom, ali i uzlaznom tehnikom celuloznom elektrodom Fox Cel debljine 3,2 mm, a ostali slojevi su se zavarivali silaznom tehnikom elektrodom Fox Cel 90 debljine 4,0 mm i 5,0 mm.

Zavarivanje se izvodilo u paru, odnosno za svaki sloj zavarenog spoja po dvojica zavarivača. Kvaliteta radova zavarivača koji izvode korijen diktirala je tempo gradnje i napredovanje cjevovoda u

cijelosti. Normalan učinak zavarivanja bio je oko 25 do 28 zavarenih spojeva dnevno. Udio pogrešaka u zavarenom spoju bio je 2,14 % po snimljenom filmu, a za jedan zavareni spoj potrebno je ukupno 5 filmova 10 cm × 48 cm.

#### 7.3.4.2. Radna proba

Kontrola zavarenog spoja izrezanog iz trase magistralnog plinovoda Zagreb-Karlovac. Na kraju radnog dana na trasi plinovoda izrezan je zadnji zavareni spoj na kojem nije izvršena Rx kontrola dužine 40 cm i poslan na ispitivanje u laboratorij Zavoda za zavarivanje, ispitivanje i tehnologiju, d.o.o. Zagreb "ZIT".



Slika 7.8 Postavljeni zaštitni šatori na trasi radova [33]

Prije izrezivanja izvršen je popravak zavarenog spoja (zavar je izrezan brusilicom u dužini od 40 cm, položaj na cijevi 2 do 4 sata) i popravljen prema WPS-u popravka uz prisustvo predstavnika Zavoda "ZIT".

Na gornjem dijelu radne probe izvršeno je i ispitivanje popravka oštećenja stijenke cijevi električnim lukom kada se stijenka cijevi smanjila za više od 8 % do 12,5 %.

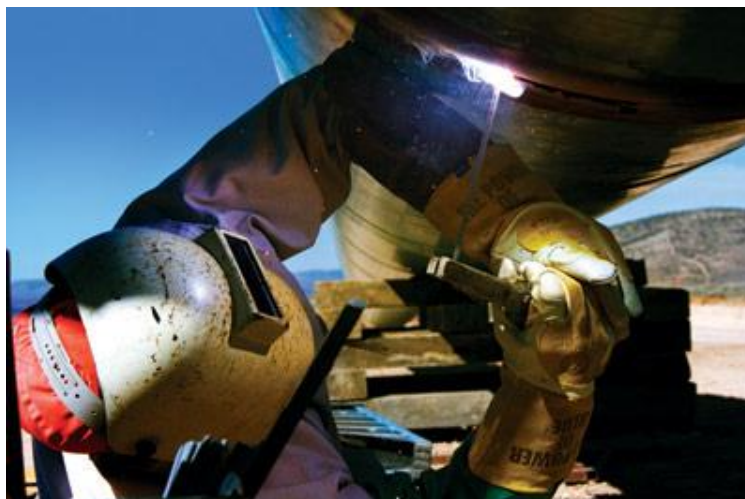
Ispitivanja provjere mehaničkih svojstava zavarenog spoja i popravka zavara provedena su prema pravilima i zahtjevima API 1104.

Uzorak je slučajno izabran i predstavlja stanje izvođenja na trasi, odnosno u stvarnim uvjetima. Sva provedena ispitivanja na dostavljenom uzorku zadovoljila su postavljene zahtjeve.

Primijenjena tehnologija zavarivanja celuloznom elektrodom donosi problem utjecaja vodika i “ribljih očiju“. Prilikom ispitivanja mehaničkih svojstava zavarenog spoja uočena je pojava “ribljih očiju“ u jednom presjeku polomljene epruvete, ali u manjoj mjeri te nije bilo utjecaja na mehanička svojstva.

### ***7.3.5. Zavarljivost materijala cjevovoda***

Pod zavarljivošću podrazumijeva se dobivanje homogenih zavarenih spojeva prihvatljivih mehaničkih i ostalih svojstava primjenom uobičajene ili specijalne tehnologije zavarivanja. Problemu zavarljivosti može se pristupiti s raznih stajališta: metalurškog, konstrukcijskog i izvedbenog. Metalurška zavarljivost čelika se često izražava ekvivalentom ugljika koji se dobije izračunavanjem po određenim formulama, pri čemu svi kemijski elementi koji čine kemijski sastav čelika u različitim udjelima utječu na njegov iznos. Ekvivalent ugljika dodatnog metala ne smije biti niži od ekvivalenta ugljika osnovnog metala.



**Slika 7.9 Održavanje zavarivanjem [46]**



Slika 7.10 Održavanje zavarivanjem [33]

## 7.4. Ugradnja obujmica

Obzirom na materijale i tip ugradnje razlikujemo sljedeće obujmice:

- Čelične
  - Tip A (međusobno zavareni cilindri)
  - Tip B (cilindri zavareni za cijevi)
- Kompozitne
  - "clock-spring" obujmica
  - "Weldwrap" obujmica
- Hibridne obujmice ESR (engl. *Epoxy Sleeve Repair*)

### 7.4.1. Ugradnja čeličnih obujmica

Razlikujemo dvije vrste čeličnih obujmica, tip A i tip B. Ugradnja čeličnih obujmica tipa A je sigurnija opcija od ostalih zbog činjenice da se oko cijevi plinovoda, gdje je nastalo oštećenje, spajaju dvije polovice cilindra te se vrši njihovo uzdužno zavarivanje. Na taj način postiže se prekrivanje oštećenog dijela cijevi novim materijalom te odjeljivanje oštećenog dijela cijevi od mjesta zavarivanja. Za kraća oštećenja koristi se obujmica čija je debljina stijenke i do dvije trećine manja od debljine stijenke cijevi plinovoda uz pretpostavku da su obujmica i plinovod izrađeni od iste vrste čelika. Izvođenje ove operacije uz neprekidnost transporta moguće je zbog toga što je obujmica izložena tlaku samo na malom dijelu površine.

Čelične obujmice tipa B sposobne su izdržati maksimalni dopušteni radni tlak plinovoda u svakom trenutku, a načinjene su od dva istovjetna polucilindrična elementa zavarena uzdužno. Postavljene su preko mjesta oštećenja plinovoda, dok su na krajnjim rubovima zavarene na cijev plinovoda. S obzirom na to da su takve obujmice dimenzionirane da izdrže maksimalni radni tlak plinovoda, on ulazi u proračun za izračunavanje debljine stijenke obujmice. Također je potrebno izvesti ultrazvučno snimanje debljine stijenke kako bi se izradila procjena na kojem će se mjestu izvršiti zavarivanje. Nakon završetka popravka, a prije puštanja plinovoda u pogon varovi trebaju biti ispitani.



Slika 7.11 Primjer ugradnje čelične obujmice [33]

#### **7.4.2. Ugradnja kompozitnih obujmica**

Tijekom posljednjih desetak godina razvijene su i usavršene kompozitne obujmice koje, naspram drugih proizvoda na tržištu, imaju određene prednosti. Naime, nakon njihove ugradnje cijev plinovoda može izdržati ista naprezanja kao u trenutku kada je bila nova, dok se istovremeno povećava čvrstoća same dionice plinovoda na mjestu njihove ugradnje. Njihova je negativna strana vrijeme upotrebe, tj. opadanje mehaničkih svojstava s vremenom. Jedna od vrsta kompozitnih obujmica je i tzv. "clock-spring" obujmica.

"Clock-spring" obujmicu čini matrica od poliestera sa staklenim vlaknima omotanom u osam slojeva. Ona se koristi duže od petnaest godina, a odlikuje ju široka upotreba i jednostavna ugradnja. Ipak, ne može se ugrađivati na zakrivljene dijelove ili na cijevi elipsastog poprečnog presjeka (Nayyar 2007).



Slika 7.12 Ugradnja "clock-spring" obujmice [46]

"Weldwrap" obujmice su slične prethodno opisanim obujmicama uz iznimku metalnog materijala koji je ubačen u sastav kompozitnog materijala kako bi se pri detekciji kvarova na stijenci plinovoda mogla koristiti MFL tehnologija. Neke od poznatijih kompozitnih obujmica nalaze se pod nazivima "Technowrap", "Strongback" ili "Armorplate".



Slika 7.13 "Weldwrap" materijal [43]

#### ***7.4.3. ESR – ugradnja hibridnih obujmica uz upotrebu epoksidnog materijala***

Kratica ESR dolazi od engleskog "*epoxy sleeve repair*" što u prijevodu znači popravak obujmicom uz upotrebu epoksidnog materijala. Tehnologija ugradnje je sljedeća: koriste se standardne čelične obujmice prevelikog poprečnog presjeka perforirane po tijelu. Kada se one postave u odgovarajući položaj obzirom na oštećenje cijevi te se pričvrste rubovi obujmice, kroz perforacije se utiskuje epoksidna smjesa pri niskom tlaku. Ta epoksidna smjesa se ponaša kao prijanjajući spojni element. Tako se izbjegava potreba za varenjem što smanjuje troškove. Ova se tehnologija koristi preko dvadeset godina. Uz pomoć ove tehnologije mogu se otkloniti sva oštećenja na plinovodu do trenutka pojave propuštanja plinovoda.



Slika 7.14 Primjeri ugradnje ESR obujmice [59]



Slika 7.15 Primjer podvodne ESR obujmice prije ugradnje [59]

### 7.5. Zamjena oštećenog dijela cijevi

Iako se ova metoda često koristi, u ovom je završnom radu namjerno posljednja opisana. Time se želi ukazati na činjenicu da se upotrebljava samo u krajnjem slučaju, tj. kada primjena niti jedne ranije navedene metode održavanja i popravaka nije moguća ili ne daje dobre rezultate. Ukoliko se koristi ova metoda potrebno je obustaviti protok plina, tj. zatvoriti plinovod, zatim u cijelosti odstraniti oštećeni dio cijevi te ga zamijeniti novim. To je najskuplja opcija popravka, ali ponekad i neizbježna.

## 8. POSTUPAK OSIGURAVANJA KVALITETE PRILIKOM PROIZVODNJE PLINOVODA KUTINA 1 - DOBROVAC

Osiguravanje kvalitete tokom proizvodnje predstavlja izrazito važnu kariku unutar procesa izgradnje ili remonta plinskog transportnog sustava. Obzirom na izrazitu visinu početnih investicija i visoku cijenu naknadnih popravaka i korekcija, važno je da isporučeni materijal bude u standardu kvalitete sukladno specifikacijama iz narudžbe. Čitav postupak osiguravanja kvalitete tokom proizvodnje nije moguće ograničiti samo na aktivnosti proizvodnog procesa jer se pod isti podrazumijeva i kontrola kvalitete te dokumentacija svih sirovina korištenih u proizvodnji, certifikati proizvođača, obučenosn radnika, karakteristike i dokumentacija strojeva i opreme, zaštitne mjere nakon proizvodnje, skladištenje i transport. Kao prikaz postupka osiguravanja kvalitete tokom proizvodnje uzet ćemo tipičan primjer iz prakse. Navedeni primjer odnosi se na kontrolu kvalitete tokom proizvodnje plinovoda Kutina 1 – Dobrovac DN 200/50 bar. Specifikaciju sa zahtjevima sastavio je investitor (PLINACRO d.o.o.) za: proizvođača (UMRAN Celik Boru Sana A.S. iz Turske), snabdjevače kupca materijalom za proizvodnju navedenih cijevi, izvođača radova (MONTER – STROJARSKE MONTAŽE d.d.) i neovisnog inspektora kupca za kontrolu osiguravanja kvalitete tokom proizvodnje (CROATIAINSPECT d.o.o.).



Slika 8.1 Neki od procesa proizvodnje [79]

Obzirom na kompleksnost specifikacije te kvadripartitnu uključenost tvrtki (snabdjevač se računa zajedno s proizvođačem kao jedna strana) različitih djelatnosti unutar istog projekta vrlo je važno



da svi zahtjevi budu jasni, nedvosmisleni, mjerljivi/dokazivi te dokumentirani. U izvješčaju o provedenoj kontroli navedena je kvantiteta i dimenzije svih tipova cijevi unutar narudžbe, kvaliteta čelika, vanjski i unutrašnji premazi te ostale zaštite i generalni standard. Za svaku od narednih stavki navedeno je područje dozvoljenih odstupanja, prema kojem standardu kontroliramo navedeno odstupanje, tko je proveo kontrolu (za mnoge važnije stavke provedene su višestruke kontrole), učestalost kontrole (kontinuirano, svaka deseta dvadeseta ili stota, jedna kontrola po smijeni ili četiri kontrole na svakom završetku cijevi s pomakom od 90° (kontrola na: 0°, 90°, 180° i 270°) itd), mjesto dokumentacije o provedenoj kontroli, vrsta postupka kontrole (određene kontrole i testiranja provodi proizvođač sa svojom opremom i radnicima uz prisustvo i svjedočenje kupčevog inspektora pa se tip provedenog nadzora također dokumentira, kod određenih postupaka kontrole vrši se pregled dokumentacije sirovina pa se isti pregled dokumentira), proizvođač također pregledava dokumentaciju o provedenoj vanjskoj kontroli te se isto dokumentira unutar izvješčaja. Izvješčaj predstavlja tripartitni dokument namijenjen investitoru te se isti ovjerava od strane proizvođača, neovisnog kontrolora kvalitete i izvođača radova. Svi izvješčaji o provedenom osiguravanju kvalitete tokom proizvodnje nalaze se u prilogima ovog rada, a predstavljaju integralni dio ovog poglavlja.

### **8.1. Općenito o proizvodnji, rukovanju i prijevozu cijevi magistralnog plinovoda Kutina 1 – Dobrovac**

Specifikacija standarda kvalitete izrađena je za potrebe realizacije zadovoljavajućeg nivoa osiguravanja kvalitete prilikom postupka proizvodnje a odnosi se na šavne čelične cijevi prema API-5L specifikaciji, (API = American Petroleum Institute). Svi članci ili dijelovi članaka API-5L specifikacije koji nisu spomenuti u specifikaciji standarda kvalitete ostaju na snazi. Članci u specifikaciji standarda kvalitete primjenjuju se za sve vrste cijevi navedene u članku 8.1 specifikacije norme API 5L ako su primjenjivi ili ako nije drugačije traženo. Ukoliko članak ne spominje vrstu cijevi, zahtjev članka odnosit će se na primjenjivu vrstu cijevi. Proizvođač cijevi prema specifikaciji treba imati valjanu autorizaciju API-a za proizvodnju cijevi prema API 5L i imati odgovarajući sustav kontrole kvalitete prema posljednjem izdanju ISO 9001. Proizvođač treba s ponudom isporučiti na odobrenje opis cjelokupnog procesa izrade te specifikacije za zavarivanje i ispitivanje metodama bez razaranja. Proizvođač treba isporučiti certifikate o usklađenosti koji dokazuju da su cijevi proizvedene, uzorkovane, ispitivane i nadzirane sukladno sa specifikacijom te da je ustanovljeno da zadovoljavaju svim zahtjevima osiguravanja kvalitete. Cijevi izrađene prema specifikaciji standarda kvalitete trebaju biti sukladne zahtjevima norme PSL2. Rukovanje i prijevoz cijevi treba biti u skladu s normama API RP SL I i API RP SLW.

## 8.2. Postupak proizvodnje i materijal cijevi magistralnog plinovoda Kutina 1 – Dobrovac

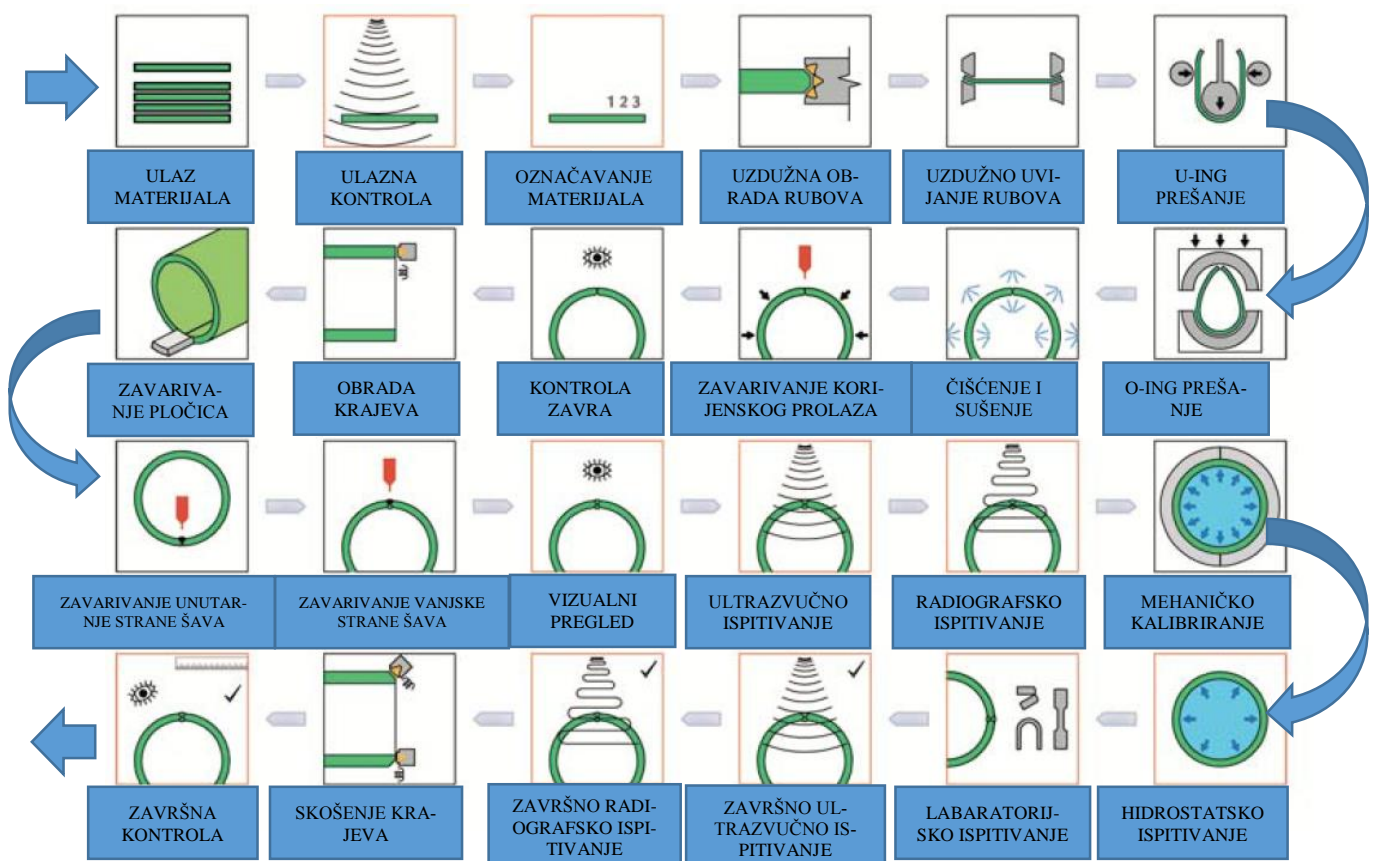
### 8.2.1. Postupak proizvodnje

Cijevi proizvedene prema specifikaciji standarda kvalitete mogu biti bešavne, uzdužno ili spiralno zavarene. Bešavne cijevi će biti proizvedene toplom obradom čelika za oblikovanje cijevnog materijala bez upotrebe zavarivanja.



Slika 8.2 Proces proizvodnje bešavne cijevi [80]

Uzdužno zavarene cijevi (za cijevi nazivnog promjera do uključivo 16") biti će zavarene elektrotopornim postupkom ili elektro-lučnim postupkom pod zaštitnim prahom. Spiralno zavarene cijevi (za cijevi nazivnog promjera 18" i veće) biti će zavarene elektrolučnim postupkom pod zaštitnim prahom. Elektro-zavarene cijevi trebaju imati jedan uzdužni zavar. Faktor uzdužnog zavarenog spoja treba biti 1.0 Uredan. Elektro-lučno zavarene cijevi trebaju imati jedan neprekidni uzdužni zavar ili jedan neprekinuti spiralni zavar sa barem dva zavarna sloja od kojih je jedan na unutrašnjoj strani cijevi. Uzdužni faktor zavarenog spoja treba biti 1.0 Uredan. Cijevi proizvedene prema specifikaciji standarda kvalitete ne smiju biti proširene na hladno.



Slika 8.3 Proces proizvodnje [79]

### 8.2.2. Materijal

Čelik treba biti proizveden u elektro peći ili postupkom u oksidacijskoj peći i treba biti sitno zrnati. Ukoliko čelik nije umiren s aluminijem, sadržaj dušika ne smije biti veći od 0.008 %. Klasa standarda kvalitete cijevi i čelika biti će detaljnije specificirana u narednim poglavljima.

### 8.3. Zahtjevi na materijal cijevi magistralnog plinovoda Kutina 1 – Dobrovac

Skupina cijevi se definira kao grupa maksimalnog broja cijevi koje pripadaju istoj šarži, imaju isti promjer, debljinu stijenke i klasu materijala te koje su proizvedene u skladu s istim postupkom proizvodnje. Veličina skupine je 100 cijevi.



Slika 8.4 Preša za oblikovanje kružnog oblika [79]

### 8.3.1. *Kemijska svojstva*

Kemijska svojstva materijala proizvedenih cijevi trebaju odgovarati članku 9.2 i tablici 5 specifikacije API 5L.

#### a) Ekvivalent sadržaja ugljika

Ekvivalent sadržaja ugljika ne smije biti veći od 0,43 za materijale sa  $C > 0,12 \%$  i 0,25 za materijale sa  $C < 0,12 \%$  na analizi proizvoda koji će biti izvršen na svakoj šarži.

#### b) Analiza šarže traka

Prije početka proizvodnje cijevi proizvođač će izvršiti ispitivanje kemijskog sastava i mehaničkih svojstava svake šarže i izvijestiti o sadržaju svih elemenata koji su dodani da bi se postigla tražena mehanička svojstva.

#### c) Kemijska analiza proizvoda

Analiza proizvoda vršiti će se na jednom uzorku cijevi od svake skupine cijevi, ali ne manje od jedne cijevi od svake šarže.

### 8.3.2. *Mehanička svojstva i ispitivanja*

#### a) Vlačna svojstva

Odnos između granice puzanja materijala i vlačne čvrstoće materijala za gotovu cijev ne smije biti veći od 0.85 za materijale Gr.B, X42, X52, X60, a 0.88 za X65 i više.

b) Ispitivanja na vlak

Vlačna ispitivanja moraju se izvoditi na po jednoj cijevi iz svake skupine, ali u svakom slučaju na najmanje jednoj cijevi iz svake šarže. Vlačna svojstva cijevi proizvedenih prema ovoj specifikaciji trebaju odgovarati vrijednostima u tabeli 7 specifikacije API 5L. Povrh toga, mora se izvršiti vlačno ispitivanje uzdužnog uzorka (na proporcionalnom ISO uzorku) da bi se utvrdilo izduženje od svake šarže.

c) Vlačno ispitivanje zavara

Vlačno ispitivanje zavara mora se izvoditi nakon što je uzvišenje zavara obradom poravnato s površinom.

d) Ispitivanje splošnjavanja

Ispitivanja splošnjavanja, koja se izvode na prstenima izvađenim iz odrezanih krajeva cijevi nakon prekida zavarivanja, ne mogu zamijeniti ispitivanja prstena izvađenih iz sredine cijevi. Ispitivanje splošnjavanja mora se vršiti u skladu s člankom 9.6 specifikacije API 5L.

e) Udarne radnje loma

Ispitivanje udarne radnje loma će biti u skladu sa člankom 9.8 specifikacije API 5L, za ispitnu temperaturu 0 °C . Zavarene cijevi promjera D s 20" trebaju pri svakom ispitivanju imati prosječno najmanje 85 % površine loma, bazirano na ispitnoj temperaturi 0 °C .

f) Otpornost na širenje pukotine

Za zavarene cijevi primjenjuju se sve odredbe Dodatka G specifikacije API 5L. Minimalne prosječne vrijednosti udarne radnje loma odnose se na svako ispitivanje cijevi na ispitnoj temperaturi 0 °C . Za određivanje minimalnih vrijednosti udarne radnje loma primjenjuju se odredbe članka G7. Tablica G.2 primjenjuje se na najmanju debljinu stijenke, a tablica G.1 za sve ostale debljine stijenke, sukladno specifikaciji količina. Ispitna temperatura za ispitivanje padajućim batom treba biti 0 °C .

g) Izvješća o ispitivanjima

Proizvođač će pripremiti izvješće o svim mehaničkim ispitivanjima traženim u specifikaciji API 5L za PSL 2.

### 8.3.3. Hidrostatska ispitivanja

Tlačni pokus mora trajati najmanje 20 uzastopnih sekundi bez obzira na nazivni promjer i klasu materijala. Ispitni tlak treba biti jednak vrijednosti (zaokruženu na 0,1 bar) izračunatoj sa sljedećom formulom:

$$P = \frac{20 \times S \times T}{D} \quad (8.1)$$

gdje je:

$P$  - ispitni tlak, [bar]

$S$  - 90 % od minimalne specificirane granice razvlačenja, [N/mm<sup>2</sup>]

$T$  - nazivna debljina stijenke, [mm]

$D$  - nazivni vanjski promjer cijevi, [mm]

### 8.4. Dimenzije, težine i dužine za cijevi magistralnog plinovoda Kutina 1 – Dobrovac

- Dužine

Proizvođač će nuditi dužine cijevi kako slijedi:

a) Spiralno zavarene cijevi, zavarene elektro-lučnim postupkom pod zaštitnim prahom

- nominalna duljina: 18 m;
- proizvodnja duljina: od 10 do 18,5 m;
- minimalna prosječna duljina za 95 % cijevi: 17 m;
- cijevi kraće od 10 metara neće biti prihvaćene.

b) Bešavne i uzdužno zavarene cijevi, zavarene elektro-lučnim postupkom pod zaštitnim prahom ili elektrootpornim postupkom

- nominalna duljina: 14 m;
- proizvodna duljina: od 8 do 14,5 m;
- minimalna prosječna duljina za 95 % cijevi: 13 m;
- cijevi kraće od 8 metara neće biti prihvaćene.

- Tolerancija za ravnost cijevi

Niti jedna cijev ne smije odstupati od ravnosti za više od 0,15 % njezine dužine bez obzira na promjer cijevi i kvalitetu materijala.

- Tolerancija debljine stijenke cijevi

Tolerancija debljine stijenke cijevi neće biti veća od  $\pm 12,5$  %.

- Spojeni komadi

Spojani komadi, tj. dva komada cijevi zavarena zajedno tako da daju standardnu dužinu cijevi, nisu dozvoljeni.

- Kružnost cijevi

Nekružnost cijevi mora se kontrolirati na kraju svake cijevi u skladu s člankom 10.2.8.2. specifikacije API 5L.

- Krajevi cijevi

a) Općenito

Cijevi trebaju biti isporučene s ravnim krajevima.

b) Ravni krajevi cijevi

Krajevi cijevi, prema ovoj specifikaciji, će biti iskošeni pod kutom od  $30^\circ (+5^\circ, - 0^\circ)$  s korijenim čelom od 1,6 mm ( $\pm 0,8$  mm).

c) Štitnici krajeva cijevi

Cijevi isporučene prema ovoj specifikaciji moraju imati plastične kape za zaštitu iskošenih krajeva cijevi.

#### d) Pravokutnost krajeva cijevi

Pravokutnost krajeva cijevi ne smije biti niti u jednoj točki veća od 1,6 mm. Ako bilo koja cijev ne zadovolji zahtjeve tog ispitivanja, sve dotada proizvede cijevi od zadnjeg prihvatljivog ispitivanja biti će odbijene ili pojedinačno ispitane da se utvrdi da li udovoljavaju traženim uvjetima.

### 8.5. Obrada, nedostaci i popravci tokom izrade cijevi magistralnog plinovoda Kutina 1 – Dobrovac

#### 8.5.1. Udubljenja

Dubina udubljenja ograničena je na najviše 2 mm, a dužina ne smije prelaziti polovicu promjera u bilo kojem smjeru. Sva hladna udubljenja s oštrom urezanim dnom dublja od 0.8 mm moraju se smatrati neprihvatljivim nedostacima. Sva udubljenja u području zavora smatraju se neprihvatljivim nedostacima.

#### 8.5.2. Visina nadvišenja elektro-zavarenih cijevi

Materijal zavora ne smije se protezati iznad produženja izvorne površine za više od 0,5 mm iznutra i 0,3 izvana. Dubina žlijeba koja rezultira skidanjem unutarnjeg nadvišenja elektro zavarenih cijevi ne smije smanjiti obris cijevi za više od onoga što je zadano u sljedećoj tablici:

Tablica 8.1 Dubina žlijeba koja rezultira skidanjem unutarnjeg nadvišenja elektro zavarenih cijevi

Specificirana debljina stijenke (mm)	Najveća dubina žlijeba (mm)
$t \leq 4,0$	0,1 t
$4,0 < t \leq 8,0$	0,4 t
$t > 8,0$	0,05 t

#### 8.5.3. Naprsline i pukotine

Sve naprsline vezane za zavar ili osnovni materijal neprihvatljivi su nedostaci i smiju se ukloniti samo izrezivanjem dijela s nedostatkom.



#### **8.5.4. Raslojavanja**

Ultrazvučno ispitivanje limova mora odgovarati zahtjevima norme ASTM A578. Standard prihvatljivosti mora biti kako slijedi:

Uzdužni rubovi lima:

- svaki diskontinuitet  $< 100 \text{ mm}^2$ ;
- ukupno područje diskontinuiteta (po metru ruba)  $< 250 \text{ mm}^2$ ;
- svako raslojavanje u 50 mm širokom pojasu duž rubova lima  $< 5 \text{ mm}$ .

#### **8.5.5. Ostali nedostaci**

Svaka nesavršenost (mjerena od površine) dublja od 10 % nazivne debljine stijenke cijevi (maksimalno 1 mm) smatra se nedostatkom te se mora popravljati u skladu s API 5L specifikacijom. Nedostatak stapanja i nedostatak prodiranja zavara nisu nikada dozvoljeni.

#### **8.5.6. Popravak zavara**

Popravak zavara nije nikada dozvoljen. Popravak nedostatka smije biti samo izrezivanjem defektnog dijela cijevi ili s brušenjem u skladu sa specifikacijom API 5L.

### **8.6. Ispitivanje postupcima bez razaranja**

#### **8.6.1. Vizualni pregled**

Vizualni pregled svake cijevi mora se izvoditi s vanjske strane cijevi, pregledavajući također unutrašnji dio cijevi koji je pristupačan s vanjske strane. Cijevi veće i uključivo 20" moraju također biti pregledane po čitavoj dužini i iznutra.

#### **8.6.2. Ultrazvučno ispitivanje**

Izvesti će se sljedeća ultrazvučna ispitivanja:

- ispitivanje na dvoplasnost trake sa rubovima

- cijela dužina zavora svake pojedine cijevi
- ispitivanje na dvoplasnost krajeva cijevi s unutrašnje strane.

Sve navedeno u skladu sa normom ASTM A 578.

### **8.6.3. Metode ispitivanja**

Puna dužina svih zavora mora se pregledati metodama bez razaranja radi otkrivanja nedostataka na njegovoj 100 % – tnoj dužini i debljini i u zavaru i u zoni utjecaja topline. Tokom ispitivanja moraju se primijeniti sve odredbe Dodatka E specifikacije API 5L.

### **8.6.4. Pregled zavora i tijela cijevi**

Zavari će biti pregledani u skladu s API 5L, Dodatak E. Pregled cijevi mora se izvoditi elektromagnetskim metodama radi pokrivanja 100 % površine cijevi te automatskim ultrazvučnim pregledom limova ili traka i to prije oblikovanja cijevi kako bi se obuhvatili svi rubovi u širini od najmanje 25 mm te uzdužnih paralelnih traka, širokih najmanje 25 mm, smještenih na 100 mm jedna od druge. U slučaju nedostatka unutar 300 mm od krajeva cijevi, neispravni dio mora se odrezati.

### **8.6.5. Pregled krajeva cijevi**

Svaki kraj na svakoj cijevi mora se ultrazvučno pregledati 100 % po opsegu u pojasu širokom najmanje 50 mm uključujući rub skošenja da bi se otkrilo raslojavanje i uključine troske ili nekog drugog stranog materijala u strukturi. Duž iste trake mora se izvesti ultrazvučno ispitivanje i uz uporabu sonde pod kutom radi otkrivanja uzdužnih nedostataka sličnih radijalnim naprslinama. Nikakve pukotine ili raslojavanja nisu prihvatljive.

## **8.7. Označavanje cijevi magistralnog plinovoda Kutina 1 – Dobrovac**

### **8.7.1. Jedinice, lokacija i hladno utiskivanje**

Označavanje će biti dogovoreno s proizvođačem prije početka proizvodnje. Proizvođač će na vrijeme dostaviti shemu posebnih i detaljnih oznaka. Označavanje treba biti u SI jedinicama.

Mjesta na kojima oznake trebaju biti locirane:

- Za cijevi nazivnog promjera jednakog ili manjeg od 300 mm (12") na vanjskoj površini cijevi (PE izolacija), ne bliže od 150 mm (6") od kraja cijevi na oba kraja cijevi, a na unutarnjoj strani samo broj cijevi na oba kraja cijevi.
- Za cijevi nazivnog promjera većeg od 300 mm (12") na unutarnjoj strani cijevi (epoksidni premaz), ne bliže od 150 mm (6") od kraja cijevi na oba kraja cijevi, a na vanjskoj strani oba kraja samo broj cijevi.

Cijevi će biti isporučene s obojanom prugom, širine približno 50 mm (2") na vanjskoj površini cijevi (PE izolacija), ne bliže od 400 mm (16") od kraja cijevi na oba kraja cijevi, radi označavanja debljine stijenke. Boja će biti dogovorena s proizvođačem na uvodnom sastanku prije početka proizvodnje. Hladno utiskivanje oznaka nije dozvoljeno.

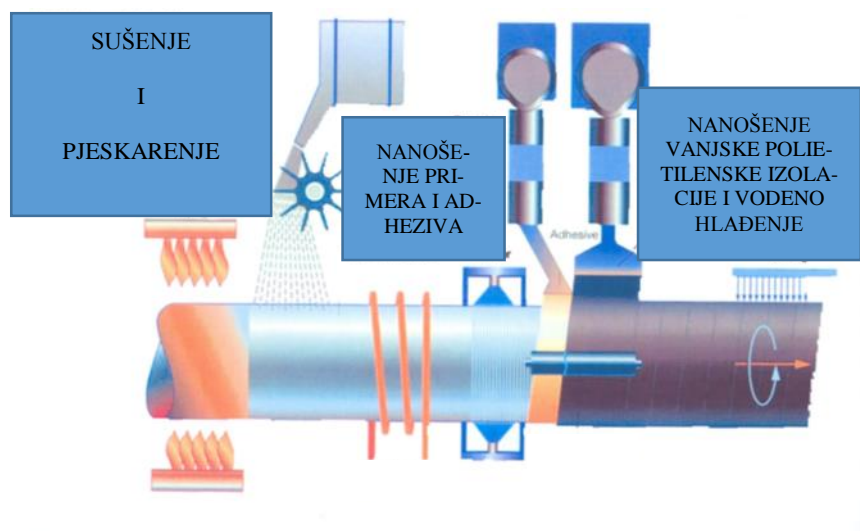
## **8.8. Izoliranje cijevi magistralnog plinovoda Kutina 1 – Dobrovac**

### **8.8.1. Općenito**

Cijevi će biti isporučene neizolirane ili izolirane:

- s unutrašnje strane prema API RP 5L2 s epoksi smolom u debljini od min. 60 µm nanesejoj pomoću raspršivanja bez zraka. Kriterij prihvaćanja „pinhole“ ispitivanja je 0;
- s vanjske strane s ekstrudiranim polietilenom;
- s vanjske strane s ekstrudiranim polietilenom i dodatno s 10 mm armiranim betonskim slojem radi mehaničke zaštite, nanesenim direktno na polietilen pomoću sustava ekstruzije prema proizvođačevoj specifikaciji odobreno od Kupca, kako je traženo u specifikaciji količina.

Neizolirane cijevi će biti premazane sa sredstvom za sprečavanje korozije kod prijevoza u skladu s člankom 12.1 specifikacije API 5L.



Slika 8.5 Proizvodni tijek izrade vanjske polietilenske izolacije (tri sloja) [79]

### 8.9. Inspekcija kupca cijevi magistralnog plinovoda Kutina 1 – Dobrovac

Kupac ima pravo obavljati inspekcije u prostorijama proizvođača i njegovih snabdjevača da bi se uvjerio da materijal, proizvodnja i postupak odgovaraju traženoj specifikaciji.

- Proizvođač će garantirati slobodan pristup prostorijama svojih snabdjevača inspektor kupca za vrijeme izrade proizvoda.
- Proizvođač će informirati inspektora kupca unaprijed kada je materijal spreman za kontrolu i ispitivanje.
- Proizvođač će dati svu potrebnu pomoć, dokumentaciju i slobodnu upotrebu instrumenata za verifikaciju, kontrolu i ispitivanje koja će se vršiti bez miješanja, ako nije striktno potrebno, za provođenje radova u njegovim prostorijama.
- Sva ispitivanja i pregledi će se normalno izvoditi u pogonu uz brigu i na teret proizvođača.
- Sve aktivnosti podložne nadgledavanju, svjedočenju ili zaustavljanju od strane inspektora kupca dogovorit će se prije početka proizvodnje.
- Proizvođač će na vrijeme dostaviti detaljni plan proizvodnje i kontrole.

Inspektor kupca će prisustvovati i svjedočiti kod sljedećih ispitivanja, inspekcija i analiza:

- Ispitivanju kemijskih sastava materijala;
- Ispitivanju mehaničkih svojstava materijala;
- Hidrostatskom ispitivanju cijevi;
- Vizualnom pregledu cijevi;
- Pregledu metodama bez razaranja materijala, a sve u skladu sa zahtjevima kupca.

Za neprihvatanje rezultata je mjerodavan Par.H4, *Appendix H*, specifikacije API-5L četrdesettrćeg izdanja.

Ako se tijekom kontrole koja se izvodi u pogonu pronađu nedostaci čija je količina jednaka ili veća od 5 % za nedostatak određene vrste, inspektor kupca ima prava zatražiti da se plan kontrole kvalitete poveća do odgovarajuće razine te održava dok se ne utvrde i uklone uzroci nedostatka.

#### **8.10. Dokumentacija cijevi magistralnog plinovoda Kutina 1 – Dobrovac**

Prije početka proizvodnje proizvođač će pripremiti i dati inspektoru kupca na odobrenje Plan kontrole kvalitete za svaku vrstu cijevi koji će biti odobren na sastanku prije početka proizvodnje.

Proizvođač će s isporukama cijevi dati sljedeću dokumentaciju u tri (3) primjerka:

- Certifikat o usklađenosti kojim se potvrđuje da je materijal za cijevi proizveden, ispitivan i pregledan u skladu sa specifikacijom te da je utvrđeno da odgovara svim njezinim zahtjevima.
- Listu cijevi sa sljedećim specifikacijama:
  - Specificiranim vanjskim promjerom cijevi;
  - Specificiranom debljinom stijenke cijevi;
  - Materijalom;
  - Brojem šarže;
  - Dužinom;
  - Brojem cijevi;
  - Rezultatima sljedećih kemijskih analiza materijala s težinskim postotkom svih elemenata čija su ograničenja ili količina u ovoj specifikaciji za PLS 2;
  - Analizom šarži;
  - Analizom proizvoda;
  - Kontrolnom analizom;
  - Ponovljenim analizama;

- Rezultatima mehaničkog ispitivanja materijala uključujući vrstu, veličinu i orijentaciju ispitnog uzorka za sljedeća ispitivanja:
  - Vlačnu čvrstoću materijala;
  - Granicu razvlačenja;
  - Produženje;
  - Charpy test.
- Rezultatima hidrostatskog ispitivanja i vremenom trajanja;
- Postupcima ispitivanja bez razaranja;
- Proizvodnim procesom;
- Vrstom toplinske obrade;
- Tvorničkim atestom, Paking listom i debljinama stijenki svake cijevi koji trebaju biti dostavljeni u elektronskom obliku.

Proizvođač će dostaviti certifikate u skladu s normama HRN EN 10 204, 3.2. i API SR 15.

### **8.11. Specifikacija za vanjsko izoliranje čeličnih cijevi magistralnog plinovoda Kutina 1 – Dobrovac ekstrudiranim polietilenom**

Specifikacija definira uvjete za materijal koji će se upotrijebiti, primjenu, popravak, inspekciju i ispitivanje vanjske polietilenske izolacije (tri sloja) koja se nanosi na čelične cijevi.

#### ***8.11.1. Primjenjive norme***

Ova lista upućuje na najnovija izdanja sljedećih normi koje predstavljaju sastavni dio specifikacije za vanjsko izoliranje čeličnih cijevi.

- ISO 62 *Plastic-Determination of water absorption;*
- ISO 306 *Plastic-Determination of Vicat softening temperature of thermoplastics*
- ISO/R 527 *Plastic-Determination of tensile strength*
- ISO 868 *Plastic-Determination of indentation hardness by means of a durometer (Shore Hardness)*
- ISO 1133 *Plastic-Determination of the melt flow rate of thermoplastic*
- ISO/R 1183 *Plastic-Methods for determining the density and relative density (Sp. Gravity) of plastics, excluding cellular plastic*

- ISO 1304 *Rubber carbon black. Determination of iodine-absorption number. Titrimetric method*
- ISO 8501-1 *Preparation of steel substrates before application of paints and related products. Visual assessment of surface cleanliness. Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and steel substrates after overall removal of previous coatings.*
- ASTM D570 *Water absorption of plastics*
- ASTM D638 *Tensile properties of plastics*
- ASTM D1505 *Flow rates of thermoplastics by extrusion plastometer*
- ASTM D1693 *Environmental stress-cracking of ethylene plastics*
- ASTM D2240 *Rubber property-Durometer hardness*
- ASTM D 4060 *Abrasion resistance of organic coatings - the Taber Abraser*
- ASTM G8 *Test for cathodic disbanding of pipeline coating*
- ASTM G14 *Test for impact resistance of pipeline coatings*
- ASTM G42 *Cathodic disbanding of pipeline coating subject to elevated or cyclic temperature*
- Z245.21-02 *External Fusion Bond Epoxy Coating for Steel Pipe/External Polyethylene Coating for Pipe*
- DIN 30670 *Polyethylene coating for steel pipes and fittings*
- HRN EN 10 204 *Vrste certifikata*

### **8.11.2. Pogonski zahtjevi**

Vanjska antikorozivna zaštita čeličnih cijevi na osnovi polietilenskog proizvoda može dostići najveću pogonsku temperaturu od 70 °C (DIN 30670-S-V) u okolišu s utjecajem kemijskih tvari i/ili mikrobioloških tvari.

### **8.11.3. Funkcionalni zahtjevi**

#### a) Izolacija

Vanjska izolacija cijevi će se sastojati od:

- jednog sloja epoksi prajmera;
- jednog sloja adheziva;
- jedne vanjske polietilenske obloge.

#### b) Epoksi prajmer

Epoksi smola, u tekućem ili praškastom obliku, koja će se koristiti kao prajmer mora:

- biti potpuno kompatibilna s adhezivom
- održavati odličnu adheziju na metal i adheziv pri radnim temperaturama plinovoda
- biti otporna na katodno odvajanje
- biti odgovarajuće stabilizirana kako ne bi došlo do starenja pri maksimalnoj radnoj temperaturi
- imati malu apsorpciju vode
- biti otporna na napad mikroba

#### c) Adheziv

Adheziv (polimer kompatibilan polietilenu) mora:

- biti takav da stvori čvrstu adheziju (fizikalno/kemijsku) na prajmer i prema sloju polietilena pri sobnoj temperaturi,
- biti odgovarajuće stabiliziran radi otpora starenju pri maksimalnoj radnoj temperaturi
- biti otporan na mikrobiološke utjecaje
- biti bez otapala ili drugih nestabilnih supstanci

#### d) Polietilen

Smjesa polietilena mora:

- podnositi maksimalnu pogonsku temperaturu cjevovoda od 70 °C
- sadržavati 2 - 3 % čađe s jednim apsorpcijskim brojem uvijek iznad 110 (ISO 1304) i biti stabilizirana s aditivima protiv djelovanja kisika. Korišteni aditivi ne smiju isplivati na površinu izolacije u aplikaciji. Početni sadržaj aditiva ne smije se zamjetno smanjiti izlaganjem toplini, bez obzira na trajanje.
- imati dobra mehanička svojstva u širokom temperaturnom intervalu
- biti otporan na atmosferske agense (kisik i UV zrake), na utjecaj mora te na mikrobiološke i kemijske utjecaje.

#### e) Debljina izolacije

Debljine pojedinih slojeva trebaju biti:

- između 0,050 mm i 0,10 mm za epoksi prajmere.
- minimalno 0,250 mm za adhezive.



Ukupna debljina izolacije dobivena zbrajanjem pojedinih slojeva varira u odnosu na promjer cijevi.

Tablica koja slijedi specificira ukupnu debljinu izolacije ovisno o promjeru cjevovoda:

**Tablica 8.2 Ukupna debljina izolacije ovisno o promjeru cjevovoda [33]**

NO CIJEVI - MIN. DEBLJINA.	
do 4"	2,5 mm
do 10"	2,7 mm
do 20"	2,9 mm
do 32"	3,2 mm
34"i veće	3,7 mm

#### **8.11.4. Priprema za nanošenje izolacije**

##### a) Priprema površine cijevi

Prije čišćenja, cijevi trebaju biti pažljivo pregledane da bi se provjerila površina cijevi zbog korozije i prisustva ulja, masti ili bilo kojih drugih stranih supstanci, radi izbora najpovoljnijeg postupka čišćenja. Površina cijevi treba biti potpuno suha prije početka čišćenja mlazom abraziva, a vlažnost zraka treba odgovarati točki rosišta koja je za više od 3 °C niža od temperature okoliša. Ako je površina cijevi vlažna ili je rosište više od 3 °C iznad temperature okoline, cijevi je potrebno predgrijavanje prije čišćenja. Cijev mora prije nanošenja prajmera biti očišćena do stupnja Sa 2 % prema normi HRN-ISO 8501- 1 kao minimum, tj. očišćena do približno bijelog metala. Hrapavost površine cijevi treba biti 30 µm do 90 µm.

##### b) Predgrijavanje cijevi

Predgrijavanje, ako je potrebno, biti će izvršeno s otvorenim plamenom u neposrednom doticaju s površinom cijevi. Ako se za zagrijavanje koristi otvoreni plamen, cijev se u odnosu na plamen mora kretati minimalno 10 mm/s duž spiralne staze. Plamen treba podesiti tako da se na cijevi ne taloži čađa ili vlaga. Predgrijana cijev treba imati temperaturu iznad točke rosišta. Temperaturu kontrolirati najmanje 3 puta u smjerni (na početku, u sredini i na kraju) i uvijek kada dođe do zastoja u montaži.

### 8.11.5. Izoliranje cijevi

Izolacijski materijal, treba primijeniti prema preporukama isporučioaca, a u skladu s posljednjom revizijom norme DIN 30670. Tijekom izoliranja, maksimalna temperatura cijevi mora se održavati ispod 350 °C. Nanesena polietilenska izolacija mora rezultirati s homogenim i čvrstim slojem, koji kontinuirano i čvrsto prijanja, nema nabore, mjehure i šupljine. To se naročito odnosi na mjesta nadvišenja zavara. Nije dopustivo u bilo kojem slučaju prekidati i ponovno započeti izoliranje jedne cijevi. Ako se to ipak dogodi, izolaciju treba oljuštiti sa cijevi te istu vratiti na čišćenje s mlazom abraziva.

Izolacija treba biti odstranjena sa krajeva cijevi kako slijedi:

**Tablica 8.3 Dužina oguljenog PE dijela cijevi ovisno o nazivnom promjeru cijevi [33]**

Nazivni promjer cijevi	dužina oguljenog PE dijela cijevi (mm)
do 10"	80-90
do 20"	130-150
do 32"	140-160
34" i veće	140-160

Guljenje uključuje odstranjenje polietilena i adheziva. Prajmer može ostati na minimalnoj dužini od 50 mm od kraja cijevi. Krajevi cijevi trebaju biti pravilno očišćeni i slobodni od ostataka proizvodnje. Krajevi cijevi privremeno trebaju biti zaštićeni privremenim zaštitnim sredstvom koje se može lagano odstraniti četkanjem.

### 8.11.6. Popravak izolacije

Sve cijevi oštećene kod inspekcija i ispitivanja, upotrijebljene za razarajuće ispitivanje ili oštećene za vrijeme manipulacije trebaju se popraviti na svim oštećenim dijelovima.

Popravci su dozvoljeni samo na površinama koje udovoljavaju sljedećim ograničenjima:

- ako najveća oštećenja površina ne premašuje 100 cm<sup>2</sup>;
- ako nema više od 3 popravka na jednoj cijevi.

Kompletno odstranjenje izolacije traži se kad pojedina oštećenja nađena na jednoj cijevi prekoračuju broj ili veličinu prethodno navedenih ograničenja. Proizvođač će pripremiti prijedlog specificirajući postupak i materijal za popravak izolacije koju treba odobriti kupčev inspektor prije nego bude primjenjivana.

### **8.11.7. Kontrola kvalitete tokom proizvodnje**

#### a) Kontrola debljine izolacije

Sve cijevi koje ne zadovoljavaju traženu debljinu obloge biti će odvojene, izolacija skinuta, a cijevi ponovno uključene u proizvodni proces.

#### b) Kontrola neprekidnosti izolacije

Sve izolirane cijevi podvrgnut će se kontroli kontinuiteta izolacije po čitavoj dužini, tj. otkrivanja oštećenja kao što su rupice, poroznost, pukotine i drugi defekti u izolaciji. Kontrola kontinuiteta izolacije biti će vršena "holiday detector"-om s ispitnim naponom od 25 kV te brzinom kretanja od oko 20 mm/s. Točke gdje se pojavljuju vidljiva električna pražnjenja između ticala i metalne površine cijevi smatrat će se greškama i biti će adekvatno označena s neizbrisivom bojom. Nakon popravka oštećenja, mjesta izolacija će opet biti ispitivana na kontinuiranost s istim postupkom i parametrima kao u prethodnom postupku.

#### c) Kontrola prijanjanja

Kupčev inspektor će izabrati jednu od svakih 50 cijevi za kontrolu prijanjanja. Kontrola prijanjanja izvršit će se na oguljenoj površini na kraju cijevi. Kada se ispitivanje vrši ne duže od 24 sata nakon nanošenja, srednja vrijednost sile odvajanja treba biti:

- kod ispitne temperature  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$  barem 60 N po cm širine ispitnog komada;
- kod ispitne temperature  $(50 \pm 5) ^\circ\text{C}$  barem 40 N po cm širine ispitnog komada.

Ako se posumnja u vjerodostojnost ispitivanja, test će biti ponovljen na tijelu cijevi, blizu kraja cijevi. Popravak će se izvršiti primjenom toplinski stezljivih rukavaca dovoljno širokih da pokriju površinu cijevi 100 mm na svaku stranu od oštećenog mjesta.

#### d) Otpornost na udar

Otpornost na udar izvesti će se na jednoj od 50 cijevi prema normama ASTM G14 ili DIN 30670.

#### e) Otpornost na udubljivanje

Otpornost na udubljivanje izvesti će se na jednoj od 50 cijevi u skladu s normom DIN 30670. Otpornost na udubljivanje izolacije mora biti takva da se površina  $2,5 \text{ mm}^2$  pod masom 2,5 kg udubi manje od 0,2 mm kod  $23 \pm 2 ^\circ\text{C}$  i manje od 0,3 mm kod  $70 \pm 2 ^\circ\text{C}$ .

f) Otpornost na UV zračenje

Otpornost na UV zračenje treba biti u skladu sa normom DIN 30670. Stabilnost na UV zračenje odredit će se na temelju indeksa taljenja i izduženja pucanja materijala izolacije izloženom xenon lampi i neizloženog materijala. Indeks taljenja izloženog uzorka mora biti unutar 25 % vrijednosti ili manje od indeksa neizloženog materijala izolacije, dok produženje izolacije izloženog uzorka mora biti veće od 50 % od originalne vrijednosti. Proizvođač će dati izjavu o usklađenosti da vrijednosti zabilježene na testu materijala odgovaraju zahtjevima specifikacije.



**Slika 8.6 Deponija cijevi za plinovod Platforma Ivana K – Pula ( Kopneni dio ) Tvornička izolacija se na nekim mjestima napuhavala na suncu ( poliuretan – jednoslojni debljine 2 mm) [35]**

g) Kemijska otpornost

Kemijska otpornost treba se ispitivati u skladu s normama ISO 7472 ili 7474. Materijal se ne smije promijeniti kod 60 dnevnog uranjanja u sljedeće otopine:

- 5 % volumnih natrijevog hidroksida;
- 5 % volumnih natrijevog klorida;
- 1 % volumni dušične kiseline.

Materijal izolacije nakon 60 dana uranjanja ne smije promijeniti svojstva. Proizvođač će dati izjavu o usklađenosti da vrijednosti zabilježene na testu materijala odgovaraju zahtjevima specifikacije.

#### h) Katodno odvajanje

Katodno odvajanje će se ispitati na temperaturi od 25 °C, kod protoka struje napona od 1,5 V u 3 % NaCl elektrolitnoj otopini u trajanju 30 dana, prema ASTM G42, GB ili G95 ili kod 60 °C u trajanju 48 sati, prema Z245.21-02. Prosječni promjer odvojene izolacije ne smije biti veći od 15 mm, s početnom rupom promjera 6 mm.

#### i) Otpornost na utjecaj okoliša

Utjecaj okoliša na izolaciju treba ispitati prema ASTM 0 1693. Izolacija mora podnijeti ispitivanje. Proizvođač će dati izjavu o usklađenosti da vrijednosti zabilježene na testu materijala odgovaraju zahtjevima specifikacije.

#### j) Inspekcija kupca

Kupac može obavljati inspekcije u prostorijama proizvođača i njegovih dobavljača kako bi se uvjerio da materijal, proizvodnja i postupak odgovaraju specifikaciji. Proizvođač će garantirati slobodan pristup svojim prostorijama i prostorijama svojih dobavljača inspektor kupca za vrijeme izrade proizvoda. Proizvođač će informirati inspektora kupca 15 dana unaprijed, kada je materijal spreman za kontrolu i ispitivanje. Proizvođač će dati svu potrebnu pomoć, dokumentaciju i slobodnu upotrebu instrumenata za verifikaciju, kontrolu i ispitivanje koja će se vršiti bez miješanja proizvođača, ako nije striktno potrebno, za provođenje radova u njegovim prostorijama. Sva ispitivanja i pregledi izvoditi će se na teret proizvođača. Inspektor kupca će prisustvovati i svjedočiti kod sljedećih ispitivanja i kontrola:

- Kontrola hrapavosti površine;
- Kontrola debljine izolacije;
- Kontrola kontinuiteta izolacije;
- Ispitivanje prijanjanja izolacije;
- Ispitivanje na udar;
- Ispitivanje na udubljivanje;
- Ispitivanje na katodno odvajanje.

Ako se tijekom kontrola koje se izvode u valjaonici pronađu nedostaci čija je količina jednaka ili iznad 5 % za nedostatak određene vrste, inspektor kupca ima pravo zatražiti da se poveća obujam kontrole pojedinih ispitivanja iz plana kontrole kvalitete do odgovarajuće razine te održava dok se ne utvrde i uklone uzroci nedostatka.

### k) Dokumentacija

Prije početka proizvodnje proizvođač će pripremiti i dati inspektoru kupca na odobrenje Plan kontrole kvalitete postupka nanošenja izolacije. Izvođač treba pribaviti i isporučiti sljedeću dokumentaciju u tri (3) primjerka:

- Certifikate za materijale koji se koriste za izolaciju u skladu s EN 10 204 tip 2.2.
- Izjavu o usklađenosti, gdje se utvrđuje da se podaci o materijalu u certifikatima podudaraju sa zahtjevima specifikacije.
- Certifikat proizvođača o laboratorijskim analizama s rezultatima ispitivanja i brojem ispitivanja za:
  - Hrapavost površine cijevi;
  - Debljine izolacije;
  - Kontinuiteta debljine izolacije;
  - Prianjanja izolacije;
  - Otpor na udar izolacije;
  - Otpor na udubljenje izolacije;
  - Otpornost na katodno odvajanje.

## **8.12. Specifikacija za vanjsku cementnu oblogu za čelične cijevi magistralnog plinovoda Kutina 1 – Dobrovac izolirane polietilenom**

Ova specifikacija definira zahtjeve u svezi s materijalom koji će se upotrebljavati nanošenjem, popravcima, inspekcijama i testiranjima vanjske cementne obloge nanese na troslojnu polietilensku izolaciju.

### ***8.12.1. Normativne reference***

Specifikacija poziva na najnovija izdanja sljedećih normi koje su njezini integralni dio:

- ASTM C150 *Standard Specification for Portland Cement*
- ASTM C1116 *Standard specification for Fiber-Reinforced Concrete*
- ASTM C125 *Standard Terminology Relating to Concrete Aggregates*
- ASTM C144 *Standard Specification for Aggregates for Masonry Mortar*
- ASTM C309 *Standard Specification for Liquid Membrane*
- ASTM C33 *Standard Specification for Concrete Aggregates*
- ASTM C156 *Standard Test Method for Water Retention by Concrete Curing Material*

- ASTM C40 *Standard Method of Test for Organic Impurities in Sand for Concrete*
- ASTM C294 *Descriptive Nomenclature of Constituents of Natural Mineral Aggregates*
- BS 3148 *Test for Water for making Concrete*
- DVGW-GW 340 *FZM-Ummantelung zum mechanischen Schutz von Stahlrohren und formstücken mit Polyolefinumhüllung; Typ FZM-S*

Norma DVGW-GW 340 te standardi navedeni u njoj su alternativno prihvatljivi, ako nije drugačije određeno prethodnim normama.

### 8.12.2. Materijal cementne obloge

a) Karakteristike cementne obloge:

Tlačna čvrstoća (min.) .....	25 N/mm <sup>2</sup> (7 dana)
Čvrstoća na savijanje (vlačna) (min.) .....	5 N/mm <sup>2</sup> (7 dana)
Otpor na smicanje (uzdužno) (min.) .....	0,5 N/mm <sup>2</sup> (7 dana)
Dozvoljeno savijanje .....	1,5°/ D
Modul elasticiteta .....	140 N/mm <sup>2</sup>
Specifična masa osušenog betona .....	1800 kg/m <sup>3</sup> (28 dana)

Cementna obloga treba biti pogodna za savijanje cijevi s radijusom  $R = 400$ . Cementna obloga ne smije oštetiti polietilensku oblogu pri savijanju cijevi. Tolerancija mjere debljine cementne obloge mora biti + 5 mm / - 0 mm.

b) Cement

Cement treba biti tipa Portland s umjerenom otpornošću na sulfate te u skladu s normom ASTM C150. *Type II*, (prema DIN 1164, min. PZ 45) sa sadržajem trikalcij aluminata manjim od 8 %. Stvrdnuti cement ili cement koji pokazuje znakove skrućivanja neće biti prihvaćen i treba biti odstranjen s radilišta. Svaka šarža cementa koja dolazi na radilište treba imati tvornički certifikat kvalitete, a podizvođač mora biti odgovoran za valjanost istog.

c) Pijesak

Pijesak treba odgovarati zahtjevima norme ASTM C125/2, a organske nečistoće treba analizirati u skladu sa normom ASTM C40. Granulacija pijeska treba biti u skladu s normom ASTM C144.

d) Voda

Voda za miješanje betonske obloge treba biti čista svježa voda bez sulfata i klorida, a naročito bez otopljenih magnezijevih soli. Kvaliteta vode treba zadovoljavati minimalne zahtjeve kvalitete specificirane u normi BS 3148.

e) Polipropilenska mreža

Polipropilenska mreža za ojačanje treba biti sljedećih maksimalnih veličina:

Širina namotaja .....	200mm - 250 mm
Poprečne i uzdužne niti .....	2,0 mm
Veličina oka .....	5,0 mm x 6,2 mm

f) Polipropilenska vlakna

Polipropilenska vlakna prosječne veličine 20 - 25 mm prema normi ASTM C1116, Type 3 trebaju se dodavati cementnoj oblozi kako bi se povećala fleksibilnost.

g) Sredstvo za dozrijevanje betona

Tekućina za premazivanje betona radi dozrijevanja betona treba biti u skladu s normom ASTM C309, Type 2, Class A.

### 8.12.3. Primjena

a) Priprema površine polietilenom izolirane cijevi

Polietilensku izolaciju cijevi treba prije nanošenja cementne obloge prikladnom metodom ohrapaviti radi boljeg prijanjanja cementne obloge, da bi se postigao traženi otpor na uzdužno smicanje (odvajane betonske obloge od polietilenske izolacije) sukladno specifikaciji. Hrapavost ne smije stanjiti polietilensku izolaciju ispod minimalne.

b) Priprema cementne obloge

Cementna obloga treba biti sastavljena od cementa, pijeska, svježe vode, primjesa na bazi polimera te mikro vlakana radi ojačanja. Mješavina treba sadržavati minimalno 400 kg cementa po prostornom metru obloge. Omjer voda/cement ne smije ni u kom slučaju prekoračiti vrijednost 0,4.

c) Nanošenje obloge

Oblogu treba strojno nanositi lijevanjem pomoću pumpe za mort direktno na površinu iz vertikalne pozicije uz istovremeno namatanje poliuretanske mreže. Vanjska površina cementne obloge treba



biti glatka što je više moguće. Temperatura materijala obloge za vrijeme nanošenja ne smije biti niža od 5 °C niti viša od 32 °C.

d) Priprava krajeva cijevi

Krajevi cijevi trebaju biti slobodni od betonske obloge na dužini 250 - 300 mm od kraja cijevi.

e) Dozrijevanje betona

Neposredno nakon nanošenja cementne obloge cijev treba biti ravnomjerno poprskana tekućim sredstvom za sprečavanje naglog sušenja prema uputi proizvođača kako bi se osiguralo pravilno stvrdnjavanje obloge. Izmjereni gubitak vode kod testiranja istog ne smije prekoračiti 0.15 kg/m<sup>2</sup> u 24 sata odnosno 0.45 kg/m<sup>2</sup> u 72 sata. Obložene cijevi ne smiju biti odstranjene s mjesta dozrijevanja 3 dana nakon oblaganja ili nakon što je obloga postigla otpornost na lomnu otpornost od 5 N/mm<sup>2</sup>.

#### **8.12.4. Kontrola i testiranje**

a) Kontrola debljine obloge

Sve cijevi koje ne zadovoljavaju biti će odvojene te podvrgnute postupku popravka obloge prema proceduri prihvaćenoj od kupčevog inspektora.

b) Kontrola neprekidnosti obloge

Sve obložene cijevi biti će podvrgnute kontroli neprekidnosti obloge, tj. da obloga nema nepravilnosti kao što su rupe, pukotine i slično.

c) Tlačno i lomno ispitivanje

Uzorak cementnog morta treba uzeti u svakoj smjeni za vrijeme nanošenja. Svaki uzorak će biti upotrijebljen za izradu tri ispitne kocke. Veličina tih uzoraka će biti 40x40x160 u skladu s EN 196-1. Tlačni test za beton izvest će se u skladu s EN 12 390-3. Razina prihvatljivosti tlačnog ispitivanja biti će 25 N/mm<sup>2</sup>. Lomno ispitivanje test za beton izvest će se u skladu s EN 12 390-5. Razina prihvatljivosti lomnog ispitivanja iznosi 5 N/mm<sup>2</sup>.

d) Test otpornosti na smicanje

Kupčev inspektor odabrati će jednu cijev u svakoj radnoj smjeni koja će se upotrijebiti za izradu ispitnog uzorka za ispitivanje otpornosti na smicanje. Oblik uzorka te postupak ispitivanja treba biti u skladu sa specifikacijom DVGW-GW 340.

e) Analiza morta

Svezi mort treba analizirati jedanput u smjeni da bi se utvrdio omjer cementa i pijeska te omjer voda/cement mješavine.

### **8.12.5. Kupčeva inspekcija**

Kupčev inspektor će prisustvovati i svjedočiti kod sljedećih testiranja i inspekcija:

- Testiranje hrapavosti polietilenske površine cijevi;
- Testiranje debljine obloge;
- Testiranje kontinuiteta obloge;
- Inspekcija tlačnog i lomnog testa;
- Inspekcija analize morta;
- Inspekcija nanošenja obloge;
- Inspekcija dozrijevanja.

### **8.12.6. Dokumentacija**

Prije početka nanošenja proizvođač će pripremiti i dati na odobrenje kupčevom inspektoru detaljni Plan kontrole kvalitete za postupak oblaganja.

Proizvođač će uz isporuku priložiti tri (3) kopije sljedećih dokumenata:

- Certificate za materijale koji se koriste za izolaciju u skladu s normom HRN EN 10204, tip 2.2.
- Izjavu o usklađenosti, gdje se utvrđuje da se podaci o materijalu u certifikatima podudaraju sa zahtjevima ove specifikacije.
- Certifikat o laboratorijskim analizama s rezultatima ispitivanja i brojem testova za:
  - Hrapavost površine polietilenske izolacije;
  - Debljinu izolacije;
  - Kontinuitet debljine izolacije;
  - Tlačni i lomni test;
  - Analizu morta.

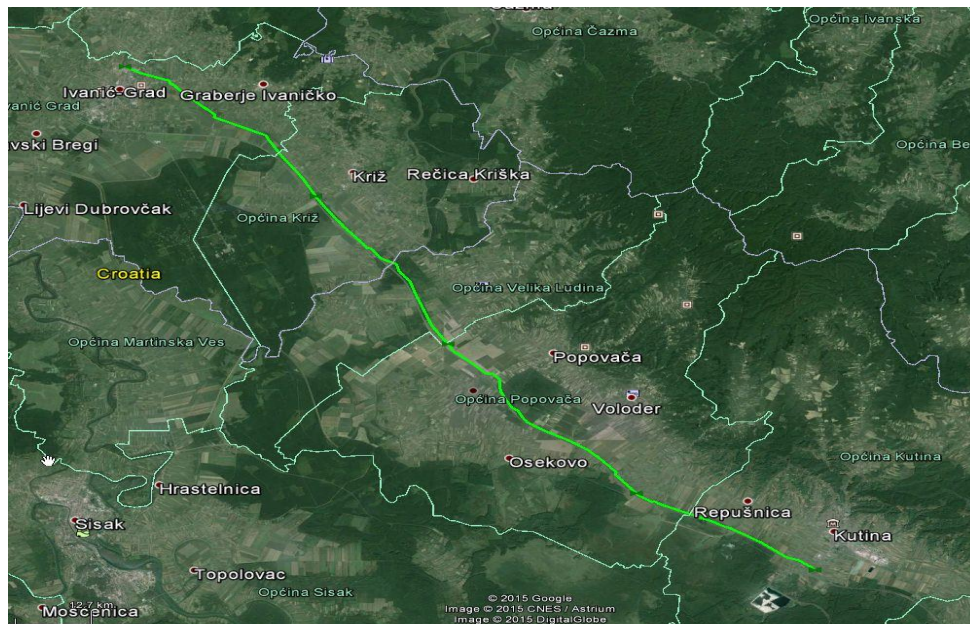
Proizvođač će prije početka oblaganja isporučiti radne upute za:

- skladištenje cijevi;
- transport cijevi;
- premještanje cijevi;
- popravak obloge cijevi.

## 9. PRIMJER ODRŽAVANJA PLINOVODA

### 9.1. Primjer analize izvještaja nakon utvrđivanja stanja plinovoda Ivanić Grad – Kutina

Plinovod Ivanić Grad – Kutina nazivnog promjera 0,508 m (20") izgrađen je od uzdužno i spiralno zavarenih cijevi 1983. godine, a sastoji se od jedne dionice. Nominalna debljina stijenke cijevi je 7,1 mm. Snimanjem "in-line" metodama utvrđeno je da je najmanja snimljena debljina stijenke cijevi 6,4 mm, a najveća debljina 9,52 mm.



Slika 9.1 Ruta plinovoda [33]

Najveći dozvoljeni radni tlak promatranog plinovoda (engl.: "*Maximum Allowable Operating Pressure – MAOP*") iznosi  $50 \times 10^5$  Pa (50 bar), dok je duljina plinovoda 23,61 km.

Snimanje plinovoda (In-line inspekcija): kolovoz 2013 (prethodna referentna snimka 2006. g.)

Slijed priprema i snimanja:

1. Pripremno čišćenje i provjera prolaznosti (Plinacro spužvasti čistač, BiDi alat, 5x)
2. BiDi čistač sa kalibrom (Rosen, CLP alat)
3. Snimanje geometrije plinovoda (Rosen, XGP - *Extended Geometry Pig*)
4. Snimanje stanja stijenke, odnosno gubitaka metala (Rosen, CDG - *Corrosion Detection Pig*) zajedno s WGS84 koordinatama svakog elementa



Slika 9.2 Čistači plinovoda sa žičanim četkama i kalibar pločom [46]

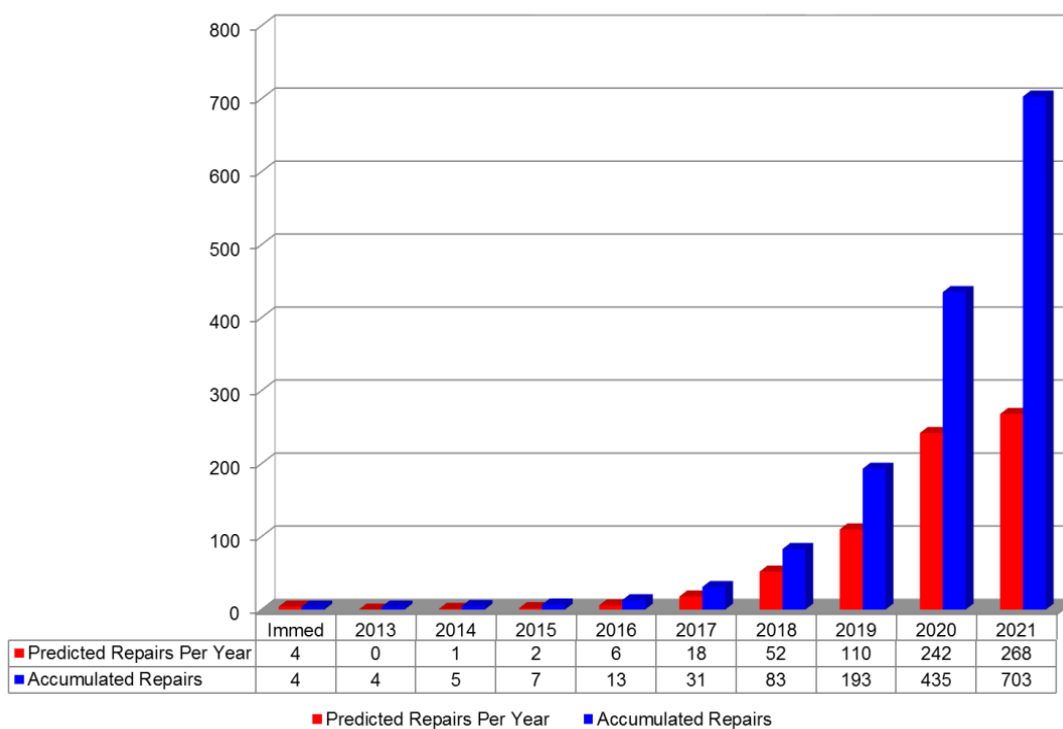


Slika 9.3 Primjeri uređaja za čišćenje [46]

Završni izvještaj izrađen je u studenom 2013. godine, a procjena stanja i određivanja lokacija izrezivanja izrađeni su u siječnju 2014. godine.

Rezultati snimke su pokazale sljedeće nepravilnosti :

- 99,8 % detektiranih nepravilnosti ocijenjenih kao vanjska korozija;
- najveća dubina gubitka metala prema snimci iznosi 81 % debljine stijenke;
- 23 nepravilnosti na obodnom zavaru;
- 103 nepravilnosti na spiralnom zavaru;
- 5 nepravilnosti klasificiranih kao tvornička greška prilikom proizvodnje cijevi;
- 119 geometrijskih nepravilnosti promjera cijevi.



**Slika 9.4 Procjena razvoja korozivnih oštećenja u narednih 8 godina [33]**

Na temelju rezultata in-line inspekcije i procjene upotrebljivosti plinovoda za naredno razdoblje od 8 godina, utvrđeno je ukupno 39 lokacija koje obuhvaćaju popravak svih detektiranih nepravilnosti ocijenjenih nepogodnim za siguran i pouzdan rad plinovoda:

- 29 lokacija predviđeno za izrezivanje segmenta cijevi (ukupno 813 m, pojedinačni segmenti od 2 m do 123 m);
- 4 lokacije predviđene za popravak kompozitnim obujmicama (manja i kraća korozivna oštećenja gdje je ekonomski i logistički neopravdano planirati izrezivanje cijevi u danom trenutku);
- 6 lokacija predviđene za popravak izolacije cijevi (ukupna dužina 200 m);
- radovima su pridružene 3 dodatne lokacije (priključak DN 150, MRS Križ, blokadna slavina 20”).

## 9.2. Strojarsko-montažni radovi

Termini i rokovi izvođenja strojarsko-montažnih radova:

- Početak pripremnih radova: 18. rujna 2014. godine;
- Rok izvođenja do 30. rujna 2014. godine;
- Vrijeme izvođenja strojarsko-montažnih radova izrezivanja: rujna 2014. godine (18. rujna 2014. – 19. rujna 2014.).

Dogovoreni termin prekida transporta plina plinovodom DN 500 Ivanić Grad – Kutina, koje obuhvaća prekid isporuke plina preko MRS Ivanić III i MRS Novoselec te prestanak utiskivanja plina u PSP Okoli bio je dogovoren za 18. rujna 2014. godine i 19. rujna 2014. godine u trajanju od 48 sati.

Rok za izvođenja strojarsko-montažnih radova izrezivanja: 24 sata

Priprema transportnog sustava za izvođenje radova izvedena je preusmjeravanjem transporta plina s plinovoda DN 500 Ivanić – Kutina na plinovod DN 100 Lipovljani – Popovača i isporukom plina preko MRS Kutina II, MRS Popovača, MRS Lipovica i MRS Sisak prema sljedećem redosljedu aktivnosti:

1. Odvajanje plinovoda DN 500 Ivanić – Kutina od transportnog sustava;
2. Spuštanje tlaka u plinovodu s 33 bar-a na 20 bar-a (potrošnja preko MRS Kutina I);
3. Potrošnja akumulacije plina preko MRS Ivanić III i MRS Novoselec s 20 na 19 bar-a;
4. Prekid utiskivanja plina u PSP Okoli (48 sati);
5. Rasterećenje plinovoda na atmosferski tlak preko 6 ispuhivača;
6. Inertizacija (tekući dušik) plinovoda;
7. Dozvola za izvođenje radova;
8. Strojarsko – montažni radovi.



**Slika 9.5 Iskop rova [33]**

Dogovoreni prekid transporta plina plinovodom DN 500/50 Ivanić Grad – Kutina bio je obavljen u razdoblju od 18. rujna 2014. godine od 6:00 sati do 20. rujna 2014. godine do 6:00 sati (48 sati). Rok za obavljanje strojarско-montažnih radova uključujući i RX kontrolu zavara te eventualne popravke na dan izrezivanja za izvoditelja bio je 24 sata. Odobrenje za radove izdano je izvoditelju radova 18. rujna 2014. godine u 13:00 sati te su time počeli radovi izrezivanja na 31 lokaciji i priključenje novoizgrađene stanice MRS Križ na predmetni plinovod. Radovi izrezivanja obavljani su na 30 lokacija (od 32 predviđene) u ukupnoj duljini od 792 m.

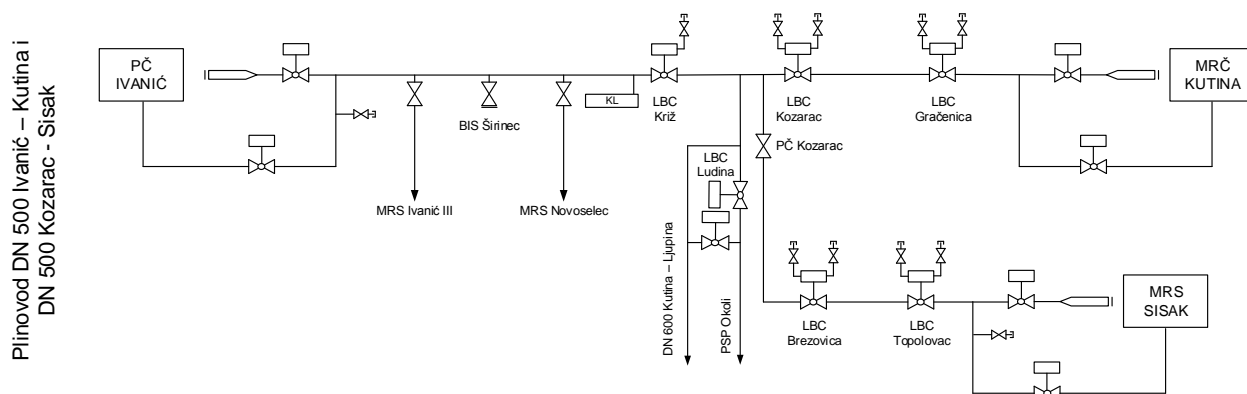
Tijekom radova izrezivanja (18.09.2014. – 19.09.2014.) na gradilištu se nalazilo:

- preko 250 radnika izvoditelja radova;
- preko 50 radnika tvrtke Plinacro;
- 18 vatrogasaca;
- 5 ovlaštenih inženjera;
- preko 120 osobnih i terenskih vozila;
- 20 bagera;
- 10 dizalica;
- 10 cjevopolagača;
- 30 agregata za zavarivanje;
- 2 pokretna laboratorija.

Uz vrlo kvalitetnu pripremu i organizaciju radova, dovoljnog broja potrebne mehanizacije i vozila te kvalitetnog i stručnog osoblja, svi radovi su obavljani stručno i kvalitetno, bez štetnih događaja



za ljude, okolinu i opremu. Transport plina predmetnim plinovodom i isporuka plina preko navedenih stanica uspostavljena je nakon 45 sati i 15 minuta.



**Slika 9.6 Shema plinovoda DN 500/50 Ivanić Grad – Kutina [33]**

Operacije navedene u dijagramu toka te građevinske i strojarske radove izvodi izvoditelj koji je i odgovoran za taj dio posla. Investitor obavlja nadzor (voditelj radova) koji potvrđuje rezultate izvedenih radova na osnovi izvedenih ispitivanja i verifikacije od strane nadzornog inženjera. Nakon obavljenih strojarsko-montažnih radova i dobivenih pozitivnih rezultata svih ispitivanja u pisanom obliku, pristupa se ponovnoj inertizaciji instalacija.

Predviđeno vrijeme trajanja radova je 48 sati tijekom kojih su uračunati svi postupci i radnje za pripremu instalacija za obavljanje radova na siguran način (prekid transporta), strojarsko-montažni radovi, ispitivanje kvalitete radova i uspostavljanje transporta prirodnog plina.

Sve aktivnosti na sustavu koje za posljedicu imaju utjecaj na radne parametre sustava potrebno je koordinirati sa STU i NDC (Sektor tehnološkog upravljanja i Nacionalni dispečerski centar) Zagreb. Aktivnosti na obustavi i uspostavljanju protoka plina u dijelu ili cijelom sustavu obavezno je najaviti STU i od njega dobiti suglasnost za iste.

**DIJAGRAM TOKA POPRAVKA PLINOVODA DN 500/50  
IVANIĆ-KUTINA**

**RAZMJJEŠTAJ EKIPA NA LOKACIJE:**

PČ Ivanić, BIS Križ, priključak za MRS Novoselec,  
PČ Ludina, BIS Kozarac i PČ Kutina

**PREKID TRANSPORTA PLINA**

- zatvaranje slavine na OPČS Ivanić i smanjivanje tlaka u plinovodu do vrijednosti od 16 bar. Navedeno smanjivanje će se obaviti preko MRS Kutina I

**PREKID ISPORUKE**

- zatvaranjem ulaznih požarnih slavina na MRS Ivanić III i MRS Novoselec, stvaranje tampon zone na MRS Popovača nova, PČ Ludina, isporuka plina preko MRS Sisak i MRS Kutuna II plinovodom DN 100 Lipovljani-Popovača

**RASTEREĆENJE TLAKA PLINA**

- PČ Ivanić, BIS Križ, priključak za MRS Novoselec, BIS Kozarac, BIS Gračenica i MRČ Kutina – otvaranjem ispuhivača – praznimo plinovod DN 500 Ivanić-Kutina

**SPAJANJE AGREGATA S DUŠIKOM**

- OČS Ivanić DN 500 – interizacija instalacija do MRČ Kutina

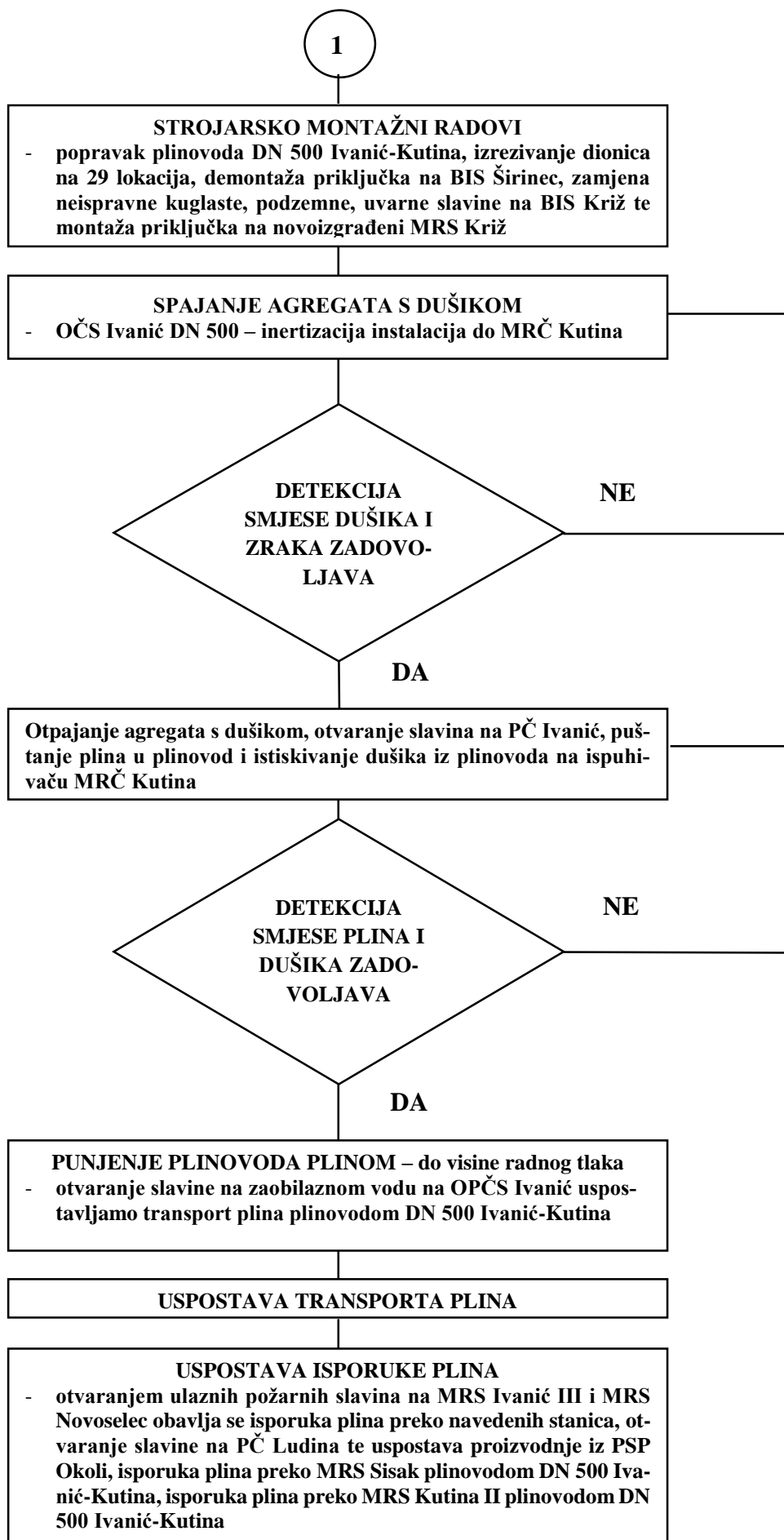
**DETEKCIJA  
SMJESE DUŠIKA I  
PLINA ZADOVO-  
LJAVA**

**NE**

**DA**

Ispuhivač na MRČ Kutina zatvoriti te detekcija prisutnosti eksplozivne smjese plina i zraka – ručno bušenje kolektora

**1**



Slika 9.7 Dijagram toka popravka plinovoda DN 500/50 Ivanić-Kutina [33]

### 9.3. Prekid transporta plina plinovodom DN 500/50 Ivanić Grad – Kutina

Unutar ovog poglavlja završnog rada cilj je kronološki prikazati planiranje aktivnosti koje je potrebno obaviti prilikom obustave i ponovne uspostave transporta plina plinovodom DN 500/50 Ivanić – Kutina u svrhu osiguravanja kvalitete plinovoda (izrezivanje dionica) na 29 lokacija određenih prema rezultatima *in-line* inspekcije. Također će biti obrađene i upute za rad na siguran način. Tijekom izvođenja spomenutih radova izvršit će se i zamjena neispravne kuglaste, uvarne, podzemne slavine DN 500 na BIS Križ, demontirati (izrezati) priključak DN 150 iz plinovoda DN 500 Ivanić – Kutina u mjestu Širinec te obaviti radove spajanja novoizgrađene stanice MRS Križ na predmetni plinovod.

Svi predmetni radovi obaviti će se sukladno zakonskoj regulativi, projektnoj dokumentaciji i uputama. Ovim kronološkim prikazom definiraju se radovi, način izvođenja i vremenski slijed svake operacije te sredstva i djelatnici koji su potrebni da bi se omogućilo izvođaču obavljanje radova na siguran način. U navedene radove se ubrajaju zatvaranje zapornih uređaja, rasterećenje (ispuhivanje plina) dionica plinovoda, radovi na inertizaciji dušikom prije i poslije radova s otvorenim plamenom, otvaranje zapornih organa, punjenje plinovoda plinom do visine radnog tlaka te uspostavljanje transporta plina navedenom dionicom. Za vrijeme izvođenja radova potrebna je stalna kontrola prisutnog medija – plina te stručni nadzor nad izvoditeljem prilikom obavljanja predmetnih radova.

Radovi koji se definiraju ovim elaboratom mogu se obavljati tek nakon dobivanja odobrenja za ulazak u krug i izvođenje radova te odobrenja za radove rezanja, zavarivanja, lemljenja i srodnih tehnika rada od voditelja radova tvrtke PLINACRO d.o.o. (ili njegovog zamjenika), a koje je imenovao direktor Sektora transporta plina.

Odgovorna osoba (voditelj radova) će izdati odobrenje za početak izvođenja radova tek nakon što se uvjeri u postojanje dokumentacije kojom se potvrđuje da su svi prethodni radovi izvedeni u skladu s projektnom dokumentacijom, zakonskom regulativom, internim pravilima i pravilnicima tvrtke Plinacro d.o.o, da su provedena sva potrebna ispitivanja (radiografska kontrola zavara, tlačna proba, ispitivanje kvalitete izolacije...) i da postoje pisani dokazi o njima, da su osigurani svi materijalni uvjeti za izvođenje radova (oprema, uređaji, alat, materijal...) te da je prisutan dovoljan broj adekvatno osposobljenih djelatnika. Tijekom izvođenja radova biti će prisutno vatrogasno osiguranje koje će obavljati dobrovoljna vatrogasna društva: DVD Popovača i DVD Deanovec.

### **9.3.1. Postupak izvođenja radova**

Iz razloga što kraćeg prekida transporta plina plinovodom DN 500/50 Ivanić – Kutina te prekida isporuke plina preko MRS Ivanić III, MRS Novoselec i proizvodnje iz PSP Okoli, radove je potrebno obaviti u što kraćem vremenskom intervalu. Iz tog će se razloga radovi obavljati kontinuirano od početka do završetka, bez obzira na radno vrijeme i doba dana.

Sve radove (pripremu sustava, demontažu i montažu opreme te spajanje instalacija, pribavljanje dokaza o kvaliteti izvedenih radova, izoliranje instalacija te puštanje u rad sustava) potrebno je obaviti u predviđenom vremenu trajanja radova i prekida transporta plina od 48 sati. Tijekom razdoblja prekida transporta plina navedenim plinovodom, isporuka plina za potrošače preko MRS Sisak obavljati će se preko plinovoda DN 100/50 Lipovljani – Popovača preko kojeg će se održavati tlak od 30 bara te će se preko istog obavljati isporuka plina preko MRS Kutina II, MRS Popovača i MRS Lipovica. Svi strojarsko-montažni radovi izrezivanja i uklapanja moraju biti gotovi unutar 24 sata.



**Slika 9.8 Priprema za ugradnju [33]**

### **9.3.2. Opis radova**

Pripremni radovi na plinovodu obuhvaćaju prekid transporta plina, potrošnju akumulacije plina, prekid isporuke plina preko MRS Ivanić III, MRS Novoselec i prekid proizvodnje iz PSP-a Okoli, pražnjenje plinovoda na atmosferski tlak te inertizaciju navedenog plinovoda. Nakon pražnjenja i inertizacije plinovoda pristupa se radovima popravka na 29 lokacija, zamjeni neispravne kuglaste, uvarne, podzemne slavine DN 500 na BIS Križ, demontaži priključka DN 150 iz plinovoda DN 500 Ivanić – Kutina u mjestu Širinec te priključenje novoizgrađene stanice MRS Križ na predmetni plinovod. Nakon uspješno obavljenih strojarsko-montažnih radova pristupa se ponovnoj inertizaciji, uspostavi transporta plina plinovodom DN 500/50 Ivanić – Kutina te isporuci plina preko MRS Ivanić III, MRS Novoselec i proizvodnji iz PSP Okoli.

### **9.3.3. Sposobnost izvoditelja radova za izvršenje radova**

Odabir izvoditelja radova predstavlja važan korak u osiguravanju kvalitete. Ukoliko izvoditelj radova ima dovoljno iskustva iz sličnih poslova te posjeduje potrebnu opremu i educirane radnike, za očekivati je da će takav izvoditelj radova biti kvalitetan partner investitoru tokom realizacije projekta.

U svrhu dokazivanja sposobnosti za izvršenjem ugovora, ponuditelji izvršenja radova moraju dostaviti popis do sada izvršenih ugovora i potvrde naručitelja tih ugovora o uredno izvršenim uslugama, ali samo onima koji su vezani uz predmet nabave ili slično.

Također trebaju dostaviti dokaze o raspolaganju strojevima, opremom i radnom snagom u obujmu koji je neophodan za uspješno izvršenje usluge:

- Agregat za zavarivanje (30 kom.), bager (20 kom.), pumpe za vodu (15 kom.), dizalica (10 kom.), cjevopolagač (10 kom.) savijačica cijevi do 20" (1 kom.);
- Minimalno 40 atestiranih zavarivača, 30 cjevvara, 20 bagerista, 10 dizaličara, 30 pomoćnih građevinska radnika;
- Uvjerenje o podobnosti za izvođenje zavarivanja u skladu s HRN EN ISO 3834-2 izdanu od za to ovlaštene institucije - za glavnog izvođača zavarivačkih radova;
- Broj zavarivača i važeće ateste (prema HRN 287-1:1999, API RP 1107) istih koje namjerava angažirati za sučeone spojeve na cijevima 4"-20" za osnovni materijal prema API 5L grade B;
- Dokaz o certificiranom postupku zavarivanja X52 na X70 materijal. Prije postupka zavarivanja materijala X52 na X70 ponuditelj je dužan dostaviti tehnologiju zavarivanja na uvid naručitelju;
- Certifikat osoblja obučenog za radiografsku kontrolu (min. Level 2) (radiografsku kontrolu zavara izvesti prema HRN EN 1435:2000 U KLASI B);
- Važeće Specifikacije postupaka zavarivanja i ateste postupaka za cijevi promjera 4"-20" i atesti istih prema HRN ISO 15 614-1;
- Izjavu o spremnosti izvođenja Atesta postupka zavarivanja prema HRN EN 288-9 na gradilištu, prije početka zavarivanja pred predstavnikom investitora (nadzora);
- Dokaz o Voditelju zavarivačkih radova IWE s minimalno dvije godine radnog iskustva - 2 djelatnika;
- Dokaz o Voditelju zavarivačkih radova IWT s minimalno dvije godine radnog iskustva - 3 djelatnika;

- Izjavu o mogućnosti ispunjenja zahtjeva navedenih u HRN EN 12 732-2001 (Plinski opskrbeni sustavi - Zavarivanje čeličnih cijevi - Funkcionalni zahtjevi);
- Izjavu o mogućnosti izvršenja usluge u vremenu prekida isporuke plina u trajanju od oko 24 sata. U ovo vrijeme je uračunata i RX kontrola zavara i eventualni popravci zavara;
- Izjavu o mogućnosti razvijanja radiograma i izdavanja izvješća o radiografskoj kontroli na mjestu snimanja zavara korištenjem mobilnog laboratorija;
- Izjavu o broju osposobljenih radnika koje namjerava koristiti na izvođenju specificirane usluge;
- Ponuditelj mora dokazati da je ovlašten (licenciran) za izvođenje određenih radova na svim građevinama, skupina H, odnosno da ima odgovarajuću izdanu licencu sukladno Zakonu o gradnji (NN 175/03 i 100/04), a prema uvjetima izjednačavanja iz čl.152 Zakona o arhitektonskim i inženjerskim poslovima i djelatnostima u prostornom uređenju i gradnji (NN 152/08);
- Dokaz o raspolaganju certificiranog Holliday detektora uređaja za ispitivanje kvalitete izolacije - 2 kom;
- Dokaz o osposobljenosti rukovatelja Holliday detektorom - 2 djelatnika.



**Slika 9.9** Punjenje iskopanih rovova vodom zaostalom u okolnom tlu nakon višednevnih kišnih dana [33]

### 9.3.3.1. Razmještaj ekipa na lokacije

Popisi i rasporedi ekipa nalaze se u projektnoj dokumentaciji. Sve ekipe moraju biti adekvatno opremljene odgovarajućim alatom, opremom, detektorima plina (minimalno 6 detektora), vozilima (minimalno 25 vozila), sredstvima veze (minimalno 25 mobilna telefona) te osobnim zaštitnim sredstvima. O opremljenosti ekipa brinu odgovorne osobe.



Slika 9.10 Polaganje cijevi [33]

Po dolasku na lokacije, ekipe trebaju najprije uspostaviti komunikaciju između sebe te komunikaciju s poslovođama i voditeljem radova. Točne radnje pojedinih ekipa s imenima radnika opisane su u projektnoj dokumentaciji.

### 9.3.3.2. Prekid transporta plina

Da bismo sustav pripremili za obavljanje radova na siguran način, potrebno je prekinuti transport plina plinovodom DN 500/50 Ivanić – Kutina. S ciljem da što manju količinu plina ispustimo u atmosferu, plinovod DN 500/50 Ivanić – Kutina zatvoriti ćemo na PČ Ivanić, a snižavanje tlaka u plinovodu obaviti će se potrošnjom plina preko MRS Kutina 1. Prije početka pražnjenja plinovoda potrebno je prekinuti transport plina predmetnim plinovodom i to redom po objektima:  
PČ Ivanić: zatvaramo slavine br. 37 i 39 te na OČS DN 500 zatvaramo bočnu LBC slavinu br. 1 te slavine br. 2, 3, 6, 11, 12 i 17 (slavine 15, 16 i 18 su otvorene – tampon zona).



Priključak MRS Ivanić III – zatvaramo slavinu br. 1 i ulaznu protupožarnu slavinu na MRS Ivanić III (između je tampon zona).

Priključak za MRS Novoselec – zatvaramo slavinu 2, otvaramo slavine 3 i 4.

PČ Ludina: zatvaramo slavine 8 i 9 ( između njih je tampon zona).

PČ Kozarac: zatvaramo slavinu br. 6 i LBC slavinu br. 1 (između njih je tampon zona).

BIS Kozarac: zatvaramo sekcijisku slavinu.

MRČ Kutina: zatvaramo LBC slavinu br. 12 te zatvaramo slavine 29 i 30 prije češlja (između njih je tampon zona), napomena: provjeriti da li su zatvorene slavine 56 i 57 (na RK).

Također je potrebno na MRS Popovača-nova napraviti tampon zonu od spoja s plinovodom DN 500 Ivanić – Kutina do ulazne požarne slavine, isporuku plina preko MRS Kutina II osigurati preko plinovoda DN 100 Lipovljani – Popovača te napraviti tampon zonu od spoja s plinovodom DN 500 Ivanić – Kutina.

Plinovod praznimo preko ispuhivača na OPČS Ivanić, BIS Križ, na priključku za Novoselec, BIS Kozarac, BIS Gračenica i MRČ Kutina.

#### *9.3.3.3. Inertizacija instalacija dušikom*

Nakon rasterećenja tlaka potrebno je pristupiti inertizaciji plinovoda DN 500 Ivanić – Kutina. Dva agregata s dušikom priključiti će se preko slavine br. 6 DN 50 (2“) na OČS Ivanić, a prirodni plin zajedno s dušikom ispuhivati preko ispuhivača na MRČ Kutina. Nakon što detekcija pokaže da u izlaznoj struji nema prirodnog plina treba zatvoriti ispuhivač. Za inertizaciju predmetnog plinovoda potrebno nam je 36 m<sup>3</sup> dušika (u tri izmjene, tj. 12 m<sup>3</sup> po izmjeni). Detekcija se obavlja uređajima Draeger na ispuhivačima, a detektira se volumni udio metana.

#### *9.3.3.4. Strojarsko-montažni radovi*

Nakon uspješno obavljene inertizacije, u pripremljenim montažnim jamama se na cijevi na kojoj se radi izbuši rupa promjera 6-10 mm ručnom bušilicom te se iznad nje provjeri sastav smjese plinova u instalaciji. U slučaju da nema prisustva prirodnog plina, voditelj radova izdat će odobrenje za radove s otvorenim plamenom. Na lokacijama 1, 29 i na BIS Križ obaviti će se bušenje rupe ručnom bušilicom i provjera smjese plinova. Tijekom strojarsko-montažnih radova potrebno je kontinuirano vršiti mjerenja prisutnih medija u montažnoj jami. Trajanje ove operacije je 24 sata.

### *9.3.3.5. Inertizacija instalacija dušikom*

Nakon obavljenih strojarsko-montažnih radova i dobivenih pozitivnih rezultata obavljenih radova, voditelj radova će odobriti inertizaciju plinovoda u cilju eliminacije zraka iz instalacija, koji je ušao u njih za vrijeme obavljanja radova. Dva agregata s dušikom priključiti će se preko slavine br. 6 DN 50 (2<sup>o</sup>) na OČS Ivanić, a prirodni plin zajedno s dušikom ispuhivati preko ispuhivača na MRČ Kutina. Također je potrebno inertizirati priključni plinovod i stanicu MRS Križ. Nakon što detekcija pokaže da u izlaznoj struji nema zraka treba zatvoriti ispuhivač. Za inertizaciju spomenute dionice plinovoda potrebno nam je 36 m<sup>3</sup> dušika. Zrak se obavezno mora ispuhati iz instalacija prije puštanja plina u njih radi izbjegavanja stvaranja eksplozivne smjese plina i zraka te sprečavanja nastanka eksplozije.

### *9.3.3.6. Punjenje instalacija plinom*

Nakon uspješno obavljene inertizacije, odnosno istiskivanja zraka dušikom iz dionica plinovoda, potrebno je pristupiti istiskivanju dušika iz instalacija plinom i punjenju dionica plinovoda. Prije puštanja plina u plinovod DN 500 Ivanić – Kutina potrebno je otvoriti slavine 37 i 39 na PČ Ivanić te zatvoriti slavine 15, 16 i 18 na OČS DN 500 Ivanić te plin puštati u plinovod preko zaobilaznog voda LBC slavine br. 1 na OČS DN 500 Ivanić. Plin pred sobom istiskuje dušik koji izlazi u atmosferu na ispuhivaču na MRČ Kutina. Nakon što mjerenje sastava izlazne smjese plinova na ispuhivaču MRČ Kutina pokaže 96 % metana, zatvaramo ispuhivač. Time je plinovod spreman za punjenje plinom do vrijednosti radnog tlaka sustava, a koji će početi po dobivanju odobrenja iz STU NDC Zagreb.

### *9.3.3.7. Punjenje plinovoda plinom*

Nakon dobivanja odobrenja iz STU NDC Zagreb te nakon procjene voditelja radova Plinacro d.o.o. da se isto može obaviti, pristupit će se punjenju plinovoda plinom.

Plin se u plinovod DN 500 Ivanić – Kutina pušta postepenim otvaranjem slavina broj 37 i 39 na PČ Ivanić te preko zaobilaznog voda LBC slavine br.1. Nakon postizanja vrijednosti radnoga tlaka plinovoda potrebno je uspostaviti isporuku plina preko MRS Ivanić III, MRS Novoselec i proizvodnju iz PSP-a Okoli.

Također prije puštanja u rad MRS Ivanić III i MRS Novoselec potrebno je ozračiti stanice i priključne plinovode, ozračiti PČ Ludina priključni plinovod, ozračiti od BIS Kozarac do PČ Kozarac, ozračiti MRS Popovača-nova te ozračiti priključak za MRS Kutina II.

#### **9.3.4. Rad na siguran način**

U tijeku izvođenja radova postoje mogući predvidljivi izvori opasnosti koji će biti definirani u „Odobrenju za izvođenje radova zavarivanja i/ili ostalih radova u ugroženom prostoru“ i dani prijedlozi odgovarajućih rješenja. Također, postoji kategorija mogućih izvora opasnosti koji se nisu mogli predvidjeti, a pojavljuju se ili nastaju nepredviđeno, u određenim nepredviđenim okolnostima ili kao rezultat djelovanja više sile.

Mogući predvidivi izvori opasnosti:

- Opasnost pri obavljanju poslova demontaže i montaže dizalicom;
- Obavljanje poslova rezanja i varenja u zonama opasnosti od požara i eksplozije;
- Opasnost od mehaničkih povreda;
- Opasnost obavljanja poslova na visini;
- Opasnost od padova i pokliznuća.

Izvoditelj radova koji obavlja strojarske (montažna/demontaža) radove te koji obavlja građevinske radove ili bilo koje druge radove i usluge na ugovorenom poslu dužan je po dolasku na radilište urediti svoje mjesto rada – radilište i organizirati izvođenje radova. Voditelj radova i svi zaposlenici izvoditelja radova, koji rade, koji se kreću ili se nalaze u krugu moraju biti upoznati s opasnostima na poslovima koje obavljaju, mjerama sigurnosti koji proizlaze iz karakteristika procesa i postrojenja te moraju biti osposobljeni za te poslove.

Za sve radove se izdaje „Odobrenje za izvođenje radova zavarivanja i/ili ostalih radova u ugroženom prostoru“, a izdaje ga odgovorna osoba (voditelj radova) Plinacro d.o.o. Regije središnja Hrvatska.

Prije početka obavljanja gore navedenih radova, odgovorna osoba izvoditelja dužna je upoznati radnike na moguće opasnosti tijekom obavljanja poslova.

Posebnu brigu voditi o potrebnim kontrolnim mjerenjima – detekciji prisutnosti eksplozivne smjese na mjestima rada. Mjerenje izvršiti prije svakog početka upotrebe iskrećeg alata ili aparata

za rezanje te dalje po potrebi, što će biti definirano u Odobrenju za izvođenje radova. O istome voditi evidenciju koja se čuva do kraja izvođenja radova.

Radni prostor, pristupni putovi i prolazi moraju uvijek biti prohodni bez nepotrebnog materijala, nepotrebne opreme i svih ostalih predmeta koji nisu potrebni prilikom izvođenja radova. Manipulativni prostor rada dizalice mora biti pregledan i u vidnom polju rukovatelja stroja i poslužitelja zbog što sigurnijeg manipuliranja teretima, a u cilju sprječavanja povreda, prignječenja i priklještena te označen propisanim znakovima.

Svi alati, oprema i uređaji koji se koriste moraju biti potpuno ispravni, prekontrolirani prije početka upotrebe i kontrolirani u tijeku izvođenja radova. Potrebno je osigurati sva potrebna zaštitna sredstva i opremu.

Po potrebi treba postaviti znakove s oznakama opasnosti, zabrane, upozorenja i izvršiti ograđivanje mjesta iskopa zbog mogućih padova. Korištenje osobnih zaštitnih sredstava i opreme je obavezno. Svi dijelovi radilišta moraju biti čisti, a radni prostor, pristupni putovi i prolazi moraju prohodni. Prijelaz preko plinovoda, iskopa i ostalih dijelova moraju biti izvedeni na način da je djelatnicima omogućen siguran prolaz i kretanje. Za vrijeme noćnog rada, ako je zbog potrebe posla neophodan, mora se osigurati rasvjeta koja omogućava nesmetani rad. Jakost rasvjete potrebno izmjeriti prije početka rada, a minimalna potrebna jakost je 20 lux-a.



**Slika 9.11** Skidanje izolacije i čišćenje cijevi [33]

### **9.3.5. Zaštita od požara**

S obzirom na vrstu i specifičnost ugovorenih poslova, kao mogući izvor opasnosti možemo navesti još i opasnosti uzrokovane:

- el. lukom;
- atmosferskim pražnjenjem;
- prekomjernim zagrijavanjem opreme;
- havarijama ili propuštanjem na opremi;
- upotrebom neodgovarajućeg alata;
- nepravilnim postupcima prilikom zavarivanja i rezanja.

Na osnovama opisanih mogućih izvora opasnosti te uzimajući u obzir da za vrijeme izvođenja radova ostaju u radu, mora se osigurati sljedeće:

- Prema potrebi kontinuirano dežurstvo vatrogasaca ili više njih, za složenije zahvate, što se propisuje dnevnim odobrenjem za rad;
- Pored postojećih vatrogasnih aparata za gašenje požara osigurati još minimalno 2 kom S-9 i 1 kom S-100 aparata koji se postavljaju na mjesto izvođenja radova, a isto se propisuje odobrenjem.

### **9.3.6. Nadzor**

Osnova za provođenje stručnog nadzora u tijeku izvođenja radova su:

- zakonski propisi i interni pravilnici;
- rješenje o imenovanju voditelja radova od izvoditelja i naručitelja;
- projektna dokumentacija;
- zahtjev za izdavanje odobrenja za izvođenje radova zavarivanja i/ili ostalih radova.

Nadzor će provoditi rukovodno – tehničko osoblje Plinacro d.o.o. Regije Sred. Hrvatska, nadzor strojarsko-montažnih radova i radova zavarivanja obavljaju tvrtke DOMEKO d.o.o. i BRODARSKI INSTITUT d.o.o., stručna osoba za preventivne poslove zaštite od požara, predstavnik izvođača radova, vatrogasci, sukladno gore navedenim propisima, a prema svojoj nadležnosti.

U skladu sagore navedenim izdat će se dnevno Odobrenje za izvođenje radova s imenima odgovorno-nadzornog osoblja koje će ovjeriti upravitelj Regije Sred. Hrvatska, odnosno po njemu ovlaštena osoba. Voditelji radova naručitelja i izvođača dužni su napisati Završni izvještaj o obavljenim radovima.

#### 9.4. Obveze naručitelja i izvođača radova

Sve radove će izvoditi, sukladno tehničkoj dokumentaciji i Elaboratu, tvrtka „MONTER strojar-ske-montaže d.d.“ Zagreb. Izvođač radova izdavanjem rješenja i imenovanjem odgovorne osobe i voditelja radova daje garanciju da će u potpunosti provoditi mjere zaštite iz Elaborata projektne dokumentacije te da će posebnu pažnju posvetiti:

- poslovima s posebnim uvjetima rada;
- upotrebi sredstava za rad i osobnih zaštitnih sredstava i opreme;
- upotrebi oruđa i sredstva za siguran rad u zonama opasnosti od požara i eksplozije;
- uvjetima radne okoline;
- evakuaciji i spašavanju radnika;
- osiguranju pružanja prve pomoći i medicinske pomoći;
- zaštiti okoliša, voda i postupanju s otpadom.

U slučaju da dođe do promjena u postupku izvođenja radova ili ugovaranja dodatnih radova, Elaborat treba dopuniti s jasno naznačenim promjenama koje će odobriti odgovorna osoba naručitelja. Elaborat mora biti dostavljen rukovodno-nadzornom osoblju izvođača i naručitelja radova kao i nadležnim inspekcijama po njihovom zahtjevu.

Prije početka izvođenja radova obavezno je ispuniti obrasce „Zahtjev za izdavanje odobrenja za izvođenje radova zavarivanja i/ili ostalih radova u ugroženom prostoru“ i „Odobrenje za izvođenje radova zavarivanja i/ili ostalih radova u ugroženom prostoru“. U tijeku izvođenja radova odgovorna osoba u Regiji će na zahtjev izvođača radova dati i sve druge tehnološke podatke o lokaciji izvođenja radova, a naročito kada je u pitanju sigurnost i zaštita ljudi i objekta.

Izvođač radova treba jedan primjerak Elaborata imati na gradilištu i pridržavati se obveza iz njega, kao i svog terminskog plana te postupati i provoditi mjere zaštite po definiranim izvorima opasnosti.

Kod radova s otvorenim plamenom, prvo mjerenje prisutnosti zapaljivih plinova i moguće pojave eksplozivne smjese u zoni opasnosti obaviti će radnik tvrtke Plinacro d.o.o. Regija transporta plina Središnja Hrvatska ili dežurni vatrogasac, a po dnevnoj dinamici propisanoj u odobrenju za rad otvorenim plamenom. Prije samog rada s otvorenim plamenom, mjerenje prisutnosti navedenih smjesa obavlja izvođač radova. Dobiveni podaci upisivati će se u posebne obrasce o detekciji.

Ukoliko voditelj radova naručitelja utvrdi da izvođač radova ne provodi mjere zaštite prema zakonskoj regulativi odnosno Elaboratu ili na bilo koji drugi način svojim postupcima ugrozi sigurnost ljudi i objekta, naručitelj ima pravo zatražiti obustavu svih daljnjih radova.

Cijeli prostor izvođenja radnih operacija treba biti propisno označen i osiguran. Prema preostalom djelu postrojenja koje je u radu potrebno je postaviti vidljive znakove sigurnosti. U tom smislu treba postaviti propisane znakove sigurnosti s oznakama opasnosti, zabrane, obavijesti, (nezaposlenim pristup zabranjen, zabranjeno unošenje otvorenog plamena, zabranjeno pušenje, obavezno korištenje iskrolovca, itd.).

Osim gore navedenih znakova, po potrebi treba koristiti obojene trake – vrpce na mjestu izvođenja radova.

S obzirom na karakteristike poslova posebnu pažnju treba posvetiti označavanju i osiguravanju naftnih i plinskih vodova pod tlakom te koristiti znakove sigurnosti (pod tlakom, ne otvaraj, itd.). Dovođenje opreme i sredstava rada do mjesta izvođenja radova mora se odvijati po definiranom smjeru kretanja. Svi djelatnici izvođača radova mogu se isključivo kretati po označenom prostoru.

Osiguravanje radilišta će organizirati, provoditi i nadzirati odgovorna osoba izvoditelja radova i voditelj radova u Plinacro d.o.o. Regija Sred. Hrvatska, a svaki djelatnik u djelokrugu svog radnog prostora i svojih radnih zadataka.

Po odlasku s radilišta, nakon završetka jednodnevnog rada, mjesto izvođenja radova treba ostaviti u takvom stanju da ne ugrožava postojeći objekt i zaposlenike koji ostaju na objektu u normalnom radnom procesu (ograđivanje, sprječavanje padova i upadanja u iskopani rov). Radilište i mjesto izvođenja radova se na kraju radnog dana pregledava od strane odgovornih osoba izvoditelja i naručitelja o čemu se napravi zabilješka u knjizi dnevnih izvještaja.

Iz opisa radova vidljivo je o kakvim se poslovima i specifičnostima radi. Svi strojevi, uređaji i osobna zaštitna sredstva u vlasništvu izvoditelja moraju biti pregledana, korištena i održavana u skladu sa Zakonom o zaštiti na radu i sukladno Pravilniku o ispitivanju radnog okoliša te strojeva i uređaja s povećanim opasnostima. Dokazi o ispravnosti sredstva rada s pripadajućim certifikatima o ispitivanju, moraju biti na mjestu izvođenja radova, odnosno dostupni nadzoru, imenovanom od strane naručitelja i PLINACRO d.o.o.

U slučaju oštećenja – kvara na strojevima i uređajima, radove po potrebi treba obustaviti, a sredstva rada popraviti u ovlaštenoj radionici ili zamijeniti novim, ispravnim uz davanje na uvid potvrdu o ispravnosti.

Odgovorna osoba izvođača radova na privremenom radilištu dužna je prije početka izvođenja radova upoznati sve djelatnike sa strojevima i uređajima koja će se koristiti, načinom korištenja i izvorima opasnosti.

## **9.5. Tehnologija zavarivanja**

Ova tehnologija se odnosi na zavarivanje prilikom sanacije plinovoda DN 500 Ivanić Grad - Kutina te DN 500 Kutina- Popovac.

Osnovni materijal plinovoda je oznake API 5L X52 i API 5L X70. Svi materijali koji se ugrađuju moraju imati valjane ateste prema EN 10 204 3.1., a svaka cijev i ugradbeni element moraju biti sljedivi. Na nacrtu ili na posebnom formularu treba biti upisan broj šarže i broj certifikata.

### **9.5.1. Postupci zavarivanja**

Na ovom projektu, za zavarivanje cijevi opreme, primjenjivati će se sljedeći postupci zavarivanja:

- 111 REL - Ručno elektrolučno zavarivanje obloženim elektrodama;
- 141 TIG - Zavarivanje netaljivom elektrodom u zaštitnoj atmosferi inertnih plinova.

Svi postupci zavarivanja provode se prema potvrđenim specifikacijama zavarivanja (WPS) koje moraju biti atestirane i potvrđene atestom postupka (PQR).

### **9.5.2. Dodatni materijali**

Dodatni materijali za zavarivanja moraju odgovarati određenom standardu (HRN EN ili A-SME/AWS) i imati valjani certifikat. Certifikat dodatnog materijala se na kraju predaje kao dio završne dokumentacije. Izbor dodatnog materijala vrši se prema svojstvima osnovnog materijala eksploatacije. Uvjetima izabrani dodatni materijali navedeni su u specifikacijama zavarivanja (WPS) i atestima postupka zavarivanja (PQR). Promjenu dodatnog materijala može odobriti jedino osoba odgovorna za zavarivačke radove uz suglasnost nadzornog inženjera.

Dodatni materijali moraju biti uskladišteni u originalnom pakovanju, u suhom prostoru, gdje je uvijek unutarnja temperatura viša od vanjske temperature kako ne bi dolazilo do rošenja. Zaštitni plinovi moraju odgovarati kemijskom sastavu i čistoći prema EN 439 i u skladu s (WPS) listama



i atestom postupka zavarivanja (PQR). Elektrode s celuloznom oblogom se do trenutka upotrebe drže u originalnom metalnom pakiranju. Žice za TIG zavarivanje se do trenutka upotrebe drže u originalnom pakiranju i ne smiju biti izložene vlazi. Elektrode s oštećenom oblogom ili korodirane elektrode moraju se odbaciti. Osoba zadužena za nadzor zavarivanja zadužena je i za izdavanje i manipulaciju dodatnim materijalima. Količina elektrode koje preuzima zavarivač trebaju biti dovoljne za otprilike četiri sata rada. Nakon toga treba uzeti novu količinu. Po završetku rada, zavarivač mora celulozne elektrode zatvoriti u njihovom metalnom pakiranju i odložiti u suhoj i prozračnoj prostoriji. Žice za zavarivanje TIG postupkom odlažu se u suhom i grijanom prostoru.

### ***9.5.3. Zavarivači***

Zavarivači moraju imati važeći atest u skladu s HRN EN 287-1. Svaki zavarivač mora imati svoju oznaku koju upisuje pored zavara koji je zavario. Prati se kvaliteta svakog zavarivača te zavarivač koji ima previše grešaka odstranjuje se s gradilišta. Odluku o odstranjivanju zavarivača zbog loše kvalitete donosi voditelj zavarivačkih radova odgovoran za zavarivanje na projektu i/ili nadzorni inženjer investitora za zavarivačke radove.

### ***9.5.4. Priprema spojeva za zavarivanje***

Na trasi plinovoda ne dozvoljava se razmak između dva zavara kraći od dva metra, tj. duljina cijevi kraća od dva metra. Na dužini plinovoda od 8 metara duljine ne smije biti više od tri zavarena spoja. Prilikom zavarivanja mora se osigurati dovoljno radnog prostora za zavarivača da se može napraviti kvalitetan zavareni spoj. Na predmontaži, zavarivanje iznad zemlje, treba osigurati minimalno 0,5 m prostora između dna cijevi i zemlje. Kod zavarivanja u rovu potrebno je iskopati radnu jamu za zavarivanje, minimalnih mjera od 0,5 m između dna cijevi i dna jame, minimalnog razmaka od stijenke cijevi do ruba jame 0,6 m te minimalno 1,5 m slobodne duljine jame.

### ***9.5.5. Priprema krajeva***

Priprema krajeva za zavarivanje može se izvoditi strojnom obradom ili toplinskim plinskim rezanjem, tako da površine ostanu ravnomjerne i glatke. Kod plinskog rezanja potrebno je brušenjem ukloniti oksidni sloj minimalno 2 mm. Krajevi cijevi neposredno prije zavarivanja moraju biti potpuno suhi i čisti od svih nečistoća (boje, ulja, masti, oksida, zemlje). Rubovi moraju biti metalno čisti najmanje 20 mm od kraja cijevi za unutarnju površinu i ne manje od 50 mm za vanjsku površinu. Rubove treba vizualno pregledati osoba odgovorna za zavarivanje prije sastavljanja u spoj. Spojevi se pripremaju prema određenom WPS-u. U slučaju kad se spajaju cijevi različitih

debljina stijenki, deblju je stijenku potrebno obraditi tako da se postigne lagani prijelaz debljine. Prijelaz debljina stijenki treba ravnomjerno obraditi tako da nagib prijelaza bude manji ili jednak 15°. Centriranje i podešavanje mjesta zavara na trasi se izvodi pomoću vanjskih centralizera. Centriranje treba izvršiti tako da nema smaknuća krajeva cijevi, odnosno da se eventualna odstupanja jednoliko rasporede po cijelom obodu cijevi. Naprava za centriranje ne smije se skinuti dok nije zavareno 33 % korijenskog sloja. Šavne cijevi s uzdužnim šavom treba pripremiti za zavarivanje tako da šavovi cijevi koje se spajaju budu međusobno razmaknuti za najmanje 100 mm. Uzdužni zavari se moraju nalaziti u gornjoj trećini cijevi. Postojeće zavare treba izbrusiti na nulu u duljini od 50 mm od kraja cijevi i na licu i na korijenu. Zavarivanje pomoćnih naprava, privremenih nosača, centralizera i sl. na cijevi nije dozvoljeno. Pripojne zavare smiju zavarivati samo atestirani zavarivači. Pripojne zavare treba ravnomjerno rasporediti po obodu cijevi i zavariti elektrodama predviđenim za korijenski zavar. Prije pripojnog zavarivanja treba predgrijati spoj na traženu temperaturu. Pripojni zavari će se izbrusiti kako napreduje zavarivanje ili pretaliti zavarivanjem. U slučaju pretaljivanja početak i kraj pripoja moraju se zabrusiti, a pripoj se mora pregledati da u njemu ne bi bilo grešaka.

#### **9.5.6. Predgrijavanje**

Predgrijavanje na temperaturu danu u specifikaciji zavarivanja WPS vrši se propan-butan plinom po obodu cijevi uz zavar u širini od najmanje 100 mm od zavara. Kontrola temperature predgrijavanja vrši se kontaktnim termometrom ili termokredama. Temperaturu predgrijavanja kao i WPS-om propisanu međuslojnu temperaturu treba kontrolirati tijekom zavarivanja i dogrijavati ako je potrebno. Ukoliko je temperatura okoline niža od 0°C, zavarivanje nije dozvoljeno bez izričite dozvole predstavnika investitora - vlasnika. U tom slučaju potrebno je poduzeti posebne mjere zaštite od vjetrova i atmosferskih prilika (šator za zavarivanje).

#### **9.5.7. Zavarivanje**

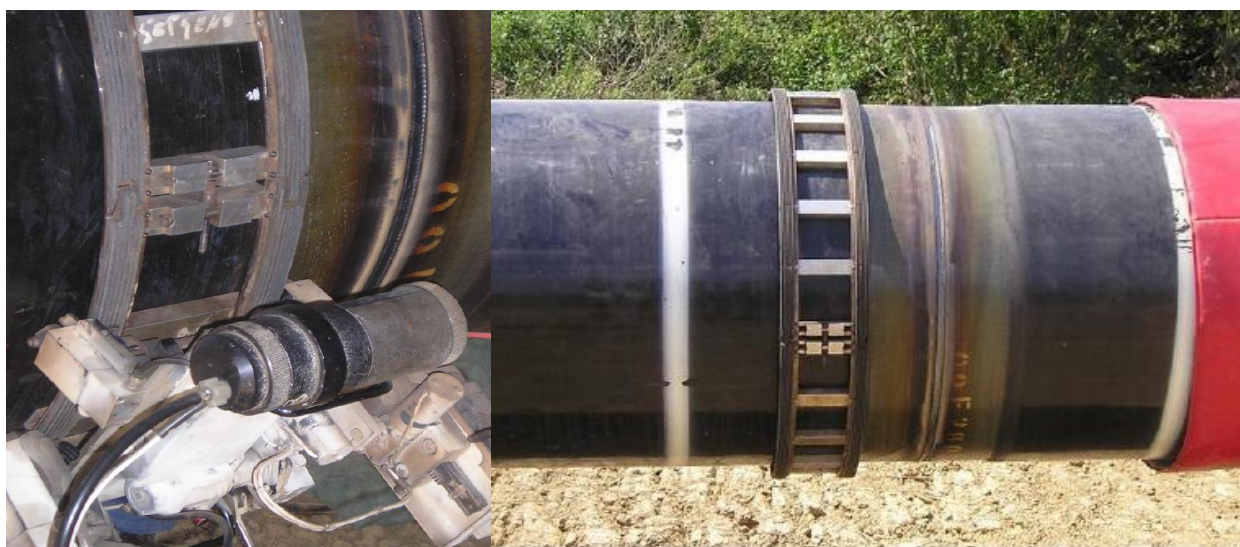
Zavarivanje izvode atestirani zavarivači prema ovjerenom atestu postupka i specifikaciji zavarivanja. Električni luk je dozvoljeno uspostavljati jedino u šavu, a nikako na stijenci cijevi. Zavarivanje na plinovodu izvodi se REL i TIG postupcima.

- Zavarivanje TIG postupkom

Za popravke će se primijeniti TIG postupak. Parametri zavarivanja dani su u WPS listama. Prilikom zavarivanja TIG postupkom potrebno je posebnu pažnju obratiti na zaštitu spoja i na nepovoljan utjecaj vjetrova i propuha.

- Zavarivanje REL postupkom elektrodama sa celuloznom oblogom

Nakon pripreme spoja i pripojnog zavarivanja zavaruje se korijen. Parametri zavarivanja propisani su u WPS-u. Nakon završenog korijenskog prolaza zavar se čisti i brusi, vizualno kontrolira te se isprave otkrivene greške, provjerava se temperatura, ako je potrebno dogrijava i zavaruje vrući prolaz. Vrući prolaz treba zavariti neposredno nakon korijena, najkasnije 3 do 5 minuta nakon korijena, za to vrijeme se cijev ne smije okretati, pomicati ili opterećivati na bilo koji način. Zavarivanje vrućeg prolaza vrši se odozgo prema dolje s elektrodom na plus polu s parametrima definiranim u WPS-u. Nakon vrućeg prolaza zavar se čisti roto-četkama i zavaruje se nekoliko prolaza popune, zavisno o debljini stijenke. Pritom izbor promjera elektrode ovisi o debljini stijenke. Nakon svakog prolaza vrši se čišćenje žičanim četkama, prati temperatura i dogrijava ako je potrebno. Zavareni spoj općenito treba zavariti u jednom toplinskom ciklusu sa što manje prekidanja i hlađenja. Ako i dođe do zastoja ili prekida u zavarivanju, prije nastavka zavarivanja potrebno je cijeli zavar zagrijati na propisanu temperaturu predgrijavanja. Početke i krajeve zavara potrebno je pomaknuti kako se ne bi poklapali s istima iz prethodnih slojeva. Svi priključci za uzemljenje moraju biti sigurno i čvrsto priključeni da bi se izbjeglo iskrenje. Zavarivanje priključaka za masu na cijev nije dozvoljeno. Zavarivanje se ne smije prekinuti dok zavar nije završen.



**Slika 9.12** Zavareni spoj i vidljive zone utjecaja topline [46]

### **9.5.8. Označavanje**

Nakon završetka svakog spoja, zavarivač mora upisati svoju oznaku pored zavara. Oznake zavarivača treba zaokružiti kako bi se razlikovale od oznaka zavara na liniji. Poslovođa zavarivača ili

osoba odgovorna za zavarivanje treba zavaru dati oznaku pored zavara i u dokumentaciji. Ta oznaka mora bit prenesena i na RX film i u dnevnik zavarivanja, kao oznake zavarivača. Označavanje zavara potrebno je izvršiti prije početka zavarivanja.

#### **9.5.9. Popravci**

Popravci zavara izvode se prema posebnoj specifikaciji WPS. Grešku je prvo potrebno izbrusiti i u potpunosti ukloniti. Od dubine greške ovisi način popravljanja (vidi WPS za popravak). Prije početka zavarivanja potrebno je cijeli zavar zagrijati na propisanu temperaturu predgrijavanja. Ukoliko više od 20 % duljine ukupnog zavara ne zadovoljava kriterije kvalitete, kompletan zavar potrebno je izrezati, cijevi obraditi i ponovno zavariti.

#### **9.5.10. Zavarivački dnevnik**

Tijekom zavarivačkih radova mora se voditi zavarivački dnevnik, što je i zakonska obaveza. Dnevnik se vodi u dvije kopije, a potpisuje ga osoba odgovorna za zavarivanje (voditelj zavarivačkih radova) i nadzorni inženjer za zavarivanje. Dnevnik zavarivanja moguće je voditi i na kompjuterskom obrascu.

### **9.6. Kontrola kvalitete**

Svaki zavareni spoj podvrgava se vizualnoj kontroli i RT kontroli 24 sata nakon zavarivanja. Zavarari koji se ne ispituju tlačnom probom (garantni) ispituju se s dvije metode i to RT i MT. Kriterij prihvatljivosti prema HRN EN 12 732 grupa D (tablica G.1 ). Za RT metodu koristiti film 05 uz minimalni preklop 50 mm.

### **9.7. Tehnologija transporta i montaže**

Istovar cijevi vršiti će se pomoću auto-dizalica potrebne nosivosti. Zahvat i nošenje cijevi vršiti će se pomoću traka (gurti) ili s gumiranim kukama u dvije točke. Deponiranje cijevi vršiti će se na unaprijed pripremljene drvene podloge koje će na svojim krajevima imati osigurač u obliku kosine. Da bi zaštitili izolaciju cijevi od mehaničkih oštećenja, na drvene podmetače će se postaviti poliamidno užje.

### ***9.7.1. Transport cijevi na trasu i nizanje po trasi***

Prije izuzimanja cijevi sa skladišta, potrebno je izvršiti vizualnu kontrolu cijevi, a uočena oštećenja treba zapisnički dokumentirati. Cijevi s utvrđenim oštećenjima ne smiju se izuzimati sa skladišta. O daljem postupanju s tim cijevima odlučuje nadzorni inženjer. Transport cijevi vršiti će se traktorskim prikolicama čija konstrukcija osigurava siguran transport cijevi. Razmak između točaka nalijeganja cijevi iznositi će 8 m tako da će cijev s prikolicom biti u dodiru na 2 točke. Da ne bi došlo do oštećenja izolacije prilikom transporta, točke dodira obložene su gumom. Nizanje cijevi vršiti će se pomoću auto dizalice ili dizalice na gusjenicama (cijevopolagač). Zahvat cijevi će se vršiti pomoću traka i to u dvije točke da ne bi došlo do nedozvoljenog progiba cijevi koje se nose. Odlaganje cijevi prilikom nizanja po trasi vršiti će se na drvene podmetače dimenzija 14 x 16 x 80. Krajeve cijevi potrebno je prikladno zatvoriti PVC kapama, kako ne bi došlo do onečišćenja cijevi.

### ***9.7.2. Montaža***

Zahvat cijevi i montaža vršiti će se pomoću traka. Centriranje cijevi prije zavarivanja vršiti će se pomoću vanjskog centralizera cijevi. Nakon zavarivanja cijevi će biti odložene na drvene podmetače. Kako ne bi došlo do rušenja zavarene sekcije s drvenih podmetača, cijevi će biti osigurane kosim drvenim podmetačima (kajlama). Predmontaža cijevi će se vršiti na visini od 500 - 600 mm od donje izvodnice cijevi. Zavarena sekcija će biti zatvorena odgovarajućim kapama (blendama) kako ne bi došlo do neželjenog onečišćenja već zavarene sekcije.

- Tehnologija zavarivanja cijevi opisana je u specifikacijama postupka zavarivanja (WPS).
- Izolacija zavarenih spojeva opisana je u dokumentu Tehnologija izvođenja i kontrole anti-korozivne izolacije podzemnog dijela plinovoda.

### ***9.7.3. Spuštanje zavarenih sekcija u rov***

Spuštanje cjevovoda vršiti će se pomoću cjevopolagača ili druge mehanizacije (npr. bagera, autodizalica, dizalica gusjeničara i sl.) potrebne nosivosti. Da ne bi došlo do nedozvoljenog progiba cijevi prilikom spuštanja cjevovoda, spuštanje će se vršiti pomoću ovješene trake (gurtne), koja će pridržavati cijevi prilikom spuštanja cjevovoda u rov. Potrebno je osigurati mirno podizanje i spuštanje cjevovoda.

## 9.8. Tehnologija tlačne probe

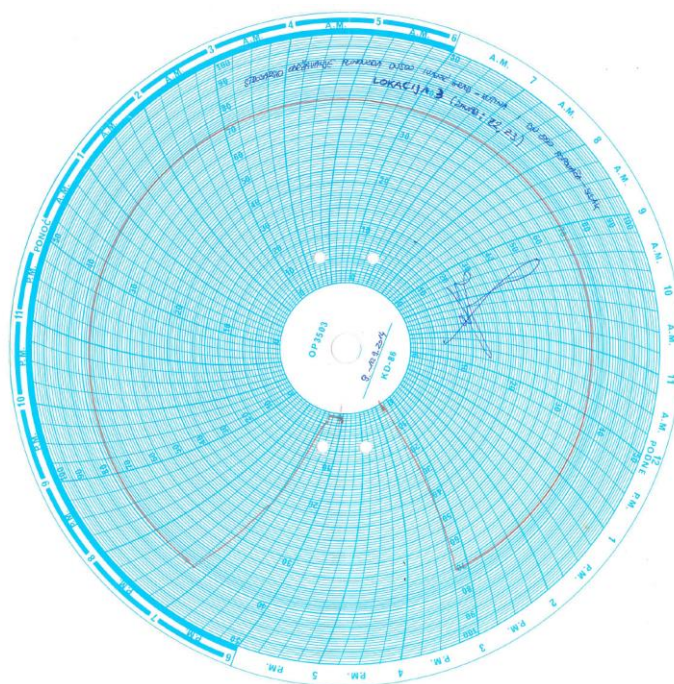
Plinovodi i njegovi sastavni dijelovi prije puštanja u rad moraju se tlačno ispitati u svrhu dokazivanja njihove čvrstoće i nepropusnosti. Minimalni ispitni tlak plinovoda mora biti veći od maksimalnog radnog tlaka i to:

- za pojaseve I i II razreda za 25 %;
- za pojaseve III i IV razreda za 50 %;
- za sve nadzemne objekte na plinovodu za 50 %.

Tlačno ispitivanje plinovoda provest će se vodom kao ispitnim medijem, dok se plinski cjevovodi i oprema u nadzemnim objektima ispituju zrakom. Neispitani spojevi (eventualno spoj između ispitnih dionica) ispituju se 100 % UZV i/ili 100 % RTG metodom.

Tlačno ispitivanje vodom provodi se kod temperature vode i okoliša iznad +4 °C . Ispitivanje se provodi dvokratnim tlačenjem vodom s najmanjim ispitnim tlakom mjerenim na najvišoj točki ispitne dionice, pri čemu se ne smije prekoračiti značajka čvrstoće materijala K (Rt 0,5) niti jedne ugrađene cijevi u ispitnoj dionici. Dionica koja se ispituje ne bi trebala prekoračiti duljinu od 4 km ili volumen od 3000 m<sup>3</sup>.

Izvori vode za provedbu tlačne probe mogu biti otvoreni vodotoci ili se voda doprema cisternama na lokaciju. Kako je unutrašnja strana cijevi obložena epoksidnom prevlakom, ne očekuje se promjena kvalitete vode, odnosno kontakt i kontaminacija vode sa željeznim oksidima. Prije ispuštanja vode nakon tlačne probe u okoliš, izvođač će provesti laboratorijska ispitivanja vode te provjeriti da li je voda pogodna za ispuštanje. Po potrebi, prije ispuštanja voda će se pročistiti ili obraditi na drugi odgovarajući način.



Slika 9.13 Rezultati mjerenja tokom tlačne probe [33]

### 9.8.1. Propisi i standardi tlačne probe

Provedbu ispitivanja potrebno je izvršiti u skladu s projektnim zahtjevima te propisima i standardima:

- Pravilnik o tehničkim uvjetima i normativima za siguran transport tekućih i plinovitih ugljikovodika magistralnim naftovodima i plinovodima te naftovodima i plinovodima za međunarodni transport (SI. list 26/85, NN 175/03) i DVGW G 469 - vizualni postupak vodom A1 (Jednokratno tlačenje). Prema Zakonu o gradnji, u skladu s projektnim zahtjevima, prije ispitivanja potrebno je izvršiti:

- kontrolu gotovosti građevine;
- kontrolu atestno - tehničke dokumentacije;
- provjeriti rezultate kontrolnih aktivnosti koje su predviđene projektom.

### 9.8.2. Metoda ispitivanja i ostali uvjeti ispitivanja tlačne probe

Provedba ispitivanja izvesti će se vizualnom metodom ispitivanja. Kod vizualnog postupka zavareni spojevi cjevovoda moraju biti neizolirani, čisti i pristupačni za pregled za vrijeme ispitivanja. Za ispitivanje čvrstoće i nepropusnosti koristiti vodu temperature od +10 °C do +50 °C . Temperatura okoline mora biti 5 °C ili viša.

### **9.8.3. Oprema za ispitivanje**

Za izvođenje ispitivanja koristi se pumpa s područjem tlaka 0 bar do 120 bar. Mjerenje se izvodi pomoću radnog i kontrolnog manometra klase 1,0. Radni manometar mora biti na pumpi, a kontrolni na predmetu ispitivanja. Kontrolni manometar mora biti umjeren i s potvrdom o umjeravanju. Također je potrebno priključiti i registracijski manometar (Taylor), koji također mora imati potvrdu o umjeravanju.

### **9.8.4. Postupak ispitivanja**

Tlačna proba se izvodi na sljedeći način:

Granične prirubničke spojeve potrebno je blindirati slijepom prirubnicom odgovarajuće veličine, na krajevima cijevi zavariti ispitne glave sa svim potrebnim priključcima, a ispitni tlak očitati na manometru 0 bar do 100 bar za ispitni tlak 75 bar. Prilikom ispitivanja spojevi na cjevovodu moraju biti čisti te ne smiju biti izolirani ni oličeni.

Postupak ispitivanja:

1. kompletno pregledati cjevovod i dokumentaciju;
2. preko priključka vode puniti cjevovod vodom i istovremeno ozračiti preko slijepih prirubnica na najvišim točkama;
3. kada poteče kontinuirani mlaz vode, ozračivanje je završeno;
4. tlačnom pumpom povisiti tlak na 75 bar i držati ga 8 sati te vizualno pregledati sve zavare;
5. u slučaju propuštanja na prirubničkim spojevima pritegnuti vijke, a u slučaju da propušta na zavaru potrebno je isprazniti cjevovod, popraviti zavare i ponoviti postupak;
6. odspojiti tlačnu pumpu i na ventil montirati slijepu prirubnicu;
7. ako nije došlo do pada tlaka tijekom tlačne probe iz cjevovoda je potrebno ispustiti vodu i osušiti ga spužvastim čistačem te ispuhivati komprimiranim zrakom;
8. ispuniti dokument "Zapisnik o izvršenoj tlačnoj probi".

## **9.9. Tehnologija izvođenja i kontrole antikorozivne izolacije podzemnog dijela plinovoda**

Svrha ove tehnologije je da se unaprijed predvidi i propiše svaka faza antikorozivne izolacije kako bi se mogla izvršiti pravovremena i pravilna priprema te tako bi se osiguralo nesmetano odvijanje



radova u zadanoj kvaliteti. Ovom tehnologijom AKI obuhvaćena je antikoroziivna izolacija podzemnog dijela cjevovoda predmetne građevine.

Tehnički uvjeti izoliranja cjevovoda vršiti će se u skladu sa zahtjevima iz specifikacije, normama i propisima koji reguliraju tehničke uvjete izvođenja antikoroziivne izolacije te HRN ISO 8501. Materijali za izolaciju moraju zadovoljiti norme DIN 30 672 i EN 12 068 ili ASTM D-1000.

### **9.9.1. Priprema materijala za antikoroziivnu izolaciju**

Adhezijski sloj:	Primer je Polyken 1027.
Antikorozijski sloj:	Traka za antikoroziivnu izolaciju je Palyken 942-30 EN, širine 4" u roli.
Zaštitni sloj:	Traka za mehaničku zaštitu je Palyken 955-28 EN, širine 4" u roli.

Sav materijal za izolaciju mora biti uskladišten tako da bude zaštićen od:

- mehaničkih oštećenja;
- mogućnosti nastanka požara (u skladu s HTZ mjerama);
- utjecaja topline atmosferskog utjecaja, a sve s razlogom očuvanja kvalitete materijala za AKI.

### **9.9.2. Izvođenje antikoroziivne izolacije**

#### **9.9.2.1. Pripremni radovi**

U toku pripremnih radova potrebno je izvršiti pripremu površine cijevi. Cjevovod mora biti postavljen u položaj koji omogućava efikasan rad. Potrebno je izvršiti vizualnu kontrolu površine cijevi da bi se otkrile eventualne greške. Sve cijevi s greškom treba označiti ili izdvojiti te sanirati u dogovoru s nadzornim inženjerom. Također je potrebno organizirati, u fazi zavarivačkih radova, čišćenje "bobica" nakon zavarivanja, bilo turpijanjem ili brušenjem.

Ukoliko se vlaga na cjevovodu ne može odstraniti dovoljno brzo normalnim sušenjem, sušenje je potrebno izvršiti propan-butan plamenikom, uz poštivanje svih propisa zaštite na radu.



Slika 9.14 Iskopano mjesto oštećenja i skidanje izolacije [33]

#### 9.9.2.2. Čišćenje površina

Čišćenje površine (priprema površine spoja za izolaciju) treba se izvoditi mehaničkim četkanjem do stupnja St 3 ili pjeskarenjem do stupnja Sa 2,5 prema HRN ISO 8501. Čišćenje se može izvoditi isključivo po suhom vremenu ili ako se izvrši sušenje, ali nikako za vrijeme dok ima oborina. Nakon čišćenja je potrebno odmastiti površine koje se izoliraju odgovarajućim otapalom.

Na kraju je potrebno izvršiti vizualnu kontrolu površine cjevovoda kako bi se ustanovilo da su zadovoljeni standardi čišćenja.

#### 9.9.2.3. Postavljanje izolacijske trake

Neposredno prije namatanja cijevi se premazuju primerom, valjcima ili četkama. Nakon premazivanja primerom potrebno je pričekati da primer postane ljepljiv. Nakon toga se namata antikoroziivna traka uz preklop od 50 %. Nakon namatanja antikorozivne trake potrebno je provesti ispitivanje. Preko antikorozivne trake potrebno je namotati i traku za mehaničku zaštitu uz preklop 50 %. Traka mora biti pravilno nategnuta, ispod granice razvlačenja, da se izbjegne stvaranje mjehura ili nabiranja. Pored toga, potrebno je voditi računa o temperaturi okoline i same cijevi, kao i trake te prema tome određivati zatezanje.



Slika 9.15 Postavljanje izolacijske trake [33]

### **9.9.3. Kontrola izvođenja izolacije**

#### *9.9.3.1. Kontrola kvalitete*

Kontrola kvalitete izvođenja izolacije vrši se vizualno i pomoću uređaja za ispitivanje elektroneprobojnosti Holiday "SPY" tip 700 ili uređaj sličnih karakteristika uz upotrebu spirale te uz napon 20 kV. Uređaj za ispitivanje mora biti atestiran. Brzina ispitivanja iznosi maksimalno 15-18 m/min. Sve eventualne greške treba označiti te pristupiti popravku.

Oštećenu izolaciju (mjesto na kojima se utvrdi elektroprobojnost) treba izrezati otprilike 100 mm šire od oštećenja, očistiti podlogu te ponovno postaviti traku. Popravci se ne smiju raditi zakrpama, već omatanjem trake oko cijevi. Nakon izvršenog popravka potrebno je popravljeno mjesto ponovo ispitati na elektroneprobojnost.

### **9.10. Tehnologija ispitivanja izolacije na neprobojnost**

Ovom tehnologijom su opisani uvjeti i zahtjevi za pripremu i provođenje ispitivanja izolacije na električnu neprobojnost sa svrhom pronalaženja pukotina i diskontinuiteta na površini ispitivanog materijala nakon nanošenja izolacije.

### ***9.10.1. Područje primjene***

Tehnologija se odnosi na ispitivanje kvalitete izolacije koja se nanosi na metalne površine cjevovoda i služi kao zaštita od korozije. Primjenjuje se za ispitivanje cijevi s tvornički nanesenom izolacijom zavarenih spojeva cjevovoda i fazonskih komada.

### ***9.10.2. Ostale norme povezane s ispitivanjem izolacije***

Tehnologija ispitivanja izolacije povezana je sa sljedećim normama:

- NACE Standard RP-02-74;
- DVGW Radni list G463;
- DIN 30 670;
- DIN 30 672;
- HRN ISO 8501;
- EN 12 068.

### ***9.10.3. Priprema površine***

Prije ispitivanja izolacije, površina mora biti suha i čista od stranih predmeta kao što su kamen, zemlja ili neki metalni uključci.

### ***9.10.4. Uređaj za ispitivanje***

Za ispitivanje kvalitete izolacije na elektroneprobojnost može se koristiti Holiday detektor ili uređaji sličnih karakteristika. Elektrode za ispitivanje izolacije cjevovoda mogu biti spiralne za cjevovode, lukove i koljena ili u obliku metlice za armature i T-komade. Prije ispitivanja dostavit će se izvještaj o umjerenosti uređaja za ispitivanje.

### ***9.10.5. Tehnika ispitivanja***

Podršeni ispitni napon preko visokonaponskog transformatora dovodi se preko kabela do ispitne elektrode. Veličina izlaznog napona određuje se na temelju debljine izolacije koja se ispituje. Na mjestima gdje je izolacija oštećena ili nije kvalitetno izvedena dolazi do elektroprobojnosti, tj. zatvara se strujni krug preko metalne konstrukcije objekta i uzemljenja koje je priključeno na ure-

đaj. Na mjestu proboja izolacije pojavljuje se iskra vidljiva u svim uvjetima, kao i zvučna indikacija proboja. Uzemljenje se ostvaruje preko metalnog objekta koji se ispituje i sonde zabijene u zemlju ili sajle koja se slobodno vuče po zemlji. Brzina ispitivanja izolacije na cjevovodima ne smije biti veća od 15-18 m/min. Ispitivanje izolacije vrši se neposredno prije polaganja cjevovoda u rov. Na svim mjestima na kojima se uoči pogreška, tj. probijanje izolacije, ista se moraju vidljivo obilježiti markerom, a nakon izvršenog popravljivanja ponovno ispitati. U izvještaju o ispitivanju izolacije obavezno je upisati lokaciju oštećenja.

#### **9.10.6. Odabir ispitnog napona i opseg ispitivanja**

Ispitni napon određuje se prema formuli sukladno normi NACE Standard RP-02-74:

Ispitni napon za sljedeće obloge iznosi:

- obloge s polietilenom i bitumenom najmanje 5 kV + 5 kV po mm debljine, a max. 20 kV;
- obloge od epoksi smole max. 3 kV;
- obloge od poliuretana max. 10 kV;
- obloge od poliuretanske smole max. 15 kV.

Ispitni napon je naveden i u glavnom projektu, a opseg ispitivanja 100 % izolacija na zavarenim spojevima. Izvođač radova dužan je dostaviti ateste izolacije cjevovoda, kao i izolacije zavarenih spojeva.

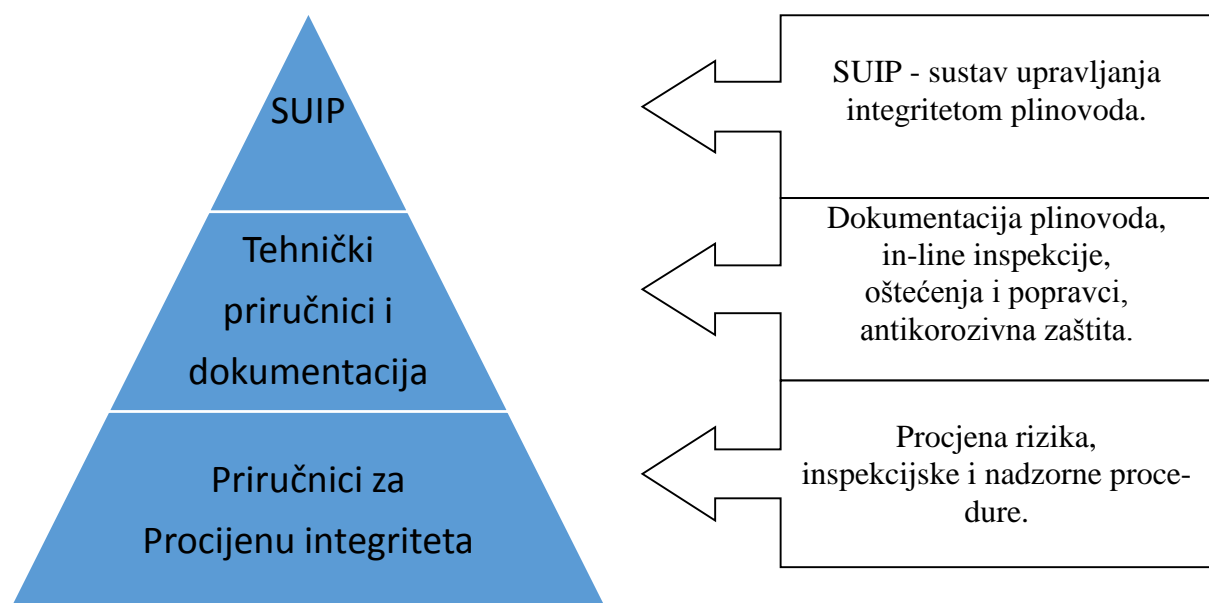
Sve neprihvatljivosti - probojnosti utvrđene ovom metodom obavezno se moraju otkloniti, a po izvršenom popravku ponovno ispitati i dokazati neprobojnost.

## 10. PREPORUKE ZA OSTVARENJE POBOLJŠANJA

Kompanije koje upravljaju plinskim transportnim sustavom trebaju nešto što će usko povezati sve njihove poslovne procese u jednu cjelinu i na taj način im pružiti robusnu funkcionalnost koja je specifična za njihove potrebe. U istom trenutku takvo rješenje mora biti intuitivno i jednostavno kako bi ga zaposlenici mogli bez problema upotrebljavati, kao i dovoljno snažno da može pružiti sve informacije kritične za donošenje svakodnevnih odluka. Ovakav koncept moguće je podržati samo integralnim IT rješenjem koje nudi kontrolu nad svim procesima, od inicijalne ideje do održavanja i stavljanja proizvoda van funkcije.

Upravljanje životnim ciklusom podataka omogućava kontrolu, analitiku i grafičko/numerički prikaz matičnih podataka i svih dokumenata vezanih uz određeni plinovod (Prilog 13.11.). To uključuje tehničko upravljanje dokumentima, dijelovima dokumenata i strukturama te osiguravanje i upravljanje klasifikacijom, verzijama, varijantama i promjenama, s ciljem minimiziranja mogućnosti pojave greške.

Suradnja kroz životni ciklus proizvoda podržava kooperaciju između projektnog menadžmenta, inženjerstva i ostalih sudionika izvan matičnog društva u životnom ciklusu plinovoda na temelju informatičkih standarda pomoću kojih je moguće razmjenjivati projektne planove, dokumentaciju, strukture materijala, itd.



Slika 10.1 Suradnja kroz životni ciklus proizvoda [68]

Poboljšano upravljanje kvalitetom treba pružiti integriranu podršku za upravljanje kroz cjelokupni životni ciklus plinovoda, od definiranja pa sve do kraja korištenja plinovoda. To uključuje planiranje inspekcija, efikasno upravljanje dobavljačima i proizvodima koji se nude, održavanje dokumenata relevantnih za kvalitetu proizvoda te distribuciju obavijesti o problemima u kvaliteti. Također, podržava sustavno traženje rješenja i učinkovitu obradu parametara usmjerenih na kontrolu i osiguranje kvalitete procesa i proizvoda.

### **10.1. Generalne smjernice za poboljšanje kvalitete po fazama projekta**

Osnovna smjernica za unaprjeđenje kvalitete odnosi se na daljnji razvoj sustava za centralno planiranje, upravljanje dokumentacijom i kontrolu kvalitete. Preporuka je da se planiranje poslovanja i poslovnih procesa integralno nadogradi s IT sustavom sukladno trendovima razvijenijih članica EU. Povratne informacije održavanja trebaju se sistematski obraditi te ih sortirane prosljediti kooperantima za opskrbu materijala, izvođenje i nadzor radova. Nadogradnja poslovanja te snažniji nadzor, suradnja i komunikacija s ostalim poslovnim subjektima mora biti sustavno provedena s jasnim ciljevima poboljšanja uz jačanje kvalitetne i profesionalne poslovne suradnje.

Prilikom izgradnje ili održavanja plinovoda, svaka faza projekta bila bi popraćena svom dokumentacijom unutar IT platforme, a odgovorna osoba bi sukladno propisanoj dinamici unosila podatke o realizaciji i prateću dokumentaciju. Sustav bi automatski povlačio podatke u Gantogram projekta te ažurirao podatke. Grafički prikaz Gantograma omogućio bi lakše i preglednije praćenje dinamike projekta. Sustav bi sukladno unesenim zahtjevima za svaku aktivnost znao tempo izvođenja te bi prilikom zaostajanja u realizaciji ili kod preskakanja koraka signalizirao upozorenje. IT platforma bi omogućila pristup svakoj odgovornoj osobi unošenje podataka sukladno danim ovlastima. Velika je prednost da je praćenje i koordinaciju takvog projekta moguće realizirati na više lokacija i više razina. Jedno od važnih područja poboljšanja je integralni nadzor za preusmjeravanje radnih resursa, odnosno timova koji su završili realizaciju ciljeva prije roka u faze projekta koje pokazuju zaostajanje za zadanom dinamikom realizacije.

Osnovno unaprjeđenje po fazama:

- Tokom inicijalne faze projekta – Prilikom izrade planova razvoja magistralnih plinovoda potrebno je definirati strateške parametre novog projekta ili nove faze postojećeg projekta te model praćenja, kontrole i inspekcije. Također je preporuka da se za svaki dokument (izvorni digitalni oblik ili skenirani dokument) novog projekta stavlja u digitalni repozitorij.

- Planiranje – Prilikom planiranja izrađuju se radni planovi i planovi nabave roba i usluga. Procesna grupa za planiranje obuhvaća one procese potrebne za definiranje operativnih parametara projekta, postavljanje jasnih ciljeva te definiranje aktivnosti potrebnih za ostvarenje ciljeva. Za svaki projekt izradila bi se struktura baze podataka i definirale odgovorne osobe za unos istih. Svaki dobavljač, pod-dobavljač i kontrolor bi sukladno novim preporukama i ovlastima izradio/popunio i digitalnu verziju dokumentacije/izvješća sukladno formi definiranoj u inicijalnoj fazi.
- Izvođenje – Tokom realizacije planova, izvršna procesna grupa realizira radni plan koji obuhvaća procese koji se izvode u svrhu realizacije posla sukladno planu projektnog menadžmenta, kako bi se zadovoljile sve specifikacije zadane projektom. Izvođač radova bi sukladno novim preporukama unosio podatke o realiziranim koracima te izradio i digitalnu verziju izvješća sukladno formi definiranoj u inicijalnoj fazi.
- Praćenje i kontrola – Provođenje nadzora nad procesom, dinamikom i kvalitetom vrši procesna grupa za praćenje i kontrolu. Nadzor uključuje procese potrebne za praćenje, pregled i regulaciju procesa i performansi projekta te identificira područja u kojima su potrebne promjene u planu i uvođenje potrebnih promjena. Svaki kontrolor bi sukladno novim preporukama izradio/popunio i digitalnu verziju izvješća sukladno formi definiranoj u inicijalnoj fazi.
- Zatvaranje – Ova faza projekta obuhvaća pregled plinovoda i dokumentacije te puštanje u upotrebu. Završna procesna grupa obuhvaća procese koji se izvode za završetak svih aktivnosti u svim procesnim grupama. Kao poboljšanje, odgovorna osoba bi izradila/popunila i digitalnu verziju potrebne dokumentacije, sukladno formi definiranoj u inicijalnoj fazi.

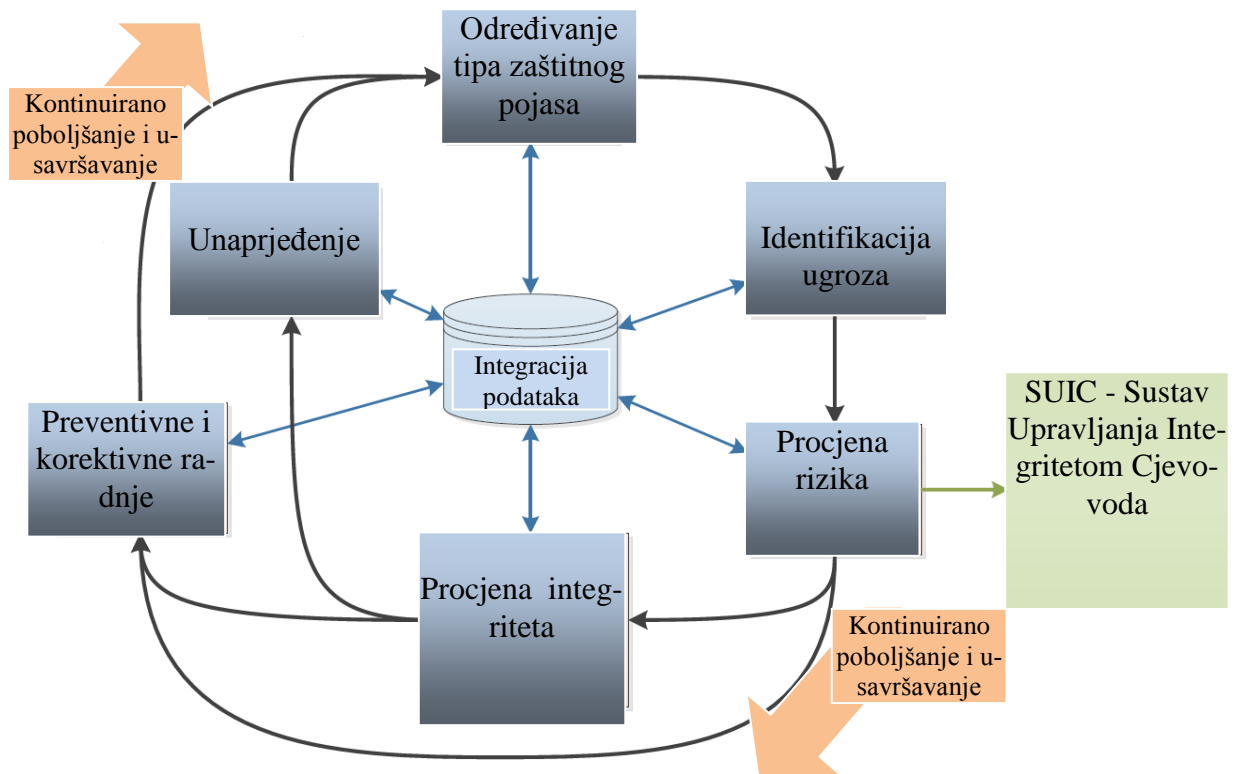
Deset razloga za korištenje IT aplikacije:

1. Kreiranje kvalitetne analitike i procijene rizika;
2. Aplikacija dostupna preko internet preglednika;
3. Trenutačna preglednost rizika;
4. Lako dostupni podaci o plinovodu;
5. Planiranje, nadzor i kontrola svih aktivnosti;
6. Kompatibilnost s najboljom industrijskom praksom i normama;
7. Efikasna analitika velikog broja podataka;
8. Napredni alati za obradu podataka;



9. Vizualni prikaz obrađenih podataka;

10. Bolji protok informacija i lakša koordinacija složenih aktivnosti.



Slika 10.2 Upravljanje dokumentacijom unutar IT platforme [46]

Primarni ciljevi unaprjeđenja:

- Sustavno i organizirano upravljanje integritetom plinovoda;
- Kreiranje procesa i skladno povezivanje istih;
- Jasno definiranje uloga i nositelja odgovornosti te zamjene;
- Izgradnja sustava kontinuiranog poboljšanja;
- Izrada strategije i procedure za incidente, nadzor i inspekciju.

Osnovna problematika koja se pojavila prilikom izrade ovog rada je prikupljanje izrazito širokog spektra dokumentacije. Obzirom da se većine faza prikazanih projekata odvijaju u prilično dugom vremenskom razdoblju (osim izvođenja radova održavanja), dokumentacija svake faze zasebno se arhivira i čuva. Sistematiziranje prikupljene dokumentacije te stvaranje IT sustava koji bi omogućio brzi pristup informacijama o stadiju projekta predstavlja logičnu stepenicu buduće nadogradnje sustava.

## 10.2. Tehnološka poboljšanja

Obzirom na snažan tehnološki napredak u detekciji oštećenja, očito je da će svake buduće aktivnosti na održavanju biti pravovremeno i precizno detektirane. Samim time, jasno je predvidjeti organizacijsko tehnološki razvoj grane održavanja plinskih transportnih sustava temeljen na suvremenim tehnologijama poslovne komunikacije uz primjenu najnovije tehnologije detekcije oštećenja. Završni korak budućeg unaprjeđenja predstavlja spajanje svih sustava u integralni model upravljanja svim poslovnim aktivnostima integriteta plinovoda.

Poboljšanja je potrebno planirati u svim fazama projekta, a izrazito je važno prezentirati planirana poboljšanja svim sudionicima na projektu te odrediti realnu dinamiku edukacije i implementacije.

Osnovni je smjer razvoja tehničkih poboljšanja usmjeren na razvoj sustava vanjskog nadzora/detekcije te strojeva za in-line inspekciju i popravke. Posebno je značajan razvoj robotike u području izgradnje i održavanja odobalnih plinovoda te in-line robotika za inspekciju i popravke/održavanje. Obzirom da se značajno širi mreža odobalnih plinovoda u sve većim dubinama, možemo očekivati tehnološki razvoj svih povezanih tehnoloških grana.

Očekivana tehnološka poboljšanja možemo razdijeliti u sljedeće grupe:

- Čelici za proizvodnju plinovoda;
- Strojevi i tehnologija za proizvodnju cijevi;
- Izolacijski materijali;
- Zavarivanje (ručno i strojno);
- Katodna zaštita;
- Detekcija oštećenja;
- Robotika (poseban naglasak na odobalne plinovode);
- Programska rješenja za prikupljanje, obradu i distribuciju podataka;
- Komunikacijski standard za razmjenu i unos podataka;
- Nadzor trase plinovoda.

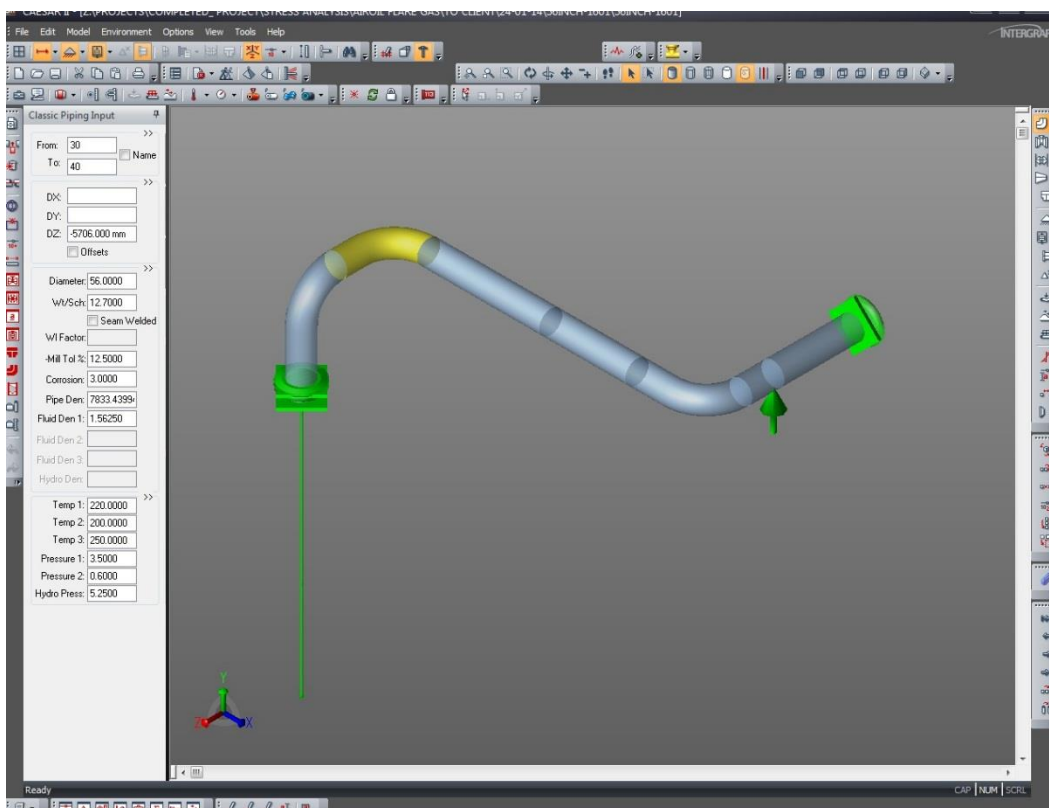
Obzirom na kontinuirani porast potrošnje svjetske energije, podmorje se istražuje sve se više i u sve većim dubinama. Odobalna nalazišta prirodnog plina izrazito su tehnološki zahtjevna za izradu mreže sabirnih plinovoda, a odobalni plinovodi se grade u sve većim dubinama. Obzirom da unutar energetike postoji značajno stvaranje profita, isti se kontinuirano reinvestira u nova istraživanja i transportne sustave. Takvo okruženje dovelo je do značajnog skoka u razvoju cjelokupne prateće

industrije. Trenutačno mnoge firme investiraju u unaprjeđenje i razvoj širokog spektra materijala, strojeva i robota za pružanje sve kvalitetnije usluge, prilagođene za rad u sve većim dubinama. Razvoj informatike, komunikacijske tehnologije te planirani daljnji razvoji satelitske komunikacije i razmijene podataka definitivno će utjecati na smjer tehnološkog razvoja. Protok široke lepeze informacija s platformi i plinskih stanica u pustinjama, oceanima, morima i polarnim krajevima u središnji centar kompanije za komunikaciju i koordinaciju postat će sve brži. Tehnologija daljinskog nadzora i upravljanja također će se razviti, a sve više podataka razmjenjivat će se u digitalnom obliku.

### 10.3. Najnovija tehnološka rješenja

- IT sustav za dizajn i proračun napreznja cjevovoda

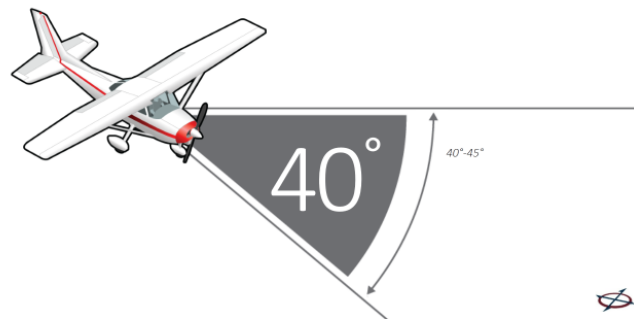
Jedno od značajnih područja tehnološkog napretka predstavlja razvoj IT sustava za dizajn i proračun napreznja cjevovoda. Takav sustav omogućava brzo kreiranje dizajna obzirom da unutar baze podataka ima preddefinirane parametre. Posebnost ovakvog rješenja je povezanost dizajna i proračuna napreznja unutar digitalno djeljivog formata. Proračun obuhvaća široki spektar vrijednosti koje djeluju na napreznje (dizajn, materijal, debljina stijenke, tlak, temperatura, težina izolacije, težina konstrukcije, težina plina, vjetar, vibracije, seizmičke aktivnosti itd.). Prikaz dizajna i napreznja na istom 3D modelu omogućava brzu prilagodbu dizajna i izbjegavanje pogrešaka.



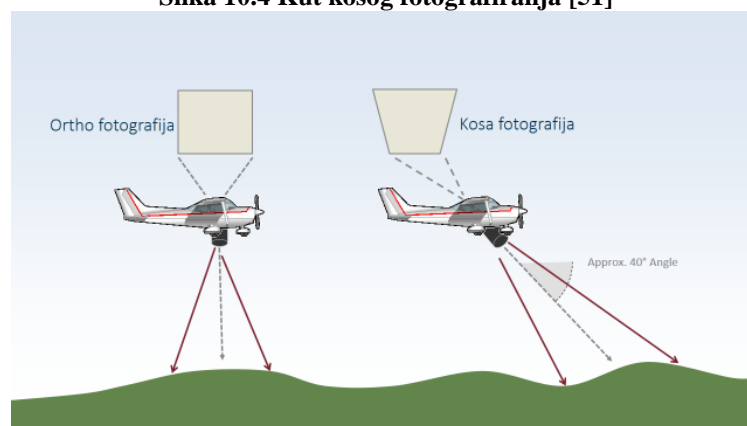
Slika 10.3 Programsko rješenje CAESAR II [46]

- Fotografiranje i snimanje iz zraka

Ortho fotografiranje predstavlja posebno područje budućih poboljšanja. Nakon klasične tehnologije vertikalnog fotografiranja, razvijena je nova tehnologija s kosim snimkama istog područja iz različitog kuta. Tehnologija rezultira izradom 3D prikaza područja s vidljivom konfiguracijom terena i veličinom objekata.



Slika 10.4 Kut kosog fotografiranja [51]



Slika 10.5 Format tla zahvaćen kosom fotografijom [51]

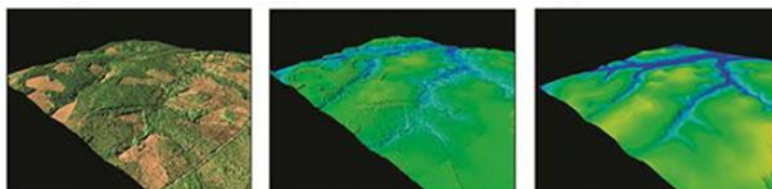


Slika 10.6 Koridor fotografiranja [51]

- Izrada 3D karata od fotografija dobivenih kosom fotografijom iz više kutova predstavlja značajnu tehnološku novost u obradi podataka. 3D karta je lakša za korištenje, a planiranje je brže i kvalitetnije.



**Slika 10.7 3D prikaz naseljenog područja [51]**



**Slika 10.8 3D prikaz nenaseljenog područja [51]**

- Korištenje dronova i ostalih bespilotnih letjelica

Dronovi i ostale bespilotne letjelice predstavljaju novu tehnologiju u zamahu. Integracija s GPS-om omogućava let na zadanoj ruti i kategoriziranje prikupljenih podataka. Napredak u proizvodnji sve manjih i naprednijih uređaja za snimanje i detekciju olakšao je njihovu ugradnju u dronove i ostale bespilotne letjelice.



**Slika 10.9 Dron s instaliranom kamerom i GPS sustavom navođenja [45]**

- Označavanje

Tokom realizacije projekta izgradnje plinovoda česti su problemi identifikacije i numeracije. Događa se da su oznake nečitke ili djelomično čitke, a slične oznake se mogu pomiješati. Na sljedećoj slici vidi se rukom napisana oznaka zavara koju je teško pročitati. U svrhu bržeg i nedvojbenog označavanja, pored zavara zalijepljena je naljepnica s bar kodom i jasno vidljivom oznakom. Takvo označavanje ima prednost u izradi prateće dokumentacije, povećana je preciznost dokumentacije te se ubrzava pristup podacima.



Slika 10.10 Označavanje zavara bar kodom i ručno upisanom oznakom [46]

- Razvoj senzora za detekciju curenja prirodnog plina i termo kamere predstavljaju posebnu granu razvoja u svrhu rane detekcije potrebe za korektivnim održavanjem. Slika 10.11 prikazuje toplinsku snimku termo sifona. Vidljivo je da termo sifoni s lijeve strane ne funkcioniraju ispravno i da ih je potrebno servisirati.



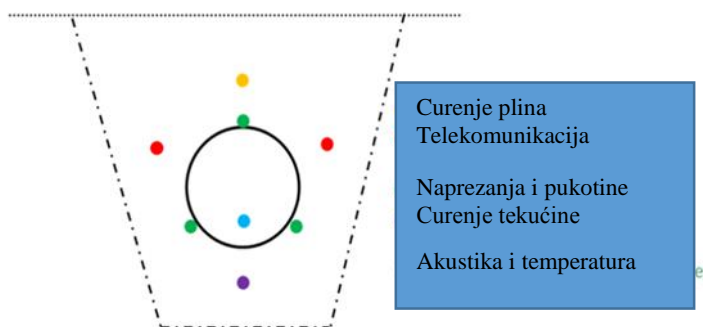
Slika 10.11 Termo sifoni snimljeni termo kamerom [81]

Slika 10.12 prikazuje let drona s detektorom curenja prirodnog plina na ruti plinovoda. Zelena zraka simbolizira rad senzora za detekciju.



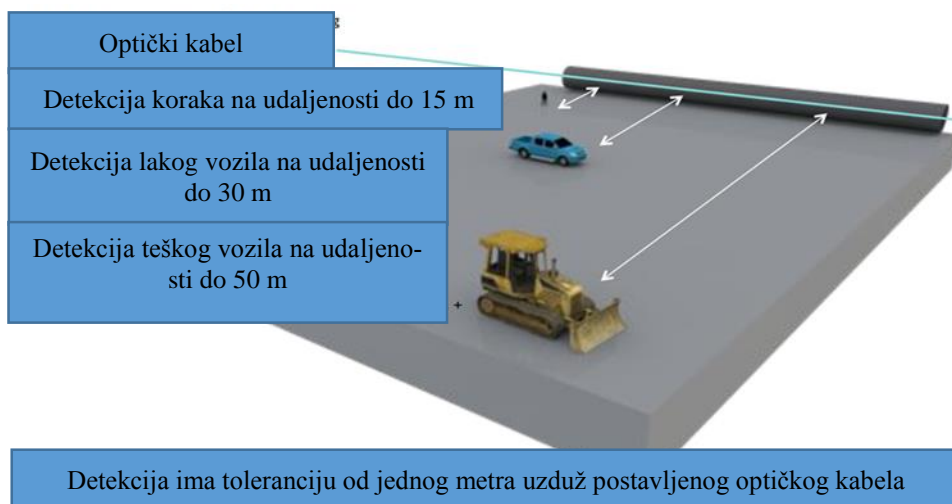
**Slika 10.12 Dron s detektorom curenja prirodnog plina [81]**

- Korištenje optičkih kablova za detekciju stanja i promjena u okolišu predstavlja novu granu tehnologije. Detekciju je moguće vršiti u namjenski izgrađenoj mreži optičkih kablova, a moguće je i unaprjeđenje funkcionalnosti postojeće mreže. Slika 10.13 prikazuje položaje optičkih kablova za određenu detekciju.



**Slika 10.13 Položaji optičkih kablova detekciju [82]**

Trenutačna tehnologija pruža kontinuiranu detekciju aktivnosti duž optičkog kabla. Iduća slika prikazuje zone detekcije za određene aktivnosti. Takvi podaci mogu biti od iznimnog značaja u pravovremenom sprječavanju i detekciji curenja te ostalih opasnosti.



**Slika 10.14 Domet detekcije [82]**

Novе tehnologije razvijene su posebno za odobalne plinovode.

- Flouroscentna detekcija plina pomoću flourometra može se detektirati curenje nevidljivo prostim okom. Domet im je nekoliko metara, a širina pojasa detekcije oko 40 cm. Slika10.15 prikazuje daljinski upravljanu podmornicu s ugrađenim flourometrom.



**Slika 10.15 Daljinski upravljana podmornica sa ugrađenim flourometrom [45]**

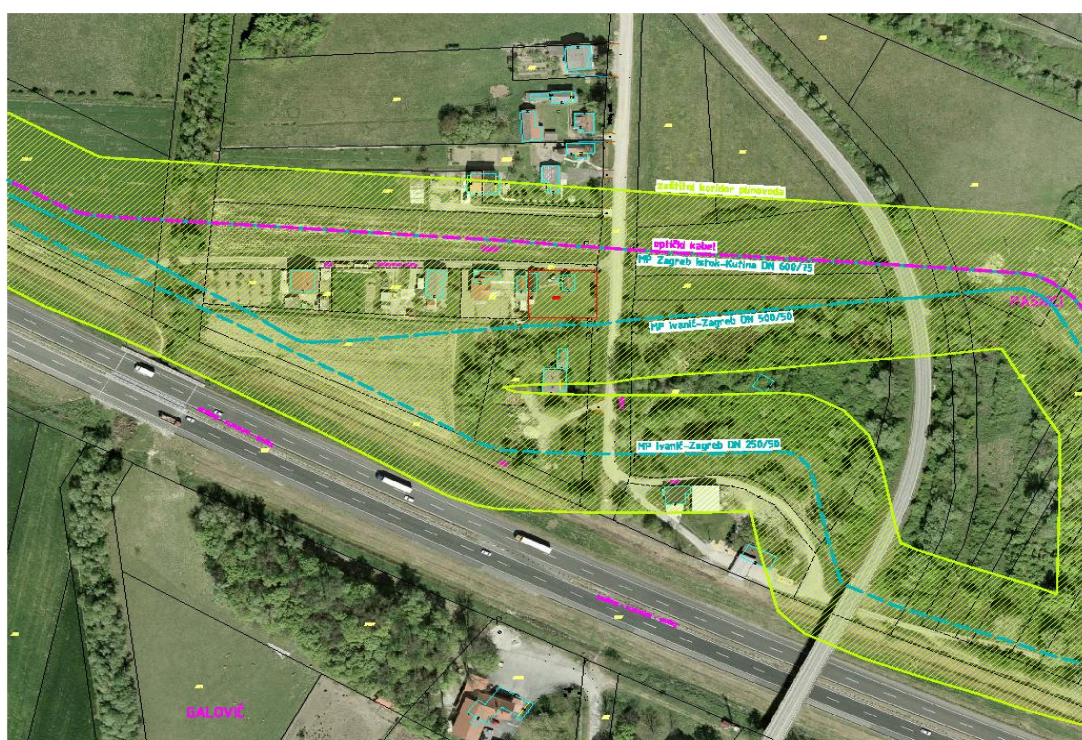
- Detekcija curenja hidrofonom predstavlja zasebno područje razvoja s kontinuiranim poboljšanjima. Sve bolji podvodni mikrofoni i IT rješenja za obradu zvuka doprinijeli su razvoju ove tehnološke grane.
- Detekcija promijene temperature predstavlja jednu od tehnoloških grana u detekciji curenja. Prednost je da se može koristiti istodobno s flourometrima i hidrofonomima.



- Također su razvijeni senzori za detekciju prirodnog plina u tekućini. Takvi senzori su pogodni za montiranje na podvodna vozila i daljinski upravljane podmornice.

#### 10.4. Lokalne specifičnosti

Promatrajući situaciju u Republici Hrvatskoj vidljivo je da postoji niz specifičnih faktora koje bi morali uzeti u obzir. Jedna od važnih specifičnosti je ilegalna gradnja u neposrednoj blizini plinovoda. Situacija je izrazito složena jer ne postoji kvalitetan model sprječavanja gradnje u zaštitnom pojasu i zaštitnom pojasu naseljenih zgrada. Takva nekontrolirana gradnja značajno djeluje na stvaranje novih faktora rizika.



Slika 10.16 Zaštitni pojas i objekti ilegalne gradnje [33]

Važno je napomenuti da stanje na terenu značajno odstupa od stanja u gruntovnici i katastru. Nesređena situacija dovodi do problema u inicijalnoj fazi projekta jer ne postoji vjerodostojna geodetska baza podataka, a ilegalna gradnja predstavlja nepredvidivu varijablu unutar procesa planiranja. Takvo stanje zahtijeva složeno planiranje i niz sporednih aktivnosti u prikupljanju i obradi stvarnih podataka. Razvoj tehnologije snimanja i fotografiranja iz zraka prema zadanoj ruti GPS-a avionom ili bespilotnom letjelicom te automatska izrada trodimenzionalnih mapa predstavlja tehnološko rješenje za dobivanje podataka o trenutnom stanju, ali rješava samo dio problematike. Obzirom da od snimanja rute do realizacije projekta može proći prilično dugo vremensko

razdoblje, jasno je da ovako nesređena situacija dovodi do niza problema za koje nadležne institucije nemaju pravovremenu i ispravnu reakciju.

**Tablica 10.1 Aktivnosti legalizacije u zaštitnom pojasu [35]**

Predmeti u postupku legalizacije	2013. godina	2014. godina	2015. godina Siječanj	2015. godina Veljača
Građevina u koridoru	55	57	9	8
Građevina izvan koridora	8	76	3	5
<b>Ukupno</b>	63	133	12	13

Analizom i usporedbom obrađenih predmeta na godišnjoj razini vidljiv je znatan porast istih iz godine u godinu, a koji će zasigurno zahtijevati pojačani angažman u godinama koje slijede. Postupanje s nezakonito izgrađenim građevinama provodi se sukladno Zakonu o postupanju s nezakonito izgrađenim zgradama. Nezakonito izgrađena građevina ne može se ozakoniti ako se nalazi u planiranom ili istraženom koridoru energetskih građevina. PLINACRO d.o.o. izdaje očitovanje da li se nezakonito izgrađena građevina nalazi u planiranom ili istraženom koridoru energetskih građevina, ali ne izdaje suglasnost na legalizaciju. Narušavanje zaštitnog pojasa često se vrši odlaganjem otpada, iskapanjem ili nasipavanjem zemlje, postavljanjem montažnih objekata i kontejnera itd.



**Slika 10.17 Narušavanje zaštitnog pojasa plinovoda [35]**

Narušavanje integriteta plinovoda zbog montaže ilegalnih priključaka predstavlja veliki sigurno-ekonomski problem. Takve radnje mogu lako ugroziti sigurnost opskrbe, ali i izazvati incident većih razmjera. Ovakve radnje trebale bi pokrenuti brzi pronalazak i primjereno sankcioniranje počinitelja i korisnika priključka. Zbog zaštite imovine i sigurnosti opskrbe potreban je kvalitetan nadzor zaštitnog pojasa.



**Slika 10.18** Odstranjen komad cijevi s ilegalno montiranim priključkom FG [33]

Nadzor nad sustavom zaštitnog pojasa plinovoda reguliran je sljedećim osnovnim dokumentima:

1. Strategija i program prostornog uređenja RH;
2. Zakon o prostornom uređenju;
3. Zakon o gradnji, Pravilnik o jednostavnim građevinama;
4. Zakon o postupanju s nezakonito izgrađenim zgradama;
5. Zakon o tržištu plina;
6. Zakon o osnovama sigurnosti transporta naftovodima i plinovodima;

7. Pravilnik o tehničkim normativima i uvjetima za siguran transport tekućih i plinovitih ugljikovodika magistralnim naftovodima i plinovodima te naftovodima i plinovodima za međunarodni transport.

Kao rezime lokalnih specifičnosti jasno je zaključiti da postoji široki prostor za unaprjeđenje nadzora te uspostavu efikasnih preventivnih i korektivnih radnji s ciljem smanjenja daljeg narušavanja zaštitnog pojasa. Potrebna je jača međuresorna suradnja nadležnih institucija i brzo djelovanje u detekciji i prevenciji neželjenih aktivnosti.

## 11. ZAKLJUČAK

Oko tri četvrtine svjetskih energetske resursa prirodnog plina nalazi se na zabačenim područjima, daleko od krajnjih kupaca. Da bi se ove vrste energenata transportirale iz zabačenih područja na ciljana tržišta, koriste se mreže cjevovoda velikih promjera. Trend kompanija za transport plina okreće se prema korištenju cjevovodnih sustava sve većeg kapaciteta. Kako bi se smanjili troškovi izrade ovog tipa cjevovoda, teži se ka izradi što većih promjera i što tanjih stijenki od materijala visoke čvrstoće, čime se smanjuje iznos cijene po jedinici transportiranog plina.

U trendu velike potražnje za cijevima velikih promjera industrija proizvodnje cijevi, a time i tehnologija vezana uz nju, uživa sve veća ulaganja u razvoj novih metoda proizvodnje. Bitno je naglasiti da se danas puno pažnje posvećuje kontroli kvalitete tokom procesa izrade cijevi. Osnovne tehnologije izrade šavnih cijevi su poznate već desetljećima te se tako sam postupak izrade cijevi nije značajnije promijenio.

U proteklih trideset godina razvoj novih materijala i tehnologija proizvodnje značajno je pridonio sigurnosti instaliranih cjevovoda na globalnoj razini. Do danas je instalirano stotine tisuća kilometara cjevovoda za transport prirodnog plina, a zabilježen je tek mali postotak oštećenja s obzirom na ukupnu instaliranu duljinu. Najčešći uzrok havarija cjevovoda u eksploataciji su vanjska sila i korozija. Provedba hidrostatske tlačne probe cjevovoda nakon njegove instalacije, a prije puštanja u rad, osigurava pouzdano otkrivanje defekata cjevovoda nastalih prilikom izrade cijevi ili tijekom njegove instalacije. Prednost hidrostatske tlačne probe cjevovoda je u tome što se ona provodi u trajanju od 24 sata, dok se tlačna proba cijevi prilikom procesa proizvodnje provodi u trajanju od nekoliko sekundi. Greške u osnovnom materijalu ili šavnom zavaru cijevi danas su rijetko uzrok havarija cjevovoda. Iako se kod proizvodnje šavnih cijevi moraju provoditi različite vrste kontrole kvalitete, još uvijek se može dogoditi da uzrok puknuća prilikom tlačne probe cjevovoda bude pogreška prilikom procesa proizvodnje cijevi.

Odrednicama Strategije energetske razvoja Republike Hrvatske naglašena je ključna uloga i odgovornost operatora plinskog transportnog sustava u razvoju cjelokupnog sektora prirodnog plina, prije svega u stvaranju preduvjeta pouzdane i tržišno konkurentne opskrbe svih domaćih potrošača, ali i u korištenju regionalne strateške pozicije u razvoju tranzitnih i ostalih potencijala. Time bi operator plinskog transportnog sustava, kao poveznica i okosnica ostalih plinskih sustava, omo-

gućio svim tim sustavima, a time i nacionalnom gospodarstvu i poslovni iskorak u zemlje u okruženju. To je u skladu s načelom energetske strategije da je energetska infrastruktura, ali i poduzetnička i možebitno izvozno orijentirana djelatnost.

Ove odrednice, s jedne strane, stvarno stanje s druge te izuzetna složenost zbivanja, kako na plinskoj sceni, tako i u gospodarstvu, usmjerili su razvoj plinskog transportnog sustava. Na taj način on je usmjeren na projekte kojima će se povećati učinkovitost, tržišna prilagođenost i pouzdanost opskrbe, kao i tehničke sigurnosti cjelokupnog plinskog transportnog sustava.

Ti projekti su, prije svega, usmjereni potrebama domaćeg tržišta prirodnog plina, za čije potrebe se planiraju izgraditi novi dijelovi sustava kojima se želi osigurati povećanje kapaciteta u cjelokupnom sustavu i značajni dvosmjerni kapaciteti na postojećim interkonekcijskim pravcima, ali i otvoriti novi pravci. Drugu skupinu projekata čine projekti kojima je cilj uklapanje u nove dobavne pravce i projekte u okruženju i čijom izgradnjom će se cjelokupnom plinskom sustavu Republike Hrvatske omogućiti uključivanje u regionalne i europske tokove i tržišta prirodnog plina. Ispravnost ovakvog pristupa, u oblikovanju i odabiru razvojnih projekata za ovaj plan, je dobila potvrdu u njihovom izuzetnom pozicioniranju na listama projekata PCI i PECEI.

Kao što je već rečeno, u temeljnoj fazi pri izradi plana razvoja plinskog transportnog sustava trebamo polaziti od vlastitih potreba, ali uvažavajući potrebe i zahtjeve svog šireg okruženja, pogotovo EU čija smo članica. Istovremeno je potrebno maksimalno iskoristiti i vrednovati geostratešku poziciju Republike Hrvatske i ostvariti dodatne ekonomske učinke za sektor prirodnog plina i cjelokupno gospodarstvo Republike Hrvatske.

Kada bi se usporedili troškovi izgradnje cijele rute novog plinovoda s troškovima inspekcija i aktivnosti održavanja koje su obrađene u ovome radu, došlo bi se do zaključka da se produljivanje radnog vijeka plinovoda kvalitetnim održavanjem višestruko isplati.

Prosječni projektirani radni vijek plinovoda iznosi oko pedeset godina, a približna prosječna vrijednost starosti magistralnih plinovoda u Europi iznosi 20 godina. Može se zaključiti kako većina plinovoda ulazi u period kada su kvarovi češći i većeg intenziteta te će biti potrebna veća ulaganja u osiguravanje kvalitete.

Obzirom da osnovno unaprjeđenje prilikom osiguravanja kvalitete izgradnje i održavanja plinskog transportnog sustava predstavlja izrada sustavne baze za analitiku i prikaz podataka, nadam se da

će sistematizacija procesa osiguravanja kvalitete unutar ovog rada doprinijeti i olakšati buduće aktivnosti razvoja i unaprjeđenja poslovnih procesa. Posebno bi naznačio da se najznačajniji dijelovi prikupljene dokumentacije nalaze u prilogima te se nadam da će ovakav objedinjeni prikaz i analiza olakšati i ubrzati cjelokupno sagledavanje problematike ostalim zainteresiranim stranama.

## 12. POPIS IZVORA

- [1] API Specification 5L / ISO 3183:2007 - Petroleum and natural gas industries, Steel pipe for pipeline transportation systems, 2008.
- [2] Clapham L., Babbar V., Byrne J., "Detection Of Mechanical Damage Using The Magnetic, 2004.
- [3] Croatiainspect d.o.o.; interna dokumentacija
- [4] Ćosić P., Predavanja iz kolegija „Optimiranje tehnoloških procesa“
- [5] David J. Keats; Underwater Wet Welding; A Welder's Mate; TJ International, Padstow, Cornwall, 2011.
- [6] Edge Milling Machine, Qingdao HaoKun Machinery Manufacture Co.,Ltd, 2009.
- [7] Flux Leakage Technique, Queen's University, Kingston, Ontario, Canada, 2004.
- [8] Fostervoll H. , Aune R. , Berge J. O. , Woodward N. ; Remotely Controlled Hyperbaric Welding of Subsea Pipelines; 6th Pipeline Technology Conference; 2011.
- [9] Garašić I.; Osjetljivost čelika X70 na hladne pukotine pri mokrom podvodnom zavarivanju; Doktorski rad; Zagreb 2008.
- [10] HRVATSKI OPERATOR TRŽIŠTA ENERGIJE d.o.o.; interna dokumentacija
- [11] I. Garašić, EPP - elektrolučno zavarivanje taljivom elektrodom pod zaštitom praška, Podloge za predavanja na IWE/EWE tečaju, Hrvatsko društvo za tehniku zavarivanja, Zagreb, 2010.
- [12] IIW Manufacturer Certification Scheme for the Mangement of Quality in Welding: Guidance for the Implementation of ISO 3834 Oriented to Welded Product Standards, EWF-IAB/IIW Secretariat Porto Salvo Portugal, 2012.
- [13] Ivan Samardžić: Kvaliteta u zavarivanju, EWE Bjelovar, 2010.
- [14] K.H. Brensing, B. Sommer, Steel Tube and Pipe Manufacturing Processes, 2004.
- [15] Kralj S. , Kožuh Z. , Garašić I. ; Stanje i trendovi razvoja podvodnog zavarivanja i nerazornih ispitivanja; časopis Zavarivanje, br. 48, god. 2005.
- [16] Lisjak D., Predavanja iz kolegija „Ekologija i održavanje“
- [17] Maritime Welding Handbook, Unitor [http://www.wilhelmsen.com/services/maritime/companies/buss/DocLit/ProductLiterature/Documents/Welding\\_Handbook.pdf](http://www.wilhelmsen.com/services/maritime/companies/buss/DocLit/ProductLiterature/Documents/Welding_Handbook.pdf) ,
- [18] MONTER-STROJARSKE MONTAŽE d.d.; interna dokumentacija
- [19] Mudronja V. Predavanja iz kolegija „Upravljanje kvalitetom“
- [20] N. Jashari, I. Recica, Primjena postupka visokofrekventnog zavarivanja u proizvodnji čeličnih cijevi, Zavarivanje, br. 27, str. 113, 1984.
- [21] Nayyar, IM.L., 2007. Piping handbook: 7th edition. New York: McGraw –Hill



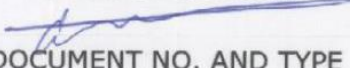
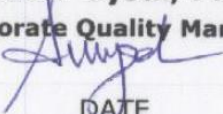
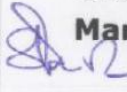



- [22] Noha, D., 2012. Izvještaj nakon "in-line" inspekcije magistralnog plinovoda Ivanja Reka – Ivanić Grad, Plinacro d.o.o.
- [23] Norma ANSI/ASME B31.8: Gas transmission and distribution piping system
- [24] Norma HRN EN 14 161: Industrija nafte i prirodnog plina – Sustav transporta cjevovodima
- [25] Norma HRN EN ISO 14 731:2008 Koordinacija zavarivanja - Zadaci i odgovornosti
- [26] Norma HRN EN ISO 15 614-1 Specifikacija i kvalifikacija postupaka zavarivanja za metalne materijale
- [27] Norma HRN EN ISO 3834:2007 Zahtjevi za osiguranje kvalitete kod postupaka zavarivanja taljenjem metalnih materijala
- [28] Norma HRN EN ISO 9001:2009 Sustavi upravljanja kvalitetom
- [29] Panevski, Analiza procesa zavarivanja kod proizvodnje cijevi, Zavarivanje, br. 20, str. 149, 1977.
- [30] Pipe mill technology - Hydrotester , Gräbener Maschinentechnik, 2012.
- [31] Pipe production by EUROPIPE, Nord Stream AG, 2010.
- [32] PLINACRO d.o.o., Desetogodišnji plan razvoja plinskog transportnog sustava Republike Hrvatske 2014. – 2023. godine
- [33] PLINACRO d.o.o.; interna dokumentacija
- [34] Pluvinage, G., Elwany, M.H.,2007. Safety, reliability and risks associated with water, oil and gas pipelines.Derdent: Springer
- [35] Podaci sa XXX međunarodnog znanstvenog susreta stručnjaka za plin, Opatija, 2015.
- [36] Pravilnik o tehničkim uvjetima i normama za siguran transport tekućih i plinovitih ugljikovodika magistralnim naftovodima i plinovodima te naftovodima i plinovodima za međunarodni transport (SL 26/1985).
- [37] Prof. dr. sc. Marko Pršić, dipl. ing. građ.; Pomorske građevine; Podmorski cjevovodi; Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet 2013.
- [38] Salzgitter Großohre GmbH, [www.smrw.de/files/steel\\_tube\\_and\\_pipe.pdf](http://www.smrw.de/files/steel_tube_and_pipe.pdf)
- [39] Štefanić N., Predavanja iz kolegija „Industrijsko inženjerstvo“
- [40] The Procedure Handbook Of Arc Welding - Fourteenth Edition, The James F, Lincoln Arc Welding Foundation, Cleveland, SAD, 2000.
- [41] Two-stage spiral pipe welding process, Danieli & C. Officine Meccaniche S.p.A., Buttrio, Italija, 2012.
- [42] Welding Fabrication Standards [http://www.ewf.be/media/documentosdocs/doc\\_55\\_welding\\_fabrication\\_standards.cracked.pdf](http://www.ewf.be/media/documentosdocs/doc_55_welding_fabrication_standards.cracked.pdf);
- [43] [www.cabletiesandmore.com](http://www.cabletiesandmore.com)
- [44] [www.dnvgl.com](http://www.dnvgl.com)

- [45] [www.eagleview.com](http://www.eagleview.com)
- [46] [www.engineerlive.com](http://www.engineerlive.com)
- [47] [www.iiwelding.org/Pages/Default.aspx](http://www.iiwelding.org/Pages/Default.aspx), preuzeto 28. svibnja 2015.
- [48] [www.jfe-eng.co.jp](http://www.jfe-eng.co.jp)
- [49] [www.jsm.or.jp/ejam/](http://www.jsm.or.jp/ejam/)
- [50] [www.napipelines.com](http://www.napipelines.com)
- [51] [www.pictometry.com](http://www.pictometry.com)
- [52] [www.pipefreeze.com/LineBypassingService.php](http://www.pipefreeze.com/LineBypassingService.php), preuzeto 26. svibnja 2015.
- [53] [www.pondt.hr/zavarivanjeall.pdf](http://www.pondt.hr/zavarivanjeall.pdf), preuzeto 19. svibnja 2015.
- [54] [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- [55] [www.sfsb.unios.hr/kth/zavar/tii/kbr\\_met.html](http://www.sfsb.unios.hr/kth/zavar/tii/kbr_met.html), preuzeto 28. svibnja 2015.
- [56] [www.statoil.com/en/TechnologyInnovation/Features/Pages/RemoteControlledWelding.aspx](http://www.statoil.com/en/TechnologyInnovation/Features/Pages/RemoteControlledWelding.aspx), preuzeto 19. svibnja 2015.
- [57] [www.swri.org/3pubs/ar2006/AppliedPhysics.htm](http://www.swri.org/3pubs/ar2006/AppliedPhysics.htm), preuzeto 19. svibnja 2015.
- [58] [www.swri.org/3pubs/today/Winter07/Pipelines.htm](http://www.swri.org/3pubs/today/Winter07/Pipelines.htm), preuzeto 28. svibnja 2015.
- [59] [www.waringengineering.co.uk/](http://www.waringengineering.co.uk/)
- [60] Zvonimir Lukačević: Osiguranje kvalitete energetskih postrojenja, Znanstveno-stručni časopis zavarivanje 5/6, Zagreb 1994.
- [61] Opći uvjeti opskrbe plinom (Narodne novine, br. 158/13)
- [62] [www.iea.org](http://www.iea.org)
- [63] [www.entsog.eu](http://www.entsog.eu)
- [64] [www.egig.eu](http://www.egig.eu)
- [65] [www.eurosil.eu](http://www.eurosil.eu)
- [66] [http://rgn.hr/~smihalic/nids\\_snjezanamihalic/15\\_poglavlje.pdf](http://rgn.hr/~smihalic/nids_snjezanamihalic/15_poglavlje.pdf), preuzeto 19. svibnja 2015.
- [67] [www.herrenknecht.com/en/products/core-products/tunnelling/hdd-rig.html](http://www.herrenknecht.com/en/products/core-products/tunnelling/hdd-rig.html), preuzeto 28. svibnja 2015.
- [68] [www.offshore-mag.com](http://www.offshore-mag.com)
- [69] [www.oceaneering.com](http://www.oceaneering.com)
- [70] [www.phmsa.dot.gov](http://www.phmsa.dot.gov)
- [71] [www.hall-longmore.co.za](http://www.hall-longmore.co.za)
- [72] [http://ndt-consultant.com/en/home\\_rss.php](http://ndt-consultant.com/en/home_rss.php), preuzeto 28. svibnja 2015.
- [73] [www.shawpipeline.com](http://www.shawpipeline.com)
- [74] [www.creaform3d.com/en](http://www.creaform3d.com/en)
- [75] [www.wermac.org/others/ndt\\_ut.html](http://www.wermac.org/others/ndt_ut.html), preuzeto 26. svibnja 2015.

- [76] [www.silverwingndt.com/magnetic-flux-leakage/pipescan-pipe-corrosion-detection](http://www.silverwingndt.com/magnetic-flux-leakage/pipescan-pipe-corrosion-detection) , preuzeto 19. svibnja 2015.
- [77] [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- [78] [www.aprodit.ru](http://www.aprodit.ru)
- [79] [www.umran.com](http://www.umran.com)
- [80] <http://usstubular.com>
- [81] [www.flyroutinely.com](http://www.flyroutinely.com)
- [82] [www.alsglobal.com](http://www.alsglobal.com)
- [83] Norma Offshore standard DNV-OS-F101 Submarine Pipeline Systems, DNV, 2010.
- [84] Pavlović, D., (2011), "Optimizacija plinskog sustava Republike Hrvatske integriranjem terminala za ukapljeni prirodni plin," , Doktorska disertacija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu

## 13. PRILOZI

### 13.1. Plan testiranja i inspekcije za cijevi plinovoda Kutina 1 – Dobrovac proizvedene visokofrekvencijskim zavarivanjem

0	29.01.2013		Issued for approval.
B	11.01.2013		Issued for review.
A	20.12.2012		Issued for review.
REV. NO.	DATE		DESCRIPTION
DOCUMENT TITLE			
<b>Inspection and Test Plan for HFW Pipe</b>			
<b>MONTER</b> <b>Dubravko Kamenečki</b> <b>Construction Manager</b> 		<b>UMRAN Steel Pipe</b> <b>A.Kadir Uysal, Ph.D.</b> <b>Corporate Quality Manager</b> 	<b>3rd Party/</b> <b>Croatiainspect</b> <b>Mario Stambuk</b> <b>Director</b> 
DOCUMENT NO. AND TYPE		DATE	REV.
UMR-ITP-12-503-HFW		29.01.2013	0
PROJECT NAME			
<b>MAIN GAS PIPELINE KUTINA 1 – DOBROVAC DN 200/50 BAR</b>			
PURCHASER			
		<b>MONTER-STROJARSKE MONTAŽE D.D.</b>	
CLIENT			
		<b>PLINACRO D.O.O.</b>	
SUPPLIER			
		<b>UMRAN CELIK BORU SAN. A.S.</b>	

**PROJECT SUMMARY**

<b>PROCESS of MANUFACTURE</b>	High Frequency Welding (HFW/HFI)					
<b>PRODUCTION</b>	<b>ITEM NO</b>	<b>SIZE (mm)</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>EXTERNAL COATING</b>	<b>INTERNAL LINING</b>	<b>QUANTITY (m)</b>
	1	219,1 x 4,8	X52M	PE	ICE	3.696
	2	219,1 x 5,2	X52M	PE	ICE	19.860
	3	219,1 x 5,6	X52M	PE	ICE	6.936
	4	219,1 x 6,4	X52M	PE	ICE	1050
	5	219,1 x 5,2	X52M	PE+RCC	ICE	36
	6	219,1 x 5,6	X52M	PE+RCC	ICE	240
	7	219,1 x 6,4	X52M	PE+RCC	ICE	192
	8	219,1 x 6,4	X52M	PE (7 mm)	ICE	78
	9	60,3 x 3,9	X52M	PE	ICE	180
	10	60,3 x 3,9	X52M	PE+RCC	ICE	24
<b>SPECIFICATION</b>	Contract for Delivery of Steel Pipes No:18191/12 and Annex1 Price Schedule I-06-295-GP PIPES SPECIFICATION API 5L 44 <sup>th</sup> Edition Specification For Line Pipe					
<b>COATINGS</b>	RCC : Reinforced Concrete Coating HDPE : High Density Polyethylene Coating					
<b>LINING</b>	ICE : Flow Coat Epoxy					



UMRAN  
CELIK BORU  
SAN. A.S.

Title:

## Inspection and Test Plan for HFW Pipe MAIN GAS PIPELINE KUTINA 1 – DOBROVAC DN 200/50 BAR

Document no:

UMR-ITP-12/503-  
HFW

Rev.:

0

Page no:  
3/9

NO	DESCRIPTION OF THE ACTIVITY	ACCEPTANCE CRITERIA / METHOD	CONTROLLING DOCUMENT	PERFORMED BY	FREQUENCY	QUALITY RECORD	UMRAN	3 <sup>rd</sup> Party												
1.0	Incoming HRC	Incoming material control	API 5L X52M PSL2	PLN/QAC	Each coil, lot or batch	Release notes	H	R												
<b>2.0 Forming and welding</b>																				
2.1	Coil identification	Identification traceability of pipe and materials	Umrn Procedure KP 753.01	PRD/QAC	Each coil	HRC Release note	H	C												
2.2	Edge Preparation	Visual and dimensional check for machining quality	WPS	PRD/QAC	Continuously	WPS	C	C												
2.3	Automatic UT inspection of coil lamination - Calibration	Calibration shall be done at the beginning of production and verification shall be done 2 per shift, according to API 5L. Instrument standardization shall be confirmed prior to turning the unit off at the end of the inspection cycle.	API 5L Annex E Item 5.3.2	QAC	2 per shift	Shift report	H	C												
2.4	Automatic UT inspection of coil lamination	Automatic UT inspection of lamination (Coil edges and body) according ASTM A 578.	Project Spec 1.6.2	QAC	Continuously	Shift report	H	C												
2.5	Forming	Visual and Dimensional Control	WPS	PRD/QAC	Continuously	Shift report	C	C												
2.6	Welding	Continuous monitoring of welding parameters	WPS	PRD/QAC	Continuously	Shift report	H	C												
2.7	Inner and outer weld trimming	The Outer trim to be removed. The weld bead shall not exceed above prolongation of original surface by more than 0.5 mm inside and 0.3 mm outside.  <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>Spec. WT [mm]</th> <th>Depth of groove [mm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.9</td> <td>0,39</td> </tr> <tr> <td>4.8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.2</td> <td>0,40</td> </tr> <tr> <td>5.6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6.4</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Spec. WT [mm]	Depth of groove [mm]	3.9	0,39	4.8		5.2	0,40	5.6		6.4		Project Spec. 1.5.2 API 5L 9.13.2	PRD/QAC	Continuously	WPS	C	C
Spec. WT [mm]	Depth of groove [mm]																			
3.9	0,39																			
4.8																				
5.2	0,40																			
5.6																				
6.4																				
2.8	Heat Treatment - Normalizing	Weld and heat affected zone shall be heat treated 930 °C +/- 50 °C	WPS	PRD/QAC	Continuously	Shift report	H	C												
2.9	Cooling	Cooling Temperature (cooling tunnel entrance): max. 300 °C	WPS	PRD/QAC	Continuously	N.A.	C	C												
2.10	Length Cutting	Production lengths between 8 and 16 m Nominal length 14 m Min. length for 95% of pipes 13 m No pipes less than 8 meters will be accepted	Project Spec. 1.4.1	QAC	Each pipe	Shift report	H	C												

VERIFY THAT IS THE CORRECT REVISION BEFORE USE



UMRAN  
CELIK BORU  
SAN. A.S.

Title:

## Inspection and Test Plan for HFW Pipe MAIN GAS PIPELINE KUTINA 1 – DOBROVAC DN 200/50 BAR

Document no:

UMR-ITP-12/503-  
HFW

Rev.:

0

Page no:

4/9

NO	DESCRIPTION OF THE ACTIVITY	ACCEPTANCE CRITERIA / METHOD	CONTROLLING DOCUMENT	PERFORMED BY	FREQUENCY	QUALITY RECORD	UMRAN	3 <sup>rd</sup> Party																		
2.11	Flattening Test	Flattening test for welded pipe (from pipe body and pipe weld)	API 5L 9.6	PRD/QAC	Each Coil	Shift report	H	H																		
2.12	Pipe Marking	Marking of pipe number shall be one pipe end inside. Identification and traceability of pipe.	KP 753-01	PRD	Each pipe	Shift report	H	C																		
2.13	Sampling of Test Coupon	Lot: 100 pipes of same heat. Heat analysis for coil frequency shall be <b>one per heat</b> . Product analysis frequency shall be <b>two per heat</b> .	Project Spec 1.3.1 API 5L Table 18.	PRD/QAC	1/100 pipe per heat	Shift report	H	H																		
2.14	Straightening	Dimensional Inspection Shall not exceed 0,15 % pipe length.	Project Spec. 1.4.2	PRD	Each pipe	Shift report	H	C																		
2.15	Beveling	Bevel angle 30° (+ 5° - 0°) Root face: 1,6 ± 0,8 mm	API 5L 9.12.5.2	PRD/QAC	Each pipe	Shift report	H	C																		
2.16	Hydrostatic Test	No leaks. Minimum test duration is 20 seconds. <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Diameter [mm]</th> <th>Spec. WT [mm]</th> <th>Test Pressure [bar]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>219.1</td> <td>4.8</td> <td>142</td> </tr> <tr> <td>219.1</td> <td>5.2</td> <td>154</td> </tr> <tr> <td>219.1</td> <td>5.6</td> <td>166</td> </tr> <tr> <td>219.1</td> <td>6.4</td> <td>190</td> </tr> <tr> <td>60.3</td> <td>3.9</td> <td>205</td> </tr> </tbody> </table>	Diameter [mm]	Spec. WT [mm]	Test Pressure [bar]	219.1	4.8	142	219.1	5.2	154	219.1	5.6	166	219.1	6.4	190	60.3	3.9	205	Project Spec 1.3.4 API 5L 10.2.6.5	PRD/QAC	Each pipe	Shift report	H	W
Diameter [mm]	Spec. WT [mm]	Test Pressure [bar]																								
219.1	4.8	142																								
219.1	5.2	154																								
219.1	5.6	166																								
219.1	6.4	190																								
60.3	3.9	205																								
<b>3.0 Visual and Dimensional Control</b>																										
3.1	Outside diameter of pipe body	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Diameter [mm]</th> <th>Min. Diameter [mm]</th> <th>Max. Diameter [mm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>219.1</td> <td>217.45</td> <td>220.74</td> </tr> <tr> <td>60.3</td> <td>59.84</td> <td>60.75</td> </tr> </tbody> </table>	Diameter [mm]	Min. Diameter [mm]	Max. Diameter [mm]	219.1	217.45	220.74	60.3	59.84	60.75	API 5L Table 10	QAC	Each pipe	Shift report	H	W									
Diameter [mm]	Min. Diameter [mm]	Max. Diameter [mm]																								
219.1	217.45	220.74																								
60.3	59.84	60.75																								
3.2	Outside diameter at pipe ends.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Diameter [mm]</th> <th>Min. Diameter [mm]</th> <th>Max. Diameter [mm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>219.1</td> <td>218.00</td> <td>220.19</td> </tr> <tr> <td>60.3</td> <td>59.9</td> <td>61.9</td> </tr> </tbody> </table>	Diameter [mm]	Min. Diameter [mm]	Max. Diameter [mm]	219.1	218.00	220.19	60.3	59.9	61.9	API 5L Table 10	QAC	Each pipe	Shift report	H	W									
Diameter [mm]	Min. Diameter [mm]	Max. Diameter [mm]																								
219.1	218.00	220.19																								
60.3	59.9	61.9																								
3.3	Wall thickness	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Spec. WT [mm]</th> <th>Min. WT [mm]</th> <th>Max. WT [mm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.9</td> <td>3.4</td> <td>4.4</td> </tr> <tr> <td>4.8</td> <td>4.3</td> <td>5.3</td> </tr> <tr> <td>5.2</td> <td>4.68</td> <td>5.72</td> </tr> <tr> <td>5.6</td> <td>5.04</td> <td>6.16</td> </tr> <tr> <td>6.4</td> <td>5.76</td> <td>7.04</td> </tr> </tbody> </table>	Spec. WT [mm]	Min. WT [mm]	Max. WT [mm]	3.9	3.4	4.4	4.8	4.3	5.3	5.2	4.68	5.72	5.6	5.04	6.16	6.4	5.76	7.04	API 5L Table 11	QAC	Each pipe	Shift report	H	W
Spec. WT [mm]	Min. WT [mm]	Max. WT [mm]																								
3.9	3.4	4.4																								
4.8	4.3	5.3																								
5.2	4.68	5.72																								
5.6	5.04	6.16																								
6.4	5.76	7.04																								

VERIFY THAT IS THE CORRECT REVISION BEFORE USE



UMRAN  
CELİK BORU  
SAN. A.Ş.

Title:

## Inspection and Test Plan for HFW Pipe MAIN GAS PIPELINE KUTINA 1 – DOBROVAC DN 200/50 BAR

Document no:

UMR-ITP-12/503-  
HFW

Rev.:

0

Page no:

5/9

NO	DESCRIPTION OF THE ACTIVITY	ACCEPTANCE CRITERIA / METHOD	CONTROLLING DOCUMENT	PERFORMED BY	FREQUENCY	QUALITY RECORD	UMRAN	3 <sup>rd</sup> Party
3.4	Length	Production lengths between 8 to 16 m. Nominal length 14 m. Min. length for 95% of pipes 13 m. No pipes less than 8 meters will be accepted.	Project Spec. 1.4.1	QAC	Each pipe	Shift report	H	W
3.5	Out of roundness	Diameter [mm] 60.3 1.20 219.1 4.38 Pipe Body [mm] Pipe End [mm] 0.90 3.28	API 5L Table 10	QAC	Each pipe	Shift report	H	W
3.6	Straightness	Shall not exceed 0,15 % pipe length Local deviation at pipe ends: max. 4mm/1m pipe	API 5L 9.11.3.4	QAC	Each pipe	Shift report	H	W
3.7	Pipe ends	Pipe ends shall be beveled. Bevel angle 30° (+ 5° - 0°) Root face: 1,6 ± 0,8 mm. Pipe ends shall be protected with plastic cap protectors.	API 5L 9.12.5.2 Project Spec	QAC	Each pipe	Shift report	H	W
3.8	Squareness	Max. 1,6 mm	API 5L 9.12.1.4	QAC	2 per shift	Shift report	H	W
3.9	Weight control	Spec. Size [mm] Min. unit wt. [kg/m] Max. unit wt. [kg/m] 60.3 x 3.9 5,23 5,97 219.1x 4.8 24,48 27,90 219.1x 5.2 26,47 30,17 219.1 x 5.6 28,45 32,43 219,1 x 6.4 32,39 36,93	API 5L 9.14.1	QAC	Each pipe	Shift report	H	W
3.10	Residual magnetism	Average ≤ 30 Gauss No one reading shall exceed 35 Gauss as per API 5L Annex E.7.6	API 5L ANNEX E	QAC	2 per shift	Shift report	H	W
3.11	Dents	The depth of dents max. 2 mm and length not exceeding one half of outside diameter. All cold dents with a sharp bottom gauge deeper than 0.8 mm shall be considered unacceptable pipe. All dents in the weld area are considered unacceptable defects.	Project spec. API 5L 9.10.5.2	QAC	Each pipe	Shift report	H	W
3.12	Height of Flash of ERW	The Outer trim shall be removed. The depth of groove from trimming and inside flash contour of the pipe: Spec. WT [mm] Max. depth of groove [mm] 3.9 0.39 4.8 0.40 5.2 0.40 5.6 0.40 6.4 0.40	API 5L Table 15	QAC	2 per shift	Shift report	H	W

VERIFY THAT IS THE CORRECT REVISION BEFORE USE





UMRAN  
CELIK BORU  
SAN. A.S.

Title:

## Inspection and Test Plan for HFW Pipe MAIN GAS PIPELINE KUTINA 1 – DOBROVAC DN 200/50 BAR

Document no:

UMR-ITP-12/503-  
HFW

Rev.:

0

Page no:

6/9

NO	DESCRIPTION OF THE ACTIVITY	ACCEPTANCE CRITERIA / METHOD	CONTROLLING DOCUMENT	PERFORMED BY	FREQUENCY	QUALITY RECORD	UMRAN	3 <sup>rd</sup> Party
3.1.3	Cracks	Any crack is unacceptable, shall be cut off and/or Rejected	Project Spec. Item 1.6.3	QAC	Each pipe	Shift report	H	W
3.1.4	Other Defects	Any imperfection deeper than % 10 of the nom. WT of pipe (max. 1 mm) is considered and repaired with grinding. Lack of fusion and lack of penetration are never allowed. Not allowed repair of pipe body and weld zone by welding	Project spec. API 5L 9.10.7	QAC	Each pipe	Shift report	H	W
<b>4.0 Pipe End Ultrasonic Inspection (Manual)</b>								
4.1	Pipe End UT of weld seam - Calibration	Calibration shall be done at the beginning of production and verification shall be done 2 times per shift. Instrument standardization shall be confirmed prior to turning the unit off at the end of the inspection cycle. Min. 300 mm from pipe end shall be checked with Manual UT. Any defect above the acceptance level is unacceptable.	API 5L Annex E	QAC	2 per shift	Shift report	H	W
4.2	Pipe end UT of weld seam	Calibration shall be done at the beginning of production and verification shall be done 2 times per shift. Instrument standardization shall be confirmed prior to turning the unit off at the end of the inspection cycle. Each pipe end of each pipe shall be ultrasonic inspected on a circumferential band at least 50 mm wide including the bevel edge to detect laminations and inclusions. Along the same band, the ultrasonic testing shall be made using probes for the detection radial crack-like longitudinal defects. No crack shall be allowed.	Project Spec. 1.6.4	QAC	Each pipe	Shift report	H	C
4.3	Pipe End UT for lamination - Calibration	Calibration shall be done at the beginning of production and verification shall be done 2 times per shift. Instrument standardization shall be confirmed prior to turning the unit off at the end of the inspection cycle.	API 5L Annex E	QAC	2 per shift	Shift report	H	W
4.4	Pipe end UT for lamination	Calibration shall be done at the beginning of production and verification shall be done 2 times per shift. Instrument standardization shall be confirmed prior to turning the unit off at the end of the inspection cycle. Each pipe end of each pipe shall be ultrasonic inspected on a circumferential band at least 50 mm wide including the bevel edge to detect laminations and inclusions. Along the same band, the ultrasonic testing shall be made using probes for the detection radial crack-like longitudinal defects. No crack shall be allowed.	Project Spec. 1.6.5	QAC	Each pipe	Shift report	H	C
<b>5.0 Automatic Ultrasonic Test</b>								
5.1	Automatic UT of weld seam - Calibration	Calibration shall be done at the beginning of production and verification shall be done 2 times per shift. Instrument standardization shall be confirmed prior to turning the unit off at the end of the inspection cycle.	API 5L Annex E	QAC	2 per shift.	Shift report	H	W
5.2	Automatic UT of weld seam	Entire weld seam shall be inspected by automatic UT.	Project Spec. 1.6.3	QAC	Each pipe	Color marking and shift report	H	C
5.3	Manual UT control for verification of automatic UT control - calibration	Calibration shall be done at the beginning of production and verification shall be done 2 times per shift. Instrument standardization shall be confirmed prior to turning the unit off at the end of the inspection cycle.	API 5L Annex E	QAC	2 per shift.	Shift report	H	W
5.4	Manual UT control for verification of automatic UT control	Min. 300 mm from pipe end shall be checked with Manual UT. Any defect above the acceptance level is unacceptable.	Project Spec. 1.6.4	QAC	Each suspicious locations	Shift report	H	C

VERIFY THAT IS THE CORRECT REVISION BEFORE USE

Umrans Celik Boru Sanayi A.S  
QAC Department, January 29, 2013



UMRAN  
CELİK BORU  
SAN. A.S.

Title:

## Inspection and Test Plan for HFW Pipe MAIN GAS PIPELINE KUTINA 1 – DOBROVAC DN 200/50 BAR

Document no:

UMR-ITP-12/503-  
HFW

Rev.:

0

Page no:

7/9

NO	DESCRIPTION OF THE ACTIVITY	ACCEPTANCE CRITERIA / METHOD	CONTROLLING DOCUMENT	PERFORMED BY	FREQUENCY	QUALITY RECORD	UMRAN	3 <sup>rd</sup> Party																								
<b>6.0 Chemical &amp; Mechanical Testing</b>																																
6.1	Chemical analysis	API 5L 44 <sup>th</sup> ed. Table 5, Project Spec. As per X52M PSL2 CE <sub>IIW</sub> ≤ 0.43 % C > 0.12% CE <sub>PCM</sub> ≤ 0.25 % C ≤ 0.12%	API 5L Table 5 Project Spec. 1.3.2	QAC	1 per Lot	Test report	H	C																								
6.2	Tensile tests – Transverse	X52M = 360 MPa ≤ YS ≤ 530 MPa 460 MPa ≤ UTS ≤ 760 MPa	API 5L Table 7 Project Spec. 1.3.3	QAC	1 per 100 pipes per heat	Test Report	H	H																								
6.3	Weld tensile tests	YS/UTS ≤ 0.85  X52M = UTS ≥ 460 MPa	API 5L Table 7	QAC	1 per 100 pipes per heat	Shift report	H	H																								
6.4	Charpy tests	Charpy V-notch impact test: 3 transverse specimens shall be taken from the base material acc. to API 5L Table 22. Min. average shear fracture area shall be 85 %. Test temperature 0 °C. <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>WT (mm)</th> <th>Size (mm)</th> <th>Min.Avg. Value (joule)</th> <th>Min ind. Value (joule)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.9</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4.8</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.2</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>5.6</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6.4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> In any case the wall thickness of HRC material is higher than 6.5 mm specified in Table 22, Charpy test will be performed.	WT (mm)	Size (mm)	Min.Avg. Value (joule)	Min ind. Value (joule)	3.9				4.8				5.2	N/A	N/A	N/A	5.6				6.4				Project Spec. 1.3.3 API 5L Table 8 Table 22	1 per set 100 pipes per heat	Test Report	H	H	
WT (mm)	Size (mm)	Min.Avg. Value (joule)	Min ind. Value (joule)																													
3.9																																
4.8																																
5.2	N/A	N/A	N/A																													
5.6																																
6.4																																
6.5	Fracture Propagation Resistance	For determining CVN absorbed energy values the provisions in Annex G shall be applied for 4.8 mm W.T. acc. to Table G.2 and another w.t. acc. to Table G1 as per below. <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>WT (mm)</th> <th>Size (mm)</th> <th>Min.Av. Value (joule)</th> <th>Min ind. Value (joule)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.9</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4.8</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.2</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>5.6</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6.4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> In any case the wall thickness of HRC material is higher than 6.5 mm specified in Table 22, Charpy test will be performed.	WT (mm)	Size (mm)	Min.Av. Value (joule)	Min ind. Value (joule)	3.9				4.8				5.2	N/A	N/A	N/A	5.6				6.4				Project Spec. 1.3.3 API 5L Annex G Table 1 & 2.	QAC	1 per each item.	Test Report	H	H
WT (mm)	Size (mm)	Min.Av. Value (joule)	Min ind. Value (joule)																													
3.9																																
4.8																																
5.2	N/A	N/A	N/A																													
5.6																																
6.4																																

VERIFY THAT IS THE CORRECT REVISION BEFORE USE

Umran Celik Boru Sanayi A.S.  
QAC Department, January 29, 2013



UMRAN  
CELIK BORU  
SAN. A.S.

Title:

## Inspection and Test Plan for HFW Pipe MAIN GAS PIPELINE KUTINA 1 – DOBROVAC DN 200/50 BAR

Document no:

UMR-ITP-12/503-  
HFW

Rev.:

0

Page no:

8/9

NO	DESCRIPTION OF THE ACTIVITY	ACCEPTANCE CRITERIA / METHOD	CONTROLLING DOCUMENT	PERFORMED BY	FREQUENCY	QUALITY RECORD	UMRAN	3 <sup>rd</sup> Party
6.6	Metallographic examination	Heat treatment of the heat affected zone shall be demonstrated by metallographic examination.	Project Spec. & API 5L 10.2.5	QAC	1 per shift	Shift report	H	H
6.7	Hardness	Max. 345 Hv10	API 5L 9.10.6	QAC	1 per heat	Test Report	H	H
7.0	Procedure qualification tests	Qualification tests shall be made acc. to standard.	ASME BPVC Section IX	QAC	1 per WPS	PQR Report	H	H
8.0	Acceptance of Bare Pipes	All production, inspection, shift, and test records Inspection and test for acceptance of finished pipes. Final pipe list shall be issued after acceptance of bare pipes.	Umrans Procedure KP 824-04 KP 824-11	QAC	Each pipe	Release List	H	H
9.0	Coating	External coating and lining will be applied as per coating/lining ITP. Pipe ends shall be protected with plastic caps.	Project Spec.	QAC	Each pipe	Release List	H	H
10.0	Certification and Final Packing List	Mill test certificate and packing list shall be issued before delivery for each item per shipment. Release Notice shall be issued before delivery for each shipment by 3 <sup>rd</sup> party.	EN 10204 3.2 Project Spec.	QAC	Certificate per item per shipment.	Mill Test Cert. Packing List	H	H

### LEGEND

R	Review	QAC	Quality Assurance & Quality Control
H	Hold	PRD	Production Department
HF	Hold for first test only	PLN	Planning Department
C	Check	WPS	Welding Procedure Specification
W	Witness	PQR	Procedure Qualification Record

VERIFY THAT IS THE CORRECT REVISION BEFORE USE

Umrans Celik Boru Sanayi A.S.  
QAC Department, January 26, 2013



UMRAN  
CELİK BORU  
SAN. A.Ş.

Title:

Inspection and Test Plan for HFW Pipe  
**MAIN GAS PIPELINE KUTINA 1 – DOBROVAC DN 200/50 BAR**

Document no:

UMR-ITP-12/503-  
HFW

Rev.:

0

Page no:

9/9

### DOCUMENT MATRIX

#### Referenced documents

Type	Document no.	Rev.	Date	Original title	English Title
Contract document	I-06-295-GP	-	-	Pipes Specification	Pipes Specification
Standard	API Spec 5L	44 <sup>th</sup>	October 2008	Specification for line pipe	Specification for line pipe
Standard	ASTM A578/A578M	-	2001	Standard specification for straight-beam ultrasonic examination of plain and clad steel plates for special applications	Standard specification for straight-beam ultrasonic examination of plain and clad steel plates for special applications
Standard	ASME SEC.IX	-	01-Jul-2010	ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section IX: Welding and Brazing Qualifications.	ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section IX: Welding and Brazing Qualifications.

#### Internal documents

Type	Document no.	Rev.	Date	Original title	English Title
Procedure	KP 753.01	8	15.02.2012	Boru ve malzemelerin tanımlanması ve izlenebilirlik	Identification of pipe and material and traceability
Procedure	KP 824.04	4	01.10.2008	Tamamlanmış boruların kabul muayenesi ve testleri	Final inspection and test for acceptance of finished pipes
Procedure	KP 824.11	5	15.02.2012	Boyutsal ve Görsel Muayene	Visual and Dimensional Inspection

All other documents that are not stated above shall be presented during Production.

VERIFY THAT IS THE CORRECT REVISION BEFORE USE

UmrAn, Çelik Boru Sanayii A.Ş.  
QAC Department, January 29, 2013

13.2. Ispitivanje i testiranje vanjske polietilenske izolacije (tri sloja)

REV. NO.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED & CHECKED	APPROVED	CUST. / 3 <sup>rd</sup> PARTY
0	29.01.2013	Issued for Approval	ONE	MEB	KUY
B	11.01.2013	Issued for Review	ONE	MEB	KUY
A	20.12.2012	Issued for Review	ONE	MEB	KUY
			UMRAN		

DOCUMENT TITLE

**Inspection and Test Plan for 3 Layer HDPE Coating of Line Pipe**


<b>MONTER</b> Dubravko Kamenečki Construction Manager	<b>UMRAN Steel Pipe</b> A.Kadir Uysal, Ph.D. Corporate Quality Manager	3rd Party/ Croatiainspect Mario Stambuk Director
---	--	--

DOCUMENT NO. AND TYPE	DATE	REVISION
UMR-ITP-12/503-3LPE	29.01.2013	0


PROJECT NAME

**MAIN GAS PIPELINE KUTINA 1 – DOBROVAC DN 200/50 BAR**


PURCHASER

	<b>MONTER-STROJARSKE MONTAŽE D.D.</b>
---	---------------------------------------

CLIENT

	<b>PLINACRO D.O.O.</b>
---	------------------------

SUPPLIER

	<b>UMRAN CELIK BORU SAN. A.S.</b>
---	-----------------------------------

**PROJECT SUMMARY**

<b>PROCESS of MANUFACTURE</b>	High Frequency Welding (HFW/HFI)					
<b>PRODUCTION</b>	<b>ITEM NO</b>	<b>SIZE (mm)</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>EXTERNAL COATING</b>	<b>INTERNAL LINING</b>	<b>QUANTITY (m)</b>
	1	219,1 x 4,8	X52M	PE	ICE	3.696
	2	219,1 x 5,2	X52M	PE	ICE	19.860
	3	219,1 x 5,6	X52M	PE	ICE	6.936
	4	219,1 x 6,4	X52M	PE	ICE	1050
	5	219,1 x 5,2	X52M	PE+RCC	ICE	36
	6	219,1 x 5,6	X52M	PE+RCC	ICE	240
	7	219,1 x 6,4	X52M	PE+RCC	ICE	192
	8	219,1 x 6,4	X52M	PE (7 mm)	ICE	78
	9	60,3 x 3,9	X52M	PE	ICE	180
	10	60,3 x 3,9	X52M	PE+RCC	ICE	24
<b>SPECIFICATION</b>	Contract for Delivery of Steel Pipes No:18191/12 and Annex1 Price Schedule I-06-295-GP PIPES SPECIFICATION API 5L 44 <sup>th</sup> Edition Specification For Line Pipe					
<b>COATINGS</b>	RCC : Reinforced Concrete Coating HDPE : High Density Polyethylene Coating					
<b>LINING</b>	ICE : Flow Coat Epoxy					



Title:

## Inspection and Test Plan for 3 Layer HDPE Coating of Line Pipe MAIN GAS PIPELINE KUTINA 1 – DOBROVAC DN 200/50 BAR

Document no.

UMR-ITP-  
12/503-3LPE

Rev.:

0

Page no.:

3/6

NO	ACTIVITY	DESCRIPTION OF THE ACTIVITY	ACCEPTANCE CRITERIA / METHOD	CONTROLLING DOCUMENT	BY	SAMPLING	QUALITY RECORD	UMR	CUST.												
1.0 Incoming material control																					
1.1	Incoming FBK, Co adhesive and PE	MTC & PI control and re-view acceptance visual control	Input control , KP.824.02	Project Spec.	PLN/QAC	Each lot & Batch	Release note	H	R												
2.0 Preparation before sand blasting																					
2.1	Surface Preparation	Check of pipe surface quality	The surface shall be free of oil, grease, moisture etc. Pipe temperature shall be kept of least 3 °C above ambient dew point. If needed, pre-heating shall be applicable prior to blasting.	DIN30670 MFS	PRD/QAC	Continuously	Shift report	H	C												
2.2	Temperature control	Check of Temperature		Project Spec. MFS	PRD/QAC	3 per shift	Shift report	H	C												
3.0. Coating Preparation																					
3.1	Inspection & Tests	Control of surface profile	Surface roughness 30-90 µ by using measuring device	Project Spec. MFS	GAC	1 per 20 pipes	Shift report	H	C												
3.2	Inspection & Tests	Control of surface preparation degree	Surface roughness 30-90 µ by using comparator	Project Spec. MFS	GAC	5 per shift	Shift report	H	C												
3.3	Inspection & Tests	Control of surface preparation degree Control for dust contamination	SA 2 ½; ISO 8501-1 by using pictorial standard Category - Level 4 Class Level 4 ISO 8502 - 3	ISO 8501-1	GAC	1 per shift	Shift report	H	C												
3.4	Preheating for coating application	Monitoring pipe surface temperature Reading & recording of production Parameters	T<350 °C Manufacturer's recommendations	ISO 8502 - 3	GAC	1 per shift	Test report	H	C												
4.0 Three Layer Polyethylene Coating																					
4.1	First layer	Primer Epoxy	The epoxy primer thickness shall be min 0.050 mm.	Manufacturer's recommendations Manufacturer's recommendations	PRD/QAC	Continuously	Shift report	H	C												
4.2	Second Layer	Co adhesive	The adhesive thickness shall be min. 0.250 mm.		PRD/QAC	At the beginning of production and each parameter set-up	Test Report	H	C												
4.3	Final Layer	High density Polyethylene- Block	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Diameter (mm)</th> <th>Min.Thickness (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1-7</td> <td>219.1</td> <td>2.7</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>219.1</td> <td>7.0</td> </tr> <tr> <td>9-10</td> <td>40.3</td> <td>2.5</td> </tr> </tbody> </table>	Item	Diameter (mm)	Min.Thickness (mm)	1-7	219.1	2.7	8	219.1	7.0	9-10	40.3	2.5	DIN 30670 Project Spec.	GAC	Each pipe	Shift report	H	C
			Item	Diameter (mm)	Min.Thickness (mm)																
			1-7	219.1	2.7																
8	219.1	7.0																			
9-10	40.3	2.5																			

VERIFY THAT THIS IS THE CORRECT REVISION BEFORE USE.

Title:



**Inspection and Test Plan for 3 Layer HDPE Coating of Line Pipe  
MAIN GAS PIPELINE KUTINA 1 – DOBROVAC DN 200/50 BAR**

Document no:

**UMR-ITP-  
12/503-3LPE**

Rev.:

**0**

Page no:

**4/6**

NO	ACTIVITY	DESCRIPTION OF THE ACTIVITY	ACCEPTANCE CRITERIA / METHOD	CONTROLLING DOCUMENT	BY	SAMPLING	QUALITY RECORD	UMR	CUST./
5.0	Pipe End Preparation								
5.1	Pipe end preparation	Cut back preparation Cut back area shall be with temporary rust protection	80-90 mm distance to the pipe end shall be free from PE and adhesive The primer may be left to a minimum distance of 50 mm from the bevel.	Project Spec.	PRD/QAC	Each pipe	Shift report	H	C
6.0	PE Coating – Inspection & Tests								
6.1	Visual inspection	Surface inspection of PE coating	No cavities, wrinkles, bubbles, tears etc.	DIN30670	QAC	Each pipe	Shift report	H	C
6.2	Holiday test	Check for continuity @ 25 KV	No evidence of Holidays DIN 30670	DIN 30670	QAC	Each pipe	Test Report	H	C
6.3	Inspection & Tests	Adhesion strength on cut back area	60 N/cm @ 20 ± 5°C 40 N/cm @ 50 ± 5°C One strip specimen shall be used for each temperature.	DIN 30670 / 4.2.3 Project Spec.	QAC	1 / 100 pipes	Test Report	H	C
6.4	Inspection & Tests	Test for indentation resistance at laboratory	Max. depth 0.20 mm @ 23 ± 2 °C Max. depth 0.30 mm @ 70 ± 2 °C DIN 30670 / 4.2.5	DIN 30670 / 4.2.5 Project Spec.	QAC	2 per item 1-7 1 per item 8 1 per item 9-10	Test Report	H	C
6.5	Inspection & Tests	Test for elongation at break	Min. elongation 200 %	DIN 30670	QAC	1 test sample per each item	Test report	H	R
6.6	Inspection & Tests	Total Coating thickness	Item No Thickness 9-10 2.5 mm 8 7.0 mm 1-7 2.7 mm	Project Spec.	QAC	Each pipe, 12 measurements per pipe	Shift report	H	C
6.7	Inspection & Tests	Resistance to UV	The melt flow rate of test pieces shall not deviate by more than 35% of the original value. Bongallion shall be excess of half the original value. DIN 30670 / 4.2.9	DIN 30670 / 4.2.9	Supplier	N/A		C	R
6.8	Inspection & Tests	Transverse electric resistivity	Min. 10 <sup>10</sup> Ω.m <sup>2</sup> after 100 days DIN 30670 / 4.2.7	DIN 30670 / 4.2.7	Supplier	N/A	Supplier report or certificate of conformity by Supplier	C	R
6.9	Inspection & Tests	Heat Ageing	Melt flow rate < 35% original value DIN 30670 / 4.2.8	Melt flow rate < 35% original value DIN 30670 / 4.2.8	Supplier	N/A		C	R
6.10	Inspection & Tests	Chemical Resistance 60 days immersion test in 5% in volume of Sodium Hydroxide 5% in volume of Sodium Chloride 1% in volume of Nitric Acid	Coating to withstand the tests	ISO 7472 or ISO 7474	Supplier	N/A		C	R

VERIFY THAT THIS IS THE CORRECT REVISION BEFORE USE.





Title:

## Inspection and Test Plan for 3 Layer HDPE Coating of Line Pipe MAIN GAS PIPELINE KUTINA 1 – DOBROVAC DN 200/50 BAR

Document no:

**UMR-ITP-  
12/503-3LPE**

Rev.:

0

Page no:

5/6

NO	ACTIVITY	DESCRIPTION OF THE ACTIVITY	ACCEPTANCE CRITERIA / METHOD	CONTROLLING DOCUMENT	BY	SAMPUNG	QUALITY RECORD	UMR	CUST./										
6.11	Inspection & Tests	Environmental Resistance	ASTM D 1693	ASTM D 1693	Supplier	N/A	Supplier report or certificate of conformity by Supplier	C	R										
6.12	Inspection & Tests	Test for Impact Resistance on cut back area	Total number of impact shall be 30 on cut-back area Test Temp. 60 ± 3°C. Voltage 3.5 V Test duration 48 hours. The average diameter should not exceed 15 mm starting with 6mm hole.	DIN 30670 / 5.3.4 Project Spec.	QAC	1 test per day	Test Report	H	C										
6.13	Inspection & Tests	Test for cathodic disbondment in laboratory	Test Temp. 60 ± 3°C. Voltage 3.5 V Test duration 48 hours. The average diameter should not exceed 15 mm starting with 6mm hole.	Z245.21-02 Project Spec.	QAC	1 test per each item	Shift & Test Report	H	H										
7.0	Procedure Qualification Test	Test and inspection between item 2.0 and 7.0	Coating Procedure Qualification Tests	Project Spec.	QAC	At the beginning of production and each parameter set-up	Coating Procedure Qualification Test Report	H	H										
8.0	PE repair	Repair of defective coating	No more than 3 repairs shall be done on each individual pipe. Max area of the damaged coating not exceeding 100 cm <sup>2</sup>	DIN 30670 Project Spec.	FRD/QAC	Each defective pipe	Shift report & test report	H	C										
9.0	Marking	Markings shall be applied outside of one pipe end by point not less than 150 mm from pipe end acc. to API Spec 5L. Only pipe number on the other side of pipe inside.  Colour identification code shall be applied to item 1-8 as per below.  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Spec. WT [mm]</th> <th>Colour Code</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4.8</td> <td>Red</td> </tr> <tr> <td>5.2</td> <td>White</td> </tr> <tr> <td>5.6</td> <td>Yellow</td> </tr> <tr> <td>6.4</td> <td>Green</td> </tr> </tbody> </table> Colour ring coding shall be applied not less than 400mm from both ends.	Spec. WT [mm]	Colour Code	4.8	Red	5.2	White	5.6	Yellow	6.4	Green	Example: UMRAN SPEC 5L 0121.3 <AP> (MM/YY) DIA WT X521M PSL 2 HFV PIPE LENGTH: PIPE NO: HEAT NO: PIPE LENGTH: SUPE DIN 30670 S-V EPOXY API RP 5L2 -UMRAN LOGO (at the option of manufacturer) @ body of pipe - UMRAN- Plastic caps for pipe end protection shall be applied.	Project Spec. API 5L	Production & GC Dept.	Each pipe	Shift report & Finished Pipe	H	C
Spec. WT [mm]	Colour Code																		
4.8	Red																		
5.2	White																		
5.6	Yellow																		
6.4	Green																		
10.0	Acceptance of PE coated Pipes	All production, inspection, shift and test records	KP-824-04	Release List	QAC	Each pipe	Final Inspection Report	H	H										
11.0	Certification and Final Packing List	With each shipment mill test certificates will be issued for each size	KP-42-03	DIN 30670	QAC	1 per shipment for each size	Mill Test Certificate and Final Packing List	H	H										

VERIFY THAT THIS IS THE CORRECT REVISION BEFORE USE.

Umran Calk, Boca Sarajlija S.  
QAC Department Jan. 29, 2013

Title:



# Inspection and Test Plan for 3 Layer HDPE Coating of Line Pipe MAIN GAS PIPELINE KUTINA 1 – DOBROVAC DN 200/50 BAR

Document no:

UMR-ITP-  
12/503-3LPE

Rev.:

0

Page no:

6/6

### LEGEND

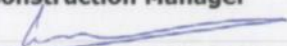
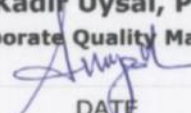
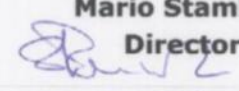
R	Review	QAC	Quality Assurance & Quality Control
H	Hold	PRD	Production Department
HF	Hold for first test only	PLN	Planning Department
C	Check	MPS	Manufacture Procedure Specification
W	Witness	CPQT	Coating Procedure Qualification Test

VERIFY THAT THIS IS THE CORRECT REVISION BEFORE USE




### 13.3. Inspekcija i testiranje vanjske cementne obloge

REV. NO.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED & CHECKED	APPROVED	MONTER & CI
0	29.01.2013	Issued for approval.	ONE	MEB	KUY
A	20.12.2012	Issued for review	ONE	MEB	KUY
			UMRAN		

DOCUMENT TITLE		
<b>Inspection and Test Plan for Concrete Coating of Line Pipe</b>		
<b>MONTER</b> <b>Dubravko Kamenečki</b> <b>Construction Manager</b> 	<b>UMRAN Steel Pipe</b> <b>A.Kadir Uysal, Ph.D.</b> <b>Corporate Quality Manager</b> 	<b>3rd Party/ Croatiainspect</b> <b>Mario Stambuk</b> <b>Director</b> 
DOCUMENT NO. AND TYPE UMR-ITP-12/503-RCC	DATE January 29, 2013	REV. 0

PROJECT NAME	
<b>MAIN GAS PIPELINE KUTINA 1 – DOBROVAC DN 200/50 BAR</b>	
PURCHASER	
 <b>MONTER-STROJARSKE MONTAŽE D.D.</b>	
CLIENT	
 <b>PLINACRO D.O.O.</b>	
SUPPLIER	
 <b>ÜMRAN ÇELİK BORU SANAYİİ A.Ş.</b>	

**PROJECT SUMMARY**

<b>PROCESS of MANUFACTURE</b>	High Frequency Welding (HFW/HFI)					
<b>PRODUCTION</b>	<b>ITEM NO</b>	<b>SIZE (mm)</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>EXTERNAL COATING</b>	<b>INTERNAL LINING</b>	<b>QUANTITY (m)</b>
	1	219,1 x 4,8	X52M	PE	ICE	3.696
	2	219,1 x 5,2	X52M	PE	ICE	19.860
	3	219,1 x 5,6	X52M	PE	ICE	6.936
	4	219,1 x 6,4	X52M	PE	ICE	1050
	5	219,1 x 5,2	X52M	PE+RCC	ICE	36
	6	219,1 x 5,6	X52M	PE+RCC	ICE	240
	7	219,1 x 6,4	X52M	PE+RCC	ICE	192
	8	219,1 x 6,4	X52M	PE (7 mm)	ICE	78
	9	60,3 x 3,9	X52M	PE	ICE	180
	10	60,3 x 3,9	X52M	PE+RCC	ICE	24
<b>SPECIFICATION</b>	Contract for Delivery of Steel Pipes No:18191/12 and Annex1 Price Schedule I-06-295-GP PIPES SPECIFICATION API 5L 44 <sup>th</sup> Edition Specification For Line Pipe					
<b>COATINGS</b>	RCC : Reinforced Concrete Coating HDPE : High Density Polyethylene Coating					
<b>LINING</b>	ICE : Flow Coat Epoxy					

Task



Inspection and Test Plan for Concrete Coating of Line Pipe  
MAIN GAS PIPELINE KUTINA 1 – DOBROVAC DN 200/50 BAR

Document no.

UMR-ITP-12/503-  
RCC

Rev.

0

Page no.

3

NO	ACTIVITY	DESCRIPTION OF THE ACTIVITY	ACCEPTANCE CRITERIA / METHOD	CONTROLLING DOCUMENT	BY	SAMPLING	QUALITY RECORD	UMR	CUST/
1.0	Incoming material control								
1.1	Incoming Materials - Cement, sand, fresh water, PP fibers, PP mesh and additives	MTC, analysis reports and PL control and review acceptance visual control	Input Inspections,	KP.824.02	PLN/QAC	Each lot & Batch	Release note	H	R
2.0	Surface preparation before brushing								
2.1	Surface Preparation	Check of polyethylene pipe surface quality	The PE surface shall be free of oil, grease, moisture etc.	Project Spec.	PRD/QAC	Continuously	Shift report	C	C
3.0	Preparation of Polyethylene for Concrete Coating by manually or automatically brushing								
3.1	Abrasive cleaning	Manually or automatically brushing to get a surface roughness to improve the adherence of the cement mortar.	Shall not be detrimental to the integrity of the Polyethylene coating and shall roughen the surface only.	UMR-QCP-12-503-RCC & Project Spec.	QAC	Each pipe	Shift report	C	C
3.2	Surface quality after abrasive cleaning	Surface profile on polyethylene coating	After abrasive cleaning the full surface should exhibit a dull roughened surface for the full surface area	UMR-QCP-12-503-RCC & Project Spec.	QAC	Each pipe	Shift report	C	C
3.3	Dust Contamination	Surface should be dust and contamination free	Visual Inspection after cleaning by clean dry compressed air or brush	UMR-QCP-12-503-RCC & Project Spec.	QAC	Each pipe	Shift report	C	C
3.4	Inspection of Polyethylene Surface after abrasive cleaning	Control checks for damage to Polyethylene coating	Visual and dimensional inspection ensuring no damage more than minimum of the coating film thickness	UMR-QCP-12-503-RCC & Project Spec.	QAC	Each pipe	Shift Report	C	C
3.5	Ambient Control	Monitoring the ambient parameters	Reading and Recording parameters Relative humidity max 90% Temperature min 5° C	UMR-QCP-12-503-RCC & Project Spec.	PRD/QAC	Continuously	Shift report	C	C
4.0	Application of Concrete Coatings								
4.1	Mixing of Concrete	The mortar shall be mixed in batch. Chopped polypropylene fibres may be added to increase the adhesion	Mixture ratio of one (1) batch of mortar shall be as per QCP-U-530-04	UMR-QCP-12-503-RCC	PRD/QAC	Continuously	Shift report	H	C
4.2	Application of polypropylene reinforcing mesh	Polypropylene mesh to be tensioned to ensure even and constant application. Minimum overlap is 0.5 cm.	Visual Inspection of applied concrete to verify no slippage or drag of coating	UMR-QCP-12-503-RCC	PRD/QAC	Each pipe	Shift Report	H	C
4.3	Application of concrete coating	Application to PP mesh reinforcing and cement mortar	Outer surface of coating is smoothed by manual means of a trowel or rug.	UMR-QCP-12-503-RCC	PRD/QAC	Each pipe	Shift report	c	C
4.4	Concrete Thickness	Measuring of concrete film thickness	Film thickness of concrete coating of 7 mm with -0, +5 mm 5 circumferential measurements	UMR-QCP-12-503-RCC	QAC	Each pipe	Shift report	H	C
4.5	Pipe end	Cut back preparation	250 – 300 mm distance to pipe end shall be free from concrete	UMR-QCP-12-503-RCC	QAC	Each pipe	Shift report	H	C
4.6	Concrete Repair	All pipes /areas found defective shall be repaired	Max area of coating shall not exceed 500 cm <sup>2</sup> for each pipe, max. number of repair is 5.	UMR-QCP-12-503-RCC	QAC	Defected Pipe	Shift report	H	W

VERIFY THAT THIS IS THE CORRECT REVISION BEFORE USE

Umm Al-Qura University A.S.  
QAC Department Jan 26, 2013

Title:



**Inspection and Test Plan for Concrete Coating of Line Pipe  
MAIN GAS PIPELINE KUTINA 1 – DOBROVAC DN 200/50 BAR**

Document no:

UMR-ITP-12/503-  
RCC

Rev.:

0

Page no:

4

NO	ACTIVITY	DESCRIPTION OF THE ACTIVITY	ACCEPTANCE CRITERIA / METHOD	CONTROLLING DOCUMENT	BY	SAMPLING	QUALITY RECORD	UMR	CUST/								
<b>5.0 Inspection &amp; Test</b>																	
5.1	Compressive strength test for concrete mix.	Compression test shall be performed on 40 x 40 x 160 mm of rectangular prism samples after 2 days and 7 days and 28 days curing periods	25 N/mm <sup>2</sup> Shipment is allowed after 2 days or 7 days or 28 days curing period with a test result of 25 N/mm <sup>2</sup>	UMR-QCP-12-503-RCC	Cement Supplier	1 per each O.D. / mixture	Test Certificate	H	H								
5.2	Bend test for concrete mix.	Bend test shall be performed after on 40 x 40 x 160 mm of rectangular prism samples 2 days and 7 days and 28 days curing periods	5 N/mm <sup>2</sup> Shipment is allowed after 2 days or 7 days or 28 days curing period with a test result of 5 N/mm <sup>2</sup>	UMR-QCP-12-503-RCC	Cement Supplier	1per each O.D. / mixture	Test Certificate	H	H								
<b>6.0 Handling, Storage &amp; Transportation</b>																	
6.1	Handling & storage in initial curing area	Concrete coated pipes are transferred to the initial curing area	- 1 day for handling purpose - 3 days for in plant transportation purpose - 28 days for delivery (road or rail or marine) transportation. Shipment is allowed as per 5.1 and 5.2	UMR-QCP-12-503-RCC	PRD, QAC, TRNS	Each Pipe	----	C	C								
6.2	Storage	After initial curing period is completed, pipes shall be transferred to the storage area	Storage in open area in two or three layers	UMR-QCP-12-503-RCC	PRD, QAC, TRNS	Each Pipe	----	C	C								
6.3	Transportation	Inland transportation and railway transportation of pipes. Markings shall be applied outside of one pipe end by paint not less than 450 mm from pipe end acc. to API Spec 5L.	Internal procedure Marking should be in SI units. API Spec 5L	UMR-QCP-12-503-RCC	PRD, QAC, TRNS	Each Pipe	----	C	C								
7.0	Marking	Only pipe number on the other side of pipe inside. Colour Identification code shall be applied to Item 5 to 7 as per below. <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <th>Spec. WT [mm]</th> <th>Colour Code</th> </tr> <tr> <td>5.2</td> <td>White</td> </tr> <tr> <td>5.6</td> <td>Yellow</td> </tr> <tr> <td>6.4</td> <td>Green</td> </tr> </table> Colour ring coding shall be applied not less than 400mm from both ends.	Spec. WT [mm]	Colour Code	5.2	White	5.6	Yellow	6.4	Green	Example: UMRAN SPEC 5L 0121.3 <API> (MM/YY) DIA. WT XS2M PSL 2 HFW PIPE NO: HEAT NO: PIPE LENGTH: 3LPE DIN 30670 S-V EPOXY API RP 5L2 -UMRAN LOGO (at the option of manufacturer) @ body of pipe - UMRAN® Plastic caps for pipe end protection shall be applied.	UMR-QCP-12-503-RCC	PRD, QAC,	Each Pipe	----	C	C
Spec. WT [mm]	Colour Code																
5.2	White																
5.6	Yellow																
6.4	Green																
<b>8.0 Final Inspection</b>																	
8.1	Final inspection of documentation for coated pipes	All production, inspection, test and shift reports shall be completed	Successfully performance	KP-824-04	QAC	Each pipe	Final Pipe List	H	C								

VERIFY THAT THIS IS THE CORRECT REVISION BEFORE USE.

Umm Al-Qura University  
QAC Department Jan 26, 2013

Title:



Inspection and Test Plan for Concrete Coating of Line Pipe  
MAIN GAS PIPELINE KUTTINA 1 – DOBROVAC DN 200/50 BAR

Document no:

UMR-ITP-12/503-  
RCC

Rev.:

0

Page no:

5

9.0. Documentation

Certification & Final Packing List	With each shipment mill test certificates will be issued for each size	Mill Test Certificate and Final Packing list shall be issued before delivery for each item per shipment. Release Notice shall be issued before delivery for each shipment by 3 <sup>rd</sup> party.	KP-42-03 EN 10204 / 3.2	PRD/QAC	Each Lot	Mill Test Certificate & Final Packing List	H	R, H

LEGEND

R	Review	QAC	Quality Assurance & Quality Control
H	Hold	PRD	Production Department
MF	Hold for first test only	PLN	Planning Department
C	Check	MPS	Manufacture Coating Procedure Specification
W	Witness	CPQT	Coating Procedure Qualification Test

Internal documents

Type	Document no.	Rev.	Date	Original title	English Title
Procedure	KP 753.01	6	15.02.2012	Boru ve malzemelerin tarimlanmasi ve idenebilirlik	Identification of pipe and material and traceability
Procedure	KP 824.04	4	01.10.2008	Tamirnamme bonularin kabul muayene ve testleri	Final inspection and test for acceptance of finished pipes
Procedure	KP 824.11	5	15.02.2012	Boyutsal ve Görsel Muayene	Visual and Dimensional Inspection
Procedure	UMR-QCP-12-503- RCC	0	29.01.2013	Beton Kaplama Proseduru	Concrete Coating Procedure

All other documents that are not stated above shall be presented during Production.

VERIFY THAT THIS IS THE CORRECT REVISION BEFORE USE

Ünvan Çelik Boru Sanayi A.Ş.  
QAC Department Jan 29, 2013

### 13.4. Testiranje i inspekcija unutrašnjeg premaza epoksidom

REV. NO.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED & CHECKED UMRAN	APPROVED	CUST. / 3 <sup>rd</sup> PARTY
0	29.01.2013	Issued For Approval	ONE	MEB	KUY
B	11.01.2013	Issued for Review	ONE	MEB	KUY
A	20.12.2012	Issued for Review	ONE	MEB	KUY

DOCUMENT TITLE		
<b>Inspection and Test Plan for Flow Coat Epoxy Lining</b>		
<b>MONTER</b> Dubravko Kamenečki Construction Manager 	<b>UMRAN Steel Pipe</b> A.Kadir Uysal, Ph.D. Corporate Quality Manager 	3rd Party/ Croatiainspect Mario Stambuk Director 
DOCUMENT NO. AND TYPE	DATE	REV.
UMR-ITP-12-503-FCE	29.01.2013	0

PROJECT NAME	
<b>MAIN GAS PIPELINE KUTINA 1 – DOBROVAC DN 200/50 BAR</b>	

PURCHASER	
 <b>MONTER</b> STROJARSKE MONTAŽE D.D.	<b>MONTER-STROJARSKE MONTAŽE D.D.</b>
COMPANY	
 <b>PLINACRO</b> PLINACRO D.O.O.	<b>PLINACRO D.O.O.</b>
SUPPLIER	
 <b>UMRAN</b>	<b>UMRAN CELIK BORU SAN. A.S.</b>



**PROJECT SUMMARY**

<b>PROCESS of MANUFACTURE</b>	High Frequency Welding (HFW/HFI)					
<b>PRODUCTION</b>	<b>ITEM NO</b>	<b>SIZE (mm)</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>EXTERNAL COATING</b>	<b>INTERNAL LINING</b>	<b>QUANTITY (m)</b>
	1	219,1 x 4,8	X52M	PE	ICE	3.696
	2	219,1 x 5,2	X52M	PE	ICE	19.860
	3	219,1 x 5,6	X52M	PE	ICE	6.936
	4	219,1 x 6,4	X52M	PE	ICE	1050
	5	219,1 x 5,2	X52M	PE+RCC	ICE	36
	6	219,1 x 5,6	X52M	PE+RCC	ICE	240
	7	219,1 x 6,4	X52M	PE+RCC	ICE	192
	8	219,1 x 6,4	X52M	PE (7 mm)	ICE	78
	9	60,3 x 3,9	X52M	PE	ICE	180
	10	60,3 x 3,9	X52M	PE+RCC	ICE	24
<b>SPECIFICATION</b>	Contract for Delivery of Steel Pipes No:18191/12 and Annex1 Price Schedule I-06-295-GP PIPES SPECIFICATION API 5L 44 <sup>th</sup> Edition Specification For Line Pipe					
<b>COATINGS</b>	RCC : Reinforced Concrete Coating HDPE : High Density Polyethylene Coating					
<b>LINING</b>	ICE : Flow Coat Epoxy					



Title:

## Inspection and Test Plan for Flow Coat Epoxy Lining MAIN GAS PIPELINE KUTINA 1 – DOBROVAC DN 200/50 BAR

Document no:

UMR-ITP-12/503-FCE

Rev:

0

Page no:  
3/5

NO	ACTIVITY	DESCRIPTION OF THE ACTIVITY	ACCEPTANCE CRITERIA / METHOD	CONTROLLING DOCUMENT	BY	SAMPLING	QUALITY RECORD	UMR	CUST./
1.0	Incoming Epoxy material control	MTC & PL control and review Acceptance visual control	Input control , KP.824.02	API RP 5L2	PLN/QAC	Each Batch	Release note	H	R
2.0	Preparation for blast cleaning	Check for Pipe Surface quality	The surface shall be free of oil, grease, moisture etc.	Project Spec.	PRD/QAC	Continuously	Shift report	H	C
3.0	Coating Preparation								
3.1	Inspection prior to coating	Check of surface profile	Surface roughness shall be 30-90 $\mu$ by using measuring device Profile measurement	MPS	QAC	1 per 10 pipes	Shift report	H	C
3.2	Inspection prior to coating	Check of Surface preparation degree	The surface shall be free of oil, grease, moisture etc. Surface Quality SA 2 1/2	API RP 5L2	QAC	1 per shift	Shift report	H	C
3.3	Ambient Control	Check for pipe surface temperature Check for relative humidity	10° C to 65 °C Pipe temperature shall be kept at least 3° C above ambient dew point $\leq$ 90 % WFT shall be acc. to manufacturer recommendation and API RP 5L2.	API RP 5L2 Product Data Sheet	PRD/QAC	1 per shift	Shift report	H	C
4.0	Flow Coat Epoxy	Wet Film Thickness Dry Film Thickness	$\varnothing$ 219 mm of pipes are coated by airless spray method, $\varnothing$ 660 mm of pipes are coated by pouring or centrifugal method at the supplier option. Min. 60 $\mu$	Project Spec. MPS	PRD/QAC.	1 per shift 4 readings taken 0°-90°, 180° & 270° on each pipe ends	Shift Report Shift Report	H H	C C
5.0	Pipe End Preparation	Preparation of Cut back	50 - 70 mm distance to the pipe end shall be free from epoxy	MPS	PRD/QAC	Each pipe	Shift report	H	C
6.0	Flow Coat Epoxy - Inspection & Tests								
6.1	Inspection & Tests	Visual Inspection	No defects like tears, voids etc. on the surface.	API RP 5L2	QAC	Continuously	Shift report	H	C
6.2	Inspection & Tests	Pinhole Test as per 5.3.4.1. of API RP 5L2	Pinhole dispersion shall be held to a minimum. Acceptance criteria for pinhole tests is 0.		QAC	1 per shift	Test report	H	C & H for the review of test panels
6.3	Inspection & Tests	Film thickness Test as per 5.3.4.2. of API RP 5L2	The thickness difference between the uncoated and cured slide shall be at least 60 $\mu$ .		QAC	1 per each size	Test Report	H	H
6.4	Inspection & Tests	Bend Test Bending a cured panel 180° around a conical mandrel	The panel show no flaking, loss of adhesion or cracking of the coating at 13 mm diameter and larger.		QAC	1 per shift	Test Report	H	H

VERIFY THAT THIS IS THE CORRECT REVISION BEFORE USE

Uman Cakir Ebu Sanayisi A.Ş.  
QAC Department Jan.29, 2013



Title:

## Inspection and Test Plan for Flow Coat Epoxy Lining MAIN GAS PIPELINE KUTINA 1 – DOBROVAC DN 200/50 BAR

Document no:

UMR-ITP-12/503-FCE

Rev.:

0

Page no:

4/5

NO	ACTIVITY	DESCRIPTION OF THE ACTIVITY	ACCEPTANCE CRITERIA / METHOD	CONTROLLING DOCUMENT	BY	SAMPLING	QUALITY RECORD	UMR	CUST./
6.5	Inspection & Tests	Adhesion Test as per Appendix D of API RP 5L2	Acceptance is constituted by lifting of no material than cuttings.		QAC	1 per shift	Test Report	C	H
6.6	Inspection & Tests	Cure Test min 4 hours in thinner and drying period at room temperature	No loss of softening, wrinkling or blistering of the coating film.		QAC	1 per each size	Test Report	C	H
6.7	Inspection & Tests	Water Test min. 4 hours immersion in fresh water	No loss of adhesion, softening, wrinkling or blistering of the coating film.		QAC	1 per each size	Test Report	C	H
6.8	Inspection & Tests	Degree of curing	On panel or glass plate		QAC	1 per each size	Test Report	C	H
7.0	Coating Procedure Qualification Test	Test and inspection between item 2.0 and 7.0	Lining procedure qualification tests as per API RP 5L2	API RP 5L2	QAC	At the beginning of production and each parameter set-up	Lining MPQT	H	H
8.0	FCE repair	Repair of defective coating Repair to small areas	Max 1% of internal pipe surface Spot repairs shall be made by spray or brush and shall satisfy min thickness requirement of 60 µ		PRD/QAC	Each defective pipe	Shift report & Test report	H	C
9.0	Marking	Markings shall be applied inside of one pipe end.	Only pipe number shall be applied to pipe inside on the other side of API monogram markings.	Project Spec.	PRD/QAC	Each pipe	Shift Report	H	C
10.0	Protection of bevel ends	Plastic Caps for Bevel end protectors	Pipe ends shall be protected with plastic cap protectors.	API RP 5L2	PRD/QAC	Each pipe	Shift report	C	C
11.0	Acceptance of FCE lined Pipes	All production, inspection, shift and test records	KP-824-04	Release List	QAC	Each pipe	Final Inspection Report	H	R
12.0	Certification & Final Packing List	With each shipment mill test certificates will be issued for each size. Release Note for shipment shall e issued except items 5 - 7 and 10.	KP-42-03	EN 10204 3.2.	QAC	1 per shipment for each size	Mill Test Certificate & Final Packing List & Release Notice	H	H
13.0	Packing & Loading	Packing and loading	PP-755-01	Packing List	PLG/QAC	All pipe released for loading	Loading report	H	R

VERIFY THAT THIS IS THE CORRECT REVISION BEFORE USE.

Umran Celik, Bou. Sarayli A. S.  
QAC Department Jan.26. 2013



Title:

## Inspection and Test Plan for Flow Coat Epoxy Lining MAIN GAS PIPELINE KUTINA 1 – DOBROVAC DN 200/50 BAR

Document no:

UMR-ITP-12/503-  
FCE

Rev.:

0

Page no:  
5/5

### DOCUMENT MATRIX

#### LEGEND

	Review	QAC	Quality Assurance & Quality Control
R	Hold	PRD	Production Department
H	Hold for first test only	PLN	Planning Department
HF	Check	MPS	Manufacture Procedure Specification
C	Witness	CPQT	Coating Procedure Qualification Test
W			

### Internal documents

Type	Document no.	Rev.	Date	Original title	English Title
Procedure	KP 753.01	8	15.02.2012	Boru ve mazemelerin tanimlamasi ve izlenebilirlik	Identification of pipe and material and traceability
Procedure	KP 824.04	4	01.10.2008	Tamamlanmis borularin kabul muayene ve testleri	Final inspection and test for acceptance of finished pipes
Procedure	KP 824.11	5	15.02.2012	Boyutlar ve Gbtsel Muayene	Visual and Dimensional Inspection
Procedure	UMR-MPS-12/503-HFW	0	29.01.2013	Uretim Prosedur Spesifikasyonu	Manufacture Procedure Specification

All other documents that are not stated above shall be presented during Production.

VERIFY THAT THIS IS THE CORRECT REVISION BEFORE USE.

Umrin Celik Boru Sanayi A. S.  
QAC Department Jan 29, 2013



PE COATING INSPECTION & TEST RESULTS / Polimerli koruyucu ile test sonuçları											
Visual Inspection : 100% No cavities, wrinkles, bubbles, tears etc.				Holiday Test : 100% 25 kV Result / Sonuç : Satisfactory / Uygun				Total Coating Thickness(mm) : 100% 2,7 mm			
INSPECTION & TESTS Kontrol / Testler	Coating Thickness			Holiday Test	Adhesion Test		Impact Resistance Test	Indentation Resistance Test		Elongation at Break	Cathodic Disbonding Test
	Min. FBE Thick. (µm)	Min. Adhesive Thick. (µm)	Total Coating Thickness Min. (mm)		60 N/cm at 20±5°C	40 N/cm at 60±5°C		Max.0.2 mm at 23°C	Max.0.3 mm at 70°C		
ACCEPTANCE CRITERIA	50	250	2,7	25 kV	60 N/cm at 20±5°C	40 N/cm at 60±5°C	30 Impact Holiday 25 kV	Max.0.2 mm at 23°C	Max.0.3 mm at 70°C	Min. 200%	Max.16 mm at 3.5 V, 60±3°C 48 h
PIPE NO											
13-A-5599	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed
13-A-6042	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed					
13-A-5764	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed					
13-A-6140	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed					
13-A-6207	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed					
13-A-6318	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed					
13-A-5969	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed					
13-A-5116	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed					
13-A-6260	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed					
13-A-5063	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed					
13-A-6934	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed					
13-A-5605	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed					
13-A-5481	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed					
13-A-4988	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed					
13-A-5275	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed					

FLOW COAT EPOXY LINING INSPECTION & TEST RESULTS / Akışkan koruyucu ile test sonuçları										
Visual Inspection : 100% No defects like tears, voids etc. on the surface						Dry Film Thickness : 100% Min. 60 µ				
Result / Sonuç : Satisfactory / Uygun										
INSPECTION & TESTS	Visual Inspection	Dry Film Thick.	Pinhole Test	Film Thickness Test	Bend Test	Adhesion Test	Stripping Test	Cure Test	Water Test	
ACCEPTANCE CRITERIA	No defects like tears, voids etc. on the surface	Min. 60 µm	Pinhole dispersion shall be held to a minimum	The thickness difference between the uncoated and cured side shall be at least 60 µm	The panel show no flaking, loss of adhesion or cracking of the coating of 13 mm diameter and larger.	Acceptance is constituted by filling of no material than cuttings.	No epoxy shall be removed from the test panel.	No loss of softening, wrinkling or blistering of the coating film.	No loss of adhesion softening wrinkling or blistering of the coating film.	
PIPE NO	13-A-6791 13-A-5818 13-A-5829 13-A-8279 13-A-6328 13-A-6337 13-A-6087 13-A-5021 13-A-5167 13-A-5220 13-A-4975 13-A-6006 13-A-5533 13-A-5214 13-A-5462 13-A-5233 13-A-5150 13-A-6041 13-A-5695 13-A-5838 13-A-5145 13-A-5878 13-A-5853 13-A-5921 13-A-6196 13-A-6203 13-A-6128 13-A-6060 13-A-5834 13-A-6372 13-A-5386 13-A-5332 13-A-6143 13-A-5848 13-A-6044 13-A-6194 13-A-5957 13-A-6041 13-A-5526 13-A-5817	13-A-6791 13-A-5818 13-A-5829 13-A-8279 13-A-6328 13-A-6337 13-A-6087 13-A-5021 13-A-5167 13-A-5220 13-A-4975 13-A-6006 13-A-5533 13-A-5214 13-A-5462 13-A-5233 13-A-5150 13-A-6041 13-A-5695 13-A-5838 13-A-5145 13-A-5878 13-A-5853 13-A-5921 13-A-6196 13-A-6203 13-A-6128 13-A-6060 13-A-5834 13-A-6372 13-A-5386 13-A-5332 13-A-6143 13-A-5848 13-A-6044 13-A-6194 13-A-5957 13-A-6041 13-A-5526 13-A-5817	13-A-6791 13-A-5818 13-A-5829 13-A-8279 13-A-6328 13-A-6337 13-A-6087 13-A-5021 13-A-5167 13-A-5220 13-A-4975 13-A-6006 13-A-5533 13-A-5214 13-A-5462 13-A-5233 13-A-5150 13-A-6041 13-A-5695 13-A-5838 13-A-5145 13-A-5878 13-A-5853 13-A-5921 13-A-6196 13-A-6203 13-A-6128 13-A-6060 13-A-5834 13-A-6372 13-A-5386 13-A-5332 13-A-6143 13-A-5848 13-A-6044 13-A-6194 13-A-5957 13-A-6041 13-A-5526 13-A-5817	13-A-6791 13-A-5818 13-A-5829 13-A-8279 13-A-6328 13-A-6337 13-A-6087 13-A-5021 13-A-5167 13-A-5220 13-A-4975 13-A-6006 13-A-5533 13-A-5214 13-A-5462 13-A-5233 13-A-5150 13-A-6041 13-A-5695 13-A-5838 13-A-5145 13-A-5878 13-A-5853 13-A-5921 13-A-6196 13-A-6203 13-A-6128 13-A-6060 13-A-5834 13-A-6372 13-A-5386 13-A-5332 13-A-6143 13-A-5848 13-A-6044 13-A-6194 13-A-5957 13-A-6041 13-A-5526 13-A-5817	13-A-6791 13-A-5818 13-A-5829 13-A-8279 13-A-6328 13-A-6337 13-A-6087 13-A-5021 13-A-5167 13-A-5220 13-A-4975 13-A-6006 13-A-5533 13-A-5214 13-A-5462 13-A-5233 13-A-5150 13-A-6041 13-A-5695 13-A-5838 13-A-5145 13-A-5878 13-A-5853 13-A-5921 13-A-6196 13-A-6203 13-A-6128 13-A-6060 13-A-5834 13-A-6372 13-A-5386 13-A-5332 13-A-6143 13-A-5848 13-A-6044 13-A-6194 13-A-5957 13-A-6041 13-A-5526 13-A-5817	13-A-6791 13-A-5818 13-A-5829 13-A-8279 13-A-6328 13-A-6337 13-A-6087 13-A-5021 13-A-5167 13-A-5220 13-A-4975 13-A-6006 13-A-5533 13-A-5214 13-A-5462 13-A-5233 13-A-5150 13-A-6041 13-A-5695 13-A-5838 13-A-5145 13-A-5878 13-A-5853 13-A-5921 13-A-6196 13-A-6203 13-A-6128 13-A-6060 13-A-5834 13-A-6372 13-A-5386 13-A-5332 13-A-6143 13-A-5848 13-A-6044 13-A-6194 13-A-5957 13-A-6041 13-A-5526 13-A-5817	13-A-6791 13-A-5818 13-A-5829 13-A-8279 13-A-6328 13-A-6337 13-A-6087 13-A-5021 13-A-5167 13-A-5220 13-A-4975 13-A-6006 13-A-5533 13-A-5214 13-A-5462 13-A-5233 13-A-5150 13-A-6041 13-A-5695 13-A-5838 13-A-5145 13-A-5878 13-A-5853 13-A-5921 13-A-6196 13-A-6203 13-A-6128 13-A-6060 13-A-5834 13-A-6372 13-A-5386 13-A-5332 13-A-6143 13-A-5848 13-A-6044 13-A-6194 13-A-5957 13-A-6041 13-A-5526 13-A-5817	13-A-6791 13-A-5818 13-A-5829 13-A-8279 13-A-6328 13-A-6337 13-A-6087 13-A-5021 13-A-5167 13-A-5220 13-A-4975 13-A-6006 13-A-5533 13-A-5214 13-A-5462 13-A-5233 13-A-5150 13-A-6041 13-A-5695 13-A-5838 13-A-5145 13-A-5878 13-A-5853 13-A-5921 13-A-6196 13-A-6203 13-A-6128 13-A-6060 13-A-5834 13-A-6372 13-A-5386 13-A-5332 13-A-6143 13-A-5848 13-A-6044 13-A-6194 13-A-5957 13-A-6041 13-A-5526 13-A-5817	13-A-6791 13-A-5818 13-A-5829 13-A-8279 13-A-6328 13-A-6337 13-A-6087 13-A-5021 13-A-5167 13-A-5220 13-A-4975 13-A-6006 13-A-5533 13-A-5214 13-A-5462 13-A-5233 13-A-5150 13-A-6041 13-A-5695 13-A-5838 13-A-5145 13-A-5878 13-A-5853 13-A-5921 13-A-6196 13-A-6203 13-A-6128 13-A-6060 13-A-5834 13-A-6372 13-A-5386 13-A-5332 13-A-6143 13-A-5848 13-A-6044 13-A-6194 13-A-5957 13-A-6041 13-A-5526 13-A-5817	13-A-6791 13-A-5818 13-A-5829 13-A-8279 13-A-6328 13-A-6337 13-A-6087 13-A-5021 13-A-5167 13-A-5220 13-A-4975 13-A-6006 13-A-5533 13-A-5214 13-A-5462 13-A-5233 13-A-5150 13-A-6041 13-A-5695 13-A-5838 13-A-5145 13-A-5878 13-A-5853 13-A-5921 13-A-6196 13-A-6203 13-A-6128 13-A-6060 13-A-5834 13-A-6372 13-A-5386 13-A-5332 13-A-6143 13-A-5848 13-A-6044 13-A-6194 13-A-5957 13-A-6041 13-A-5526 13-A-5817
TEST RESULTS	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed

We certify that all pipes have been manufactured and tested according to order. Bütün boruların siparişe uygun olarak test edildiğini belirtiriz.			Approved By Çaylakçıyan Mehmet BOZKIRLI	3rd. party Approved By S. İsaal Çaylakçıyan	05-03-2013 INSPEKTÖR X
--	--	--	---	--	---------------------------

**UMRAN**  
ÇELİK BORU  
SAN. A.Ş.

**CLIENT / MÜŞTERİ**  
MONTER-STROJARSKÉ MONTÁŽE D.D.

**SIZE & QUALITY / Ebat & Kalite**  
219,1 x 4,80 X52M PSL2, EW-HFI  
Steel pipes for MGP Kutina-Dobrovac  
Contract No 18191/12  
Item No 1

**SPECIFICATION / ÜRETİM STANDARTI**  
API 5L 44 th Ed., SPECIFICATION FOR API 5L LINE PIPE  
I-06-295 GP  
UMR-ITP-12-503-HFW REV-0  
UMR-ITP-12-503-3LPE REV-0  
UMR-ITP-12-503-FCE  
DIN 30670  
API RP SL 2

**MILL TEST CERTIFICATE**  
INSPECTION CERTIFICATE  
MUAYENE SERTİFİKASI  
(EN 10204 - 3.2)

**NON DESTRUCTIVE TESTS / TAHRİBATsiz MUAYENELER**

Frequency / Frekans	Scope / Kapsam	Result / Sonuç
UT : 100%,100%,100%	Coil,Pipe Ends, Weld Seam Bent,Boru Ucu, Kaynak Dikiği	Satisfactory/ Uygun
VT : 100%,100%	Base Material, Weld Seam Ana Malzeme, Kaynak Dikiği	Satisfactory/ Uygun
FLATTENING TEST / YASILITHA TESTİ		NORMALIZATION / NORMALİZASYON 930 ±50 °C
Metal / Malzeme	OK	METALLOGRAPHIC EXAMINATION / METALOGRAFİK İNCELEME OK
Weld / Kaynak	OK	

Date / Tarih : 13.03.2013  
No / No : 2012/477-01  
Rev. / Rev : 0

**QUANTITY / MİKTAR**  
Length / Uzunluk 3.696,04 m

Pieces / Adet 266 pcs  
Weight / Ağırlık 104.066 kg

**HYDROSTATIC TEST / İHDROSTATİK MUAYENE**  
Pressure/Basınç 142 bar / bar  
Duration/Süre 20 second / saniye

**CHEMICAL ANALYSIS / KİMYASAL ANALİZLER Max. %**

No	Heat No	Pipe/Coil No	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Al	Ti	V	Nb	B	Ca	N	CE		
																			IIW	Pcm	
1	227757	13-A-4685	0,09	0,16	1,02	0,010	0,006	0,03	0,05	0,00	0,03	-	0,00	0,01	0,04	0,00	-	-	0,28	0,15	
		13-A-4686	0,09	0,16	1,01	0,010	0,006	0,03	0,05	0,00	0,03	-	0,00	0,01	0,04	0,00	-	-	0,27	0,15	
	227757	0352063383	0,09	0,16	1,01	0,010	0,005	0,03	0,05	0,00	0,03	-	0,00	0,01	0,04	0,00	-	-	0,27	0,15	
Max. / En çok			0,22	0,45	1,40	0,025	0,015	0,30	0,30	0,15	0,50									0,43	0,25

**MECHANICAL TESTS / MEKANİK TESTLER**

Lot No Parti No	Heat No Sarf No	Pipe No Boru No	Tensile Test Güçme Testi				Hardness Sertlik			Fracture Propagation Resistance Kırılma Yayılcık Dürnümlü				Charpy Impact Test Çarpma Darbe Testi										
			1	2	3	Rt	Rm	A	Rt/Rm	Metal Malzeme	HAZ EZB	Weld Kaynak	Temperature/ Sıcaklık : °C Specimen / Numune : 1/1 spec.											
													J (Full Size Equivalent)				J (Full Size Equivalent)							
													1	2	3	Avg./ ort.	1	2	3	Avg./ ort.				
1	227757	13-A-4685	P	T	B	419	557	31	0,75	194	193	191												
			P	T	B	468	571	30	0,82															
			P	T	W	563	563																	
			P	T	W	561																		
2	227757	13-A-4686	P	T	B	436	576	29	0,76	206	188	189												
			P	T	B	458	578	29	0,79															
			P	T	W	532																		
			P	T	W	537																		
3	227757	13-A-4785	P	T	B	462	582	28	0,79															
			P	T	W	647																		
4	227757	13-A-4885	P	T	B	462	577	27	0,80															
			P	T	W	531																		

STANDARD / STANDART : Min. / En az 360 460 22 Jlg Dia. Full Size / Tam Ebat  
Max. / En çok 530 760 0,85 345 345 345 Ind. / Tek  
2) Orientation / Yön T: Transverse / Enine L: Longitudinal / Boyuna D: Diagonal / Diagonal

3) Location / Numune Yeri B: Base Metal / Ana Malzeme W: Weld / Kaynak H: HAZ / Isleten etki bulunmayan bölge

4) Bend Test / Eğme Testi F: Face Bend / Yüz Bükme R: Root Bend / Kök Bükme S: Side Bend / Yan Bükme

5) Notch Type / Çentik Tipi V: V Notch / V Çentik U: U Notch / U Çentik S: Shear Area % / Kesme Alanı %

**PE COATING INSPECTION & TEST RESULTS / PE kaplama kontrol ve test sonuçları**

Visual Inspection : 100% Holiday Test : 100% Total Coating Thickness(mm) : 100%  
No cavities, wrinkles, bubbles, tears etc. 25 kV Result / Sonuç : Satisfactory / Uygun 2,7 mm

INSPECTION & TESTS Kontrol / Testler	Coating Thickness			Holiday Test	Adhesion Test		Impact Resistance Test	Indentation Resistance Test		Elongation at Break	Cathodic Disbonding Test
	Min. FBE Thick. (µm)	Min. Adhesive Thick. (µm)	Total Coating Thickness Min. (mm)		60 N/cm at 20±5°C	40 N/cm at 80±5°C		30 Impact Holiday 25 kV	Max.0.2 mm at 23°C		
ACCEPTANCE CRITERIA	50	250	2,7	25 kV	60 N/cm at 20±5°C	40 N/cm at 80±5°C	30 Impact Holiday 25 kV	Max.0.2 mm at 23°C	Max.0.3 mm at 70°C	Min. 200%	Max.15 mm at 3.5 V, 60±5°C 48 h
PIPE NO											
13-A-4935	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed
13-A-4798	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed				
13-A-4902	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed				

**FLOW COAT EPOXY LINING INSPECTION & TEST RESULTS / Epoksi kaplama kontrol ve test sonuçları**

Visual Inspection : 100% Dry Film Thickness : 100%  
No defects like tears, voids etc. on the surface Min. 60 µm Result / Sonuç : Satisfactory / Uygun

INSPECTION & TESTS	Visual Inspection	Dry Film Thick.	Pinhole Test	Film Thickness Test	Bend Test	Adhesion Test	Stripping Test	Cure Test	Water Test
PIPE NO	13-A-4871 13-A-4874 13-A-4874 13-A-4874 13-A-4923 13-A-4916 13-A-4834 13-A-4876 13-A-4725 13-A-4786 13-A-4849	13-A-4871 13-A-4874 13-A-4874 13-A-4874 13-A-4923 13-A-4916 13-A-4834 13-A-4876 13-A-4725 13-A-4786 13-A-4849	13-A-4871 13-A-4874 13-A-4874 13-A-4874 13-A-4923 13-A-4916 13-A-4834 13-A-4876 13-A-4725 13-A-4786 13-A-4849	13-A-4871 13-A-4874	13-A-4871 13-A-4874 13-A-4874 13-A-4923 13-A-4916 13-A-4834 13-A-4876 13-A-4725 13-A-4786 13-A-4849	13-A-4871 13-A-4874 13-A-4874 13-A-4923 13-A-4916 13-A-4834 13-A-4876 13-A-4725 13-A-4786 13-A-4849	13-A-4871 13-A-4874	13-A-4862	13-A-4872
TEST RESULTS	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed

We certify that all pipes have been manufactured and tested according to order.  
Bütün boruları sipariş üzere üretilmiş ve test edilmiştir.

Approved By : Mehmet BOZKIRLI  
3rd. party Approved By : [Signature]

51589-2013  
İNPEKTÖR X

### 13.6. Plan kontrole kvalitete plinovoda Ivanić Grad – Kutina



#### Plan kontrole kvalitete

Oznaka: PKK – 2662 Datum: 18.08.2014.

Revizija: 0

<b>Gradjevina:</b> Strojarsko održavanje plinovoda DN500 Ivanić Grad – Kutina / Kutina - Sisak		<b>Naručitelj:</b> Plinacro d.o.o. Zagreb	<b>Ug. br.:</b> / S- 2662
<b>Investitor:</b> Plinacro d.o.o. Zagreb		<b>Projekt ili crtež br.:</b> /	
<b>Sadržaj:</b>			
<b>Aktivnost / Operacija / Predmet kontrole</b>	<b>Popis kratice:</b> A/ Vrsta, opseg i način kontrole i/ili ispitivanja PI-praktično inženjersko iskustvo RT-radiografiranjem UT-ultrazvukom PT-penetranjima MT-magnetnim česticama DT-kontrola dimenzija VT-vizualna kontrola KI-kontrola izolacije HB-mjerenje tvrdoće VN-visokim naponom PN-proba nepropusnosti TP-ilačna proba PD-pregled dokumentacije B/ Izvršitelj, mjesto kontrole i/ili ispitivanja VP-voditelj projekta VI-voditelj izrade, VG-voditelj građenja VZR-voditelj zavarivačkih radova PI-poslovođa izrade; PG-poslovođa građenja IRO -izvršitelj radne operacije VS--voditelj skladišta I-izrada, M-montaža TPR-tehnička priprema rada (tehnološka i operativna) VTPR-voditelj tehničke pripreme rada QA-inženjer osiguranja kvalitete/nadzor QC-inženjer kontrole kvalitete KBR-kontrola bez razaranja K-kontrolor; UK-ulazna kontrola MFK-međuizlazna kontrola ZK-završna kontrola O-ostali-pojasnitelji opisom i/ili nazivom	<b>C/ Potvrda kontrole i/ili ispitivanja / vrsta izvješća</b> Izvođač kontrolira i/ili nadzire i potvrđuje kontrolu, ispitivanja: P-žigom i/ili popisom R-dokumentacijom o ispitivanju NN-novi način-pojasniteljni opisom PTO-Pravilnik o tlačnoj opremi (NN 135/05, NN 44/06, NN 126/08) TUV-Inspekcija tlačne opreme  <b>Vrsta izvješća (nalaz, zapis itd.)</b> SM-Specifikacija materijala D-Dostavnica Cert-Mat-Atest materijala ADM-atest dodatnog materijala LUMO-Lista ugrađenog materijala i opreme Z- zapis o pojedinoj aktivnosti WPS-Uputa za zavarivanje PQR-Atest postupka zavarivanja WPIQ-Atest zavarivača Cert-KBR-Atest postupka KBR-a Cert-O-KBR-uvjerenje za operatera KBR I-KBR-izvještaj KBR T-XXX-YYYY – tehnologija građenja ili tehnologija pojedine aktivnosti DM-dnevnik montaže KC-knjiga cijevi Cert-HRN EN ISO 3834-2 DZ-dnevnik zavarivanja	<b>D/ Aktivnosti Nadzora / Naručitelja i/ili Inspekcije</b> W (Witness point)-moguće prisustvovanje (imenovanom na vrhu stupca mora se dati uvid u aktivnost, ali aktivnost se može nastaviti bez potvrde tog imenovanog) H (Hold point)-obavezno prisustvovanje (nemojte nastaviti sa opisanim aktivnostima dok ne dobijete upute koje je odobrio imenovani u čijem se stupcu nalazi oznaka) R (Review Documentation)-pregled i ovjera dokumentacije (imenovana osoba će pregledati bilo koje dokumente uspređujući zapisane podatke sa specificiranim kriterijima prihvaćanja) C (Check)-provjera (kontrola uzoraka koja osigurava usklađenost sa zahtjevima)  <b>D/ Ovjera Nadzora / Naručitelja i/ili Inspekcije</b> Popisom i/ili žigom se potvrđuje suglasnost s dokumentacijom. Popisom i/ili žigom se potvrđuje prisustvovanje navedenoj aktivnosti.
<b>Izradio/Datum:</b> Bojan Duvandžija dipl.ing.	<b>Kontrolirao/Datum:</b> Josip Mloč dipl.ing.	<b>Ovlašteni nadzor investitora i/ili Inspektor/Datum:</b> 19.08.2014.	



Red. br.	Aktivnost / Operacija / Predmet kontrole	A/ Vrsta, opseg i način kontrole, ispitivanja; standard, ispitne podloge	B/ Izvršitelj, mjesto, vrijeme kontrole, ispitivanja	C/ Potvrda kontrole, ispitivanja (vrsta izvješća)	D/ Nadzor
<b>1</b>	<b>Projektna dokumentacija</b>				
1.1	Ugovorna dokumentacija	PD, PII	Komercijala	P	
1.2	Nabavna dokumentacija	PD, PII	Nabava	P	
1.3	Izvedbena radionička dokumentacija	PD, PII	TPR	P	
1.4	Operativna dokumentacija	PD, PII	VI	P	
1.5	Rješenja o imenovanju odgovornih osoba	PD, PII	QA	P / Rješenja o imenovanju	
<b>2</b>	<b>Dokumentacija prije početka izrade</b>				
2.1	Uvjerenje o podobnosti radionice za zavarivačke radove	PD / HRN EN 3834-2	QA	P / Certifikat	
2.2	Specifikacija postupka zavarivanja (WPS)	PD, P II / HRN EN 288	QA	P / WPS	
2.3	Atest postupka zavarivanja (PQR)	PD, P II / HRN EN 15614, HRN EN 288	QA	PQR	
2.4	Plan zavarivanja (ključ zavarivanja)	PD, P II / izometrici, crteži	QA-EWE	P	
2.5	Atesti zavarivača	PD, P II / HRN EN 287-1	QA	WPQ	
2.6	Atesti dodatnog materijala	PD / EN 10204	QA	Cert-Mat.	
2.7	Skladištenje i rukovanje dodatnim materijalom	PD / RU-11.02rev4.0	QA	P	
2.8	Dokumentacija za KBR	PD, P II / HRN EN 473, ISO 9712	QA	Cert-KBR; Cert-O-KBR	
2.9	Tehnologija tlačne probe	PD, P II / T-TP-2662	QA	P	
2.10	Tehnologija AKI	PD, P II / T-AKI-2662	QA	P	



**MONTER**  
STROJARSKE MONTAŽE D.D.

**Plan kontrole kvalitete**

Oznaka: **PKK – 2662**

Revizija: **0**

Datum: **18.08.2014.**

Red. br.	Aktivnost / Operacija / Predmet kontrole	A/ Vrsta, opseg i način kontrole, ispitivanja; standard, ispitne podloge	B/ Izvršitelj, mjesto, vrijeme kontrole, ispitivanja	C/ Potvrda kontrole, ispitivanja (vrsta izvješća)	D/ Nadzor
<b>3</b>	<b>Materijala i opreme</b>				
3.1	Atestno-tehnička dokumentacija materijala i opreme				
3.1.1	Atestno-tehnička dokumentacija materijala i opreme dobivena od naručitelja/dobavljača → gradilište	PD; PII	VP; VG	P; Z / Cert (Materijala, Opreme)	
3.1.2	Atestno-tehnička dokumentacija materijala i opreme nabavljena od naručitelja/dobavljača (skladište → građevina)	PD; PII	VS	P; Z / Cert (Materijala, Opreme)	
3.2	Rukovanje i skladištenje materijala i opreme	PD; PII	VS i/ili VP, VG	P	
3.3	Identifikacija označavanje mat. i opreme	VT 100% / RU-11.01rev4.0	VI, QA/QC	P	
<b>4</b>	<b>Predmontaža</b>				
4.1	Rezanje cijevi	VT 100%	PI	P	
4.2	Priprema mjesta zavara	VT 100% / WPS	EWT	P	
4.3	Uklanjanje nečistoća iz cijevi	VT 100%	PI	P	
4.4	Provjera osposobljenosti zavarivača	HRN EN 287-1	QA	R / WPQ	
4.5	Priprema za zavarivanje	VT 100%; PII / T-Z-2662 (uključujući WPS)	VZR	P	
4.6	Zavarivanje	VT 100%; PII / T-Z-2662 (uključujući WPS)	VZR	P	
4.7	Dokumentiranje procesa zavarivanja	PD	VZR; QA-EWE	P; R / DZ, KC	
4.8	Zavareni spojevi	VT 100% / RT (% prema projektu)	QC; KBR	R / I-KBR	
4.9	Ispitivanje na nepropusnost	VT 100% / T-TP-2662	PI	Z	

Oznaka: **PKK – 2662**

 Revizija: **0**

 Datum: **18.08.2014.**

Red. br.	Aktivnost / Operacija / Predmet kontrole	A/ Vrsta, opseg i način kontrole, ispitivanja; standard, ispitne podloge	B/ Izvršitelj, mjesto, vrijeme kontrole, ispitivanja	C/ Potvrda kontrole, ispitivanja (vrsta izvješća)	D/ Nadzor
4.10	Tlačna proba	VT 100% / T-TP-2662	VTP	Z	
4.11	AKI				
4.11.1	AKI-izvođenje	VT 100%; PII / T-AKI-2662	IRO; PG	P; Z / Dnevnik AKI	
4.11.2	Ispitivanje AKI	KI 100% / T-AKI-2662	ONI AKI	R	
4.11.3	Popravak AKI - spojevi	VT 100%; PII / T-AKI-2662	IRO; PG	P; Z / Dnevnik AKI	
4.11.4	Popravak AKI - predizolirano	VT 100%; PII / T-AKI-2662	IRO; PG	P; Z / Dnevnik AKI	
4.11.5	Ispitivanje popravka AKI	KI 100% / T-AKI-2662	ONI AKI	R	
4.12	Zaštita krajeva cijevni izometrik	VT 100% / T-TM-2662	PI	P	
<b>5</b>	<b>Montaža</b>				
5.1	Rezanje cijevi (postojećeg plinovoda u rovu)	VT 100%	PI	P	
5.2	Priprema mjesta zavara	VT 100% / WPS	EWT	P	
5.3	Uklanjanje nečistoća iz cijevi	VT 100%	PI	P	
5.4	Provjera osposobljenosti zavarivača	HRN EN 287-1	QA	R / WPQ	
5.5	Priprema za zavarivanje	VT 100%; PII / T-Z-2662 (uključujući WPS)	VZR	P	
5.6	Zavarivanje	VT 100%; PII / T-Z-2662 (uključujući WPS)	VZR	P	
5.7	Dokumentiranje procesa zavarivanja	PD	VZR; QA-EWE	P; R / DZ; KC	
5.8	Garantni zavareni spojevi	VT 100% / RT (% prema projektu)	QC; KBR	R / I-KBR	
5.9	AKI				
5.9.1	AKI-izvođenje	VT 100%; PII / T-AKI-2662	IRO; PG	P; Z / Dnevnik AKI	

**Plan kontrole kvalitete**

 Oznaka: **PKK – 2662**

 Revizija: **0**

 Datum: **18.08.2014.**

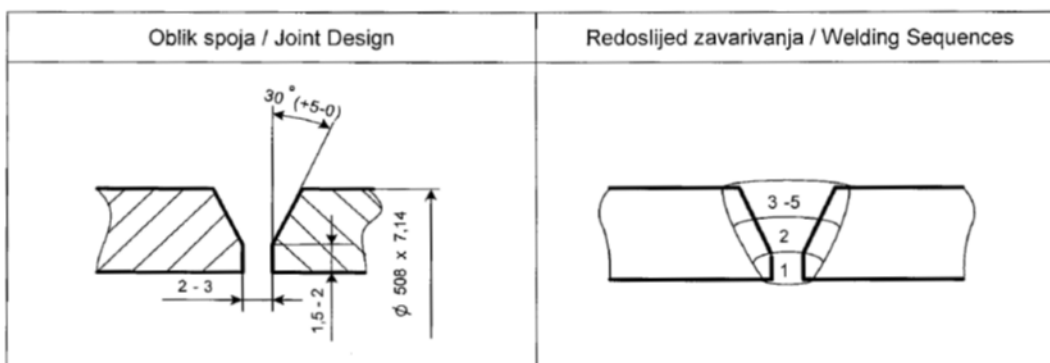
Red. br.	Aktivnost / Operacija / Predmet kontrole	A/ Vrsta, opseg i način kontrole i/ili ispitivanja / standard i/ili ispitne podloge	B/ Vršilac, mjesto, vrijeme kontrole i/ili ispitivanja	C/ Potvrda kontrole i/ili ispitivanja / vrsta izvješća	D/ Aktivnosti i ovjera Nadzora i Investitora
5.9.2	Ispitivanje AKI	KI 100% / T-AKI-2662	ONI/ AKI	R	
5.9.3	Popravak AKI - spojevi	VT 100%; PII / T-AKI-2662	IRO, PG	P, Z / Dnevnik AKI	
5.9.4	Popravak AKI - predizolirano	VT 100%; PII / T-AKI-2662	IRO, PG	P, Z / Dnevnik AKI	
5.9.5	Ispitivanje popravka AKI	KI 100% / T-AKI-2662	ONI/ AKI	R	
<b>8</b>	<b>Završna izvedbena dokumentacija</b>	PD / projekt, ZoG	GIG; IG; QA	P, R	

### 13.7. Specifikacije postupaka zavarivanja (WPS) plinovoda Ivanić Grad – Kutina




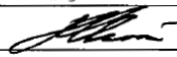
#### SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA POPRAVKA

Oznaka: <b>WPS 2662-01</b>	Revizija: <b>0</b>	Datum: <b>18.08.2014.</b>
Mjesto / Location	Ivanić Grad – Kutina / Kutina - Popovača	
Izradio / Prepared by	Bojan Duvandžija, dipl. ing. stroj.	
Napomena / Remark	Plinovod DN500 Ivanić Grad – Kutina / Kutina - Popovača	
Datum / Date	18.08.2014.	
Referentni broj / Reference No.	WPS 2662-01	
Proizvođač / Manufacturer	Monter-Strojarske Montaže d.d.	
WPAR broj / WPAR No.	17740	
Postupak zavarivanja / Welding Process	111 (REL)	
Vrsta spoja / Joint Type	S (BW)	
Priprema i čišćenje spoja / Method of Preparation and Cleaning	korijen brušenje; ostalo četkanje	
Osnovni materijal / Parent Material Specification	API 5L X52	
Debljina izratka / Material Thickness	7,1; 7,14	
Vanjski promjer / Outside Diameter	508	
Položaj zavarivanja / Welding position	PF	
Pojedinosti pripreme žljeba / Weld Preparation Details	V-60° ( + 10° – 0° )	



Prolaz Run	Postupak Process	Dodatni mat. Size of Filler Metal Ømm	Struja Current (A)	Napon Voltage (V)	Vrsta struje polaritet Current Type Polarity	Brzina žice Wire Feed Speed m/minj	Brzina zavarivanja Travel Speed cm/min	Unos topline Heat Input kJ
1	REL	FOX CEL Ø3,2mm	80-100	28-32	DC (-)	/	/	/
2	REL	FOX CEL Mo Ø4mm	150-180	28-32	DC (+)	/	/	/
3	REL	FOX CEL Mo Ø4mm	140-160	28-32	DC (+)	/	/	/
4 - 5	REL	FOX CEL Mo Ø4mm	140-160	28-32	DC (+)	/	/	/

Oznaka: <b>WPS 2662-01</b>	Revizija: <b>0</b>	Datum: <b>18.08.2014.</b>
Vrsta i marka dodatnog materijala / Filler Metal Class. and trade name	FOX CEL (E383C21) FOX CEL Mo (E423MoC25)	
Posebni propisi za sušenje / Any Special Baking or Drying	/	
Zaštitni plin / Shielding Gas Flow Rate	/	
Zaštita korijena / Gas – Backing	/	
Protok plina za zaštitu korijena / Gas Flow Rate-Backing	/	
Vrsta i promjer volfram elektrode / Tungsten Electrode Type/Size	/	
Pojedinosti o žljebljenju/podlozi / Details of Back Gouging/Backing	NA	
Temperatura predgrijavanja / Preheat Temperature	propan-butan , 100°C	
Međuslojna temperatura / Interpass Temperature	< 180 °C	
Naknadna toplinska obrada i/ili starenje / PWHT and/or Ageing	NA	
Vrijeme, temperatura, postupak / Time, Temperature, Method	/	
Brzina dizanja i spuštanja temperature / Heating and Cooling Rates	/	
Ostale informacije / Other Information	/	
Njihanje (max. širina sloja) / Weaving (max. width of run)	Njihanje	
Oscilacija (ampl., frek., vrij., zadrž.) / Oscilation (ampl., freq., dwell time)	/	
Pojedinosti impulsnog zavarivanja / Pulse Welding Details	/	
Razmak kontakne vodilice / Stand off distance	/	
Pojedinosti plazma zavarivanja / Plasma welding details	/	
Kut nagiba pištolja / Torch angle	/	

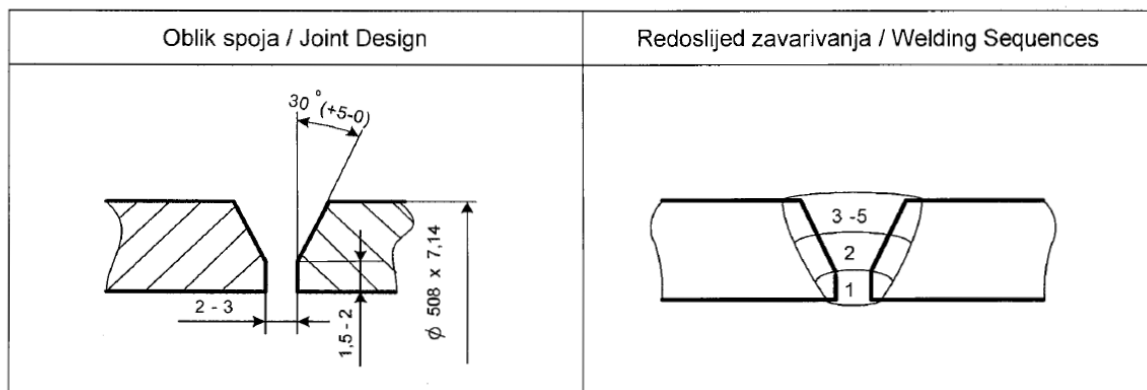
Izradio:	Bojan Duvandžija, dipl.ing.stroj.	
Odobrio:	Josip Mioč, dipl.ing.stroj.	
Nadzor investitora:		

Oznaka: **WPS 2662-02**

Revizija: **0**

Datum: **18.08.2014.**

Mjesto / Location	Ivanić Grad – Kutina / Kutina - Sisak
Izradio / Prepared by	Bojan Duvandžija, dipl. ing. stroj.
Napomena / Remark	Plinovod DN500 Ivanić Grad – Kutina / Kutina - Sisak
Datum / Date	18.08.2014.
Referentni broj / Reference No.	WPS 2662-02
Proizvođač / Manufacturer	Monter-Strojarske Montaže d.d.
WPAR broj / WPAR No.	16841-1
Postupak zavarivanja / Welding Process	111 (REL)
Vrsta spoja / Joint Type	S (BW)
Priprema i čišćenje spoja / Method of Preparation and Cleaning	korijen brušenje; ostalo četkanje
Osnovni materijal / Parent Material Specification	API 5L X70, API 5L X52 + API 5L X70
Debljina izratka / Material Thickness	7,14
Vanjski promjer / Outside Diameter	508
Položaj zavarivanja / Welding position	H-L045
Pojedinosti pripreme žljeba / Weld Preparation Details	V-60° ( + 10° – 0° )



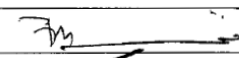
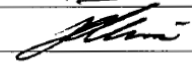
Prolaz Run	Postupak Process	Dodatni mat. Size of Filler Metal Ømm	Struja Current (A)	Napon Voltage (V)	Vrsta struje polaritet Current Type Polarity	Brzina žice Wire Feed Speed m/minj	Brzina zavarivanja Travel Speed cm/min	Unos topline Heat Input kJ
1	REL	FOX CEL Ø3,2mm	80-100	28-32	DC (-)	/	/	/
2	REL	FOX CEL 90 Ø4mm	150-180	28-32	DC (+)	/	/	/
3-4	REL	FOX CEL 90 Ø5mm	160-180	28-32	DC (+)	/	/	/
5	REL	FOX CEL 90 Ø4mm	150-160	28-32	DC (+)	/	/	/

Oznaka: **WPS 2662-02**

 Revizija: **0**

 Datum: **18.08.2014.**

Vrsta i marka dodatnog materijala / Filler Metal Class. and trade name	FOX CEL (E6010) FOX CEL 90 (E9010-G)
Posebni propisi za sušenje / Any Special Baking or Drying	/
Zaštitni plin / Shielding Gas Flow Rate	/
Zaštita korijena / Gas – Backing	/
Protok plina za zaštitu korijena / Gas Flow Rate-Backing	/
Vrsta i promjer volfram elektrode / Tungsten Electrode Type/Size	/
Pojedinosti o žljebljenju/podlozi / Details of Back Gouging/Backing	NA
Temperatura predgrijavanja / Preheat Temperature	propan-butan , 150°C
Međuslojna temperatura / Interpass Temperature	< 250 °C
Naknadna toplinska obrada i/ili starenje / PWHT and/or Ageing	NA
Vrijeme, temperatura, postupak / Time, Temperature, Method	/
Brzina dizanja i spuštanja temperature / Heating and Cooling Rates	/
Ostale informacije / Other Information	/
Njihanje (max. širina sloja) / Weaving (max. width of run)	Njihanje
Oscilacija (ampl., frek., vrij., zadrž.,) / Oscillation (ampl., freq., dwell time)	/
Pojedinosti impulsnog zavarivanja / Pulse Welding Details	/
Razmak kontakne vodilice / Stand off distance	/
Pojedinosti plazma zavarivanja / Plasma welding details	/
Kut nagiba pištolja / Torch angle	/

Izradio:	Bojan Duvandžija, dipl.ing.stroj.	
Odobrio:	Josip Mioč, dipl.ing.stroj.	
Nadzor investitora:		

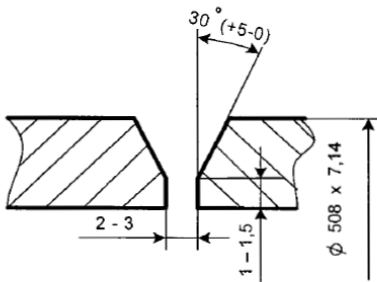
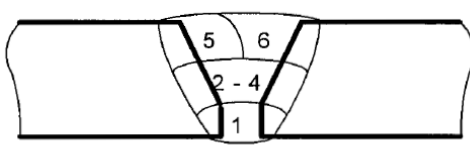


Oznaka: **WPS 2662-04**

 Revizija: **0**

 Datum: **18.08.2014.**

Mjesto / Location	Ivanić Grad – Kutina / Kutina - Sisak
Izradio / Prepared by	Bojan Duvandžija, dipl. ing. stroj.
Napomena / Remark	Plinovod DN500 Ivanić Grad – Kutina / Kutina - Sisak
Datum / Date	18.08.2014.
Referentni broj / Reference No.	WPS 2662-04
Proizvođač / Manufacturer	Monter-Strojarske Montaže d.d.
WPAR broj / WPAR No.	17781
Postupak zavarivanja / Welding Process	141 (TIG) / 111 (REL)
Vrsta spoja / Joint Type	S (BW)
Priprema i čišćenje spoja / Method of Preparation and Cleaning	Četkanje
Osnovni materijal / Parent Material Specification	API 5L Gr.B, A 234 WPB, A 105, API 5L X52
Debljina izratka / Material Thickness	7,1; 7,14
Vanjski promjer / Outside Diameter	508
Položaj zavarivanja / Welding position	PF
Pojedinosti pripreme žljeba / Weld Preparation Details	V-60° ( + 10° - 0° )

Oblik spoja / Joint Design	Redosljed zavarivanja / Welding Sequences
	


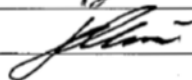
Prolaz Run	Postupak Process	Dodatni mat. Size of Filler Metal Ømm	Struja Current (A)	Napon Voltage (V)	Vrsta struje polaritet Current Type Polarity	Brzina žice Wire Feed Speed m/minj	Brzina zavarivanja Travel Speed cm/min	Unos topline Heat Input kJ
1	TIG	DMO IG Ø3mm	80-120	12-16	DC (-)	/	/	/
2	TIG	DMO IG Ø3mm	80-120	12-16	DC (-)	/	/	/
3 - 4	REL	EVB 50 Ø3,2mm	140-160	28-32	DC (+)	/	/	/
5 - 6	REL	EVB 50 Ø4mm	140-160	28-32	DC (+)	/	/	/

Oznaka: **WPS 2662-04**

 Revizija: **0**

 Datum: **18.08.2014.**

Vrsta i marka dodatnog materijala / Filler Metal Class. and trade name	TIG: DMO - IG ( EN12070: W Mo Si ) REL:EVB 50 (EN499: E 42 4 B 32 H5)
Posebni propisi za sušenje / Any Special Baking or Drying	EVB 50, 300°C/2h
Zaštitni plin / Shielding Gas Flow Rate	Argon 99,99% 10 - 12 l/min
Zaštita korijena / Gas – Backing	/
Protok plina za zaštitu korijena / Gas Flow Rate-Backing	/
Vrsta i promjer volfram elektrode / Tungsten Electrode Type/Size	WC20 $\phi$ 2,4
Pojedinosti o žljebljenju/podlozi / Details of Back Gouging/Backing	NA
Temperatura predgrijavanja / Preheat Temperature	100°C, propan-butan
Međuslojna temperatura / Interpass Temperature	max 180 °C
Naknadna toplinska obrada i/ili starenje / PWHT and/or Ageing	NA
Vrijeme, temperatura, postupak / Time, Temperature, Method	/
Brzina dizanja i spuštanja temperature / Heating and Cooling Rates	/
Ostale informacije / Other Information	/
Njihanje (max. širina sloja) / Weaving (max. width of run)	Njihanje / Povlačenje
Oscilacija (ampl., frek., vrij., zadrž.,) / Oscillation (ampl., freq., dwell time)	/
Pojedinosti impulsnog zavarivanja / Pulse Welding Details	/
Razmak kontaktne vodilice / Stand off distance	/
Pojedinosti plazma zavarivanja / Plasma welding details	/
Kut nagiba pištolja / Torch angle	/

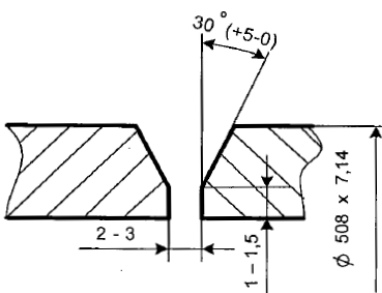
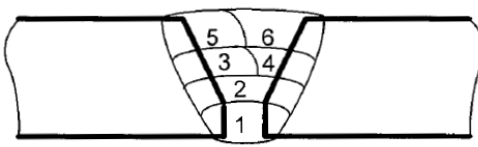
Izradio:	Bojan Duvandžija, dipl.ing.stroj.	
Odobrio:	Josip Mioč, dipl.ing.stroj.	
Nadzor investitora:		

Oznaka: **WPS 2662-05**

 Revizija: **0**

 Datum: **18.08.2014.**

Mjesto / Location	Ivanić Grad – Kutina / Kutina - Popovača
Izradio / Prepared by	Bojan Duvandžija, dipl. ing. stroj.
Napomena / Remark	Plinovod DN500 Ivanić Grad – Kutina / Kutina - Popovača
Datum / Date	18.08.2014.
Referentni broj / Reference No.	WPS 2662-05
Proizvođač / Manufacturer	Monter-Strojarske Montaže d.d.
WPAR broj / WPAR No.	CP-443-12
Postupak zavarivanja / Welding Process	141 (TIG) / 111 (REL)
Vrsta spoja / Joint Type	S (BW)
Priprema i čišćenje spoja / Method of Preparation and Cleaning	Četkanje
Osnovni materijal / Parent Material Specification	API 5L X70, API 5L X52, API 5L X70 + API 5L X52
Debljina izratka / Material Thickness	7,1; 7,14
Vanjski promjer / Outside Diameter	508
Položaj zavarivanja / Welding position	PF
Pojedinosti pripreme žljeba / Weld Preparation Details	V-60° ( + 10° – 0° )

Oblik spoja / Joint Design	Redoslijed zavarivanja / Welding Sequences
	

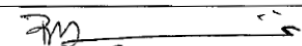
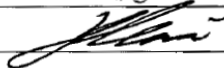
Prolaz Run	Postupak Process	Dodatni mat. Size of Filler Metal Ømm	Struja Current (A)	Napon Voltage (V)	Vrsta struje polaritet Current Type Polarity	Brzina žice Wire Feed Speed m/minj	Brzina zavarivanja Travel Speed cm/min	Unos topline Heat Input kJ
1	TIG	OK Tigrod 55 Ø2,4mm	80	11	DC (-)	/	/	/
2	TIG	OK Tigrod 55 Ø2,4mm	140-150	11	DC (-)	/	/	/
3 - 6	REL	FOX EV 75 Ø3,2mm	110-120	23	DC (+)	/	/	/

Oznaka: **WPS 2662-05**


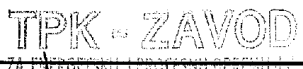

 Revizija: **0**

 Datum: **18.08.2014.**

Vrsta i marka dodatnog materijala / Filler Metal Class. and trade name	TIG: OK Tigrod 55 ( EN ISO 16834-A: W 55 4 Mn3NiCrMo ) REL:FOX EV 75 (EN 757: E 62 6 Mn2NiCrMo B 42 H5)
Posebni propisi za sušenje / Any Special Baking or Drying	FOX EV 75, 300°C/2h
Zaštitni plin / Shielding Gas Flow Rate	Argon 99,99% 10 - 12 l/min
Zaštita korijena / Gas – Backing	/
Protok plina za zaštitu korijena / Gas Flow Rate-Backing	/
Vrsta i promjer volfram elektrode / Tungsten Electrode Type/Size	WC20 $\phi$ 2,4
Pojedinosti o žljebljenju/podlozi / Details of Back Gouging/Backing	NA
Temperatura predgrijavanja / Preheat Temperature	100°C, propan-butan
Međuslojna temperatura / Interpass Temperature	max 180 °C
Naknadna toplinska obrada i/ili starenje / PWHT and/or Ageing	NA
Vrijeme, temperatura, postupak / Time, Temperature, Method	/
Brzina dizanja i spuštanja temperature / Heating and Cooling Rates	/
Ostale informacije / Other Information	/
Njihanje (max. širina sloja) / Weaving (max. width of run)	Njihanje / Povlačenje
Oscilacija (ampl., frek., vrij., zadrž.) / Oscilation (ampl., freq., dwell time)	/
Pojedinosti impulsnog zavarivanja / Pulse Welding Details	/
Razmak kontaktne vodilice / Stand off distance	/
Pojedinosti plazma zavarivanja / Plasma welding details	/
Kut nagiba pištolja / Torch angle	/

Izradio:	Bojan Duvandžija, dipl.ing.stroj.	
Odobrio:	Josip Mioč, dipl.ing.stroj.	
Nadzor investitora:		

### 13.8. Izvješće radiografskog ispitivanja plinovoda Ivanić Grad – Kutina

 <b>TPK-ZAVOD</b> Slavonska avenija 20 ZAGREB HRVATSKA	<b>IZVJEŠĆE</b> <b>RADIOGRAFSKOG ISPITIVANJA</b> REPORT OF RADIOGRAPHIC EXAMINATION		<b>IZVJEŠĆE TPK-ZAVOD BR.:</b> REPORT TPK-ZAVOD No.:						
			<b>IZVJEŠĆE BR./REPORT No.:</b> <b>177-RRT-004-14</b>						
<b>Naručilac:</b> Customer:	<b>MONTER STROJARSKE MONTAŽE d.d., Zagreb</b>		<b>Ugovor br.:</b> Contract No.:						
			/						
<b>Objekt:</b> Object:	<b>STROJARSKO ODRŽAVANJE PLINOVODA</b> <b>IVANIĆ GRAD – KUTINA DN 500</b>		<b>Narudžba br.:</b> Order No.:						
			2662/14/K1 od 13.08.2014.						
<b>Dio objekta:</b> Part of object:	<b>LOKACIJA 4</b>		<b>Tvornički br.:</b> Factory No.:						
			L – 4						
<b>Projekt:</b> Project:	<b>POPRAVAK IZREZIVANJEM DIJELOVA</b> <b>PLINOVODA</b>		<b>Radni nalog:</b> Work order:						
			177 – 14						
<b>Korisnik:</b> User:	<b>PLINACRO d.o.o., Zagreb</b>		<b>Crtež broj:</b> Drawing No.:						
			/						
<b>Postupak ispitivanja:</b> Examination procedure:		<b>PRT-01-E26-14 / Rev.1</b>	<b>Norma ili standard ispitivanja:</b> Code of examination:						
			HRN EN ISO 17636-1/B						
<b>Radna uputa:</b> Working instruction:	/	<b>Dnevnik br.:</b> Logbook No.:	/						
<b>Opseg ispitivanja:</b> Scope of examination:		<b>100%</b>	<b>Vrijeme ispitivanja:</b> Time of examination:						
			NAKON ZAVARIVANJA/ AFTER WELDING						
<b>Način ispit.:</b> Test type:	<b>Način spajanja:</b> Weld joint:	<b>Oblik spoja:</b> Weld shape:	<b>Dimenzija: [mm]</b> Dimension:	<b>Postupak zavarivanja:</b> Welding process:	<b>Materijal:</b> Material:	<b>Stanje površine:</b> Surface condition:			
1	BW	V	Ø508 x 7,1	111	API 5L X52 / X70	ZAVARENO/WELDED			
2									
3									
4									
<b>Klasa ispit.:</b> Examination class:	<b>Tehnika ispitivanja:</b> Exposure arrangement:	<b>Broj eksp. po zavaru:</b> No. exp. per weld:	<b>Br. filmova po eksp.:</b> No. films per exp.:	<b>Indik. kvalit. radiograma:</b> (IKR) IQI – type:	<b>Stupanj kvalitete radiograma:</b> (SKR) Wire No.:	<b>Položaj IKR-a:</b> IQI – position:	<b>Zacrnljenje:</b> Density:		
1	B	Fig.14	4	1	W10 FE EN	W14	NA STR. FILMA / FILMSIDE	≥ 2,3	
2									
3									
4									
<b>Klasa filma:</b> Film class:	<b>Oznaka filma:</b> Film sign.:	<b>Proizvođač filma /šarža br.:</b> Film producer/batch No.:	<b>Dimenzije filma: [mm]</b> Film dimensions:	<b>Prednja folija: [mm]</b> Front screen/thick.:	<b>Stražnja folija: [mm]</b> Back screen/thick.:	<b>Način razvijanja:</b> Film developing type:			
1	C4	D5	AGFA/4050063	10x480	Pb 0,027	Pb 0,027	RUČNO/MANUAL		
2									
3									
4									
<b>Izvor zr./proiz./ser. br.:</b> Radiation source sign/producer/ser. No.: (X-ray; Gamma-ray)	<b>Veličina izvora:</b> Source size:	<b>Napon: [kV]</b> Tube voltage:	<b>Struja: [mA]</b> Tube current:	<b>Aktivnost: [GBq]</b> Activity:	<b>Vrijeme ekspozicije: [min]</b> Exposition time:	<b>Izvor-objekt udalj.:</b> Source-object dist.:	<b>Objekt-film udalj.:</b> Object-film. dist.:		
1	Ir192/06.2067	NUCLEAR	2,0x2,31	/	/	2020	2,5	508	7,1
2									
3									
4									
<b>Napomena:</b> Remark:									
									
<b>Ispitao (ime/potpis):</b> Examined (Name/Signature):		<b>Odobrio (ime/potpis):</b> Approved (Name/Signature):		<b>Nadzor (ime/potpis):</b> Surveyor (Name/Signature):		17025-HAA 			
Zagreb, Slavonska M. Sabol, N. Vederić		V. Terak, dipl. ing.		D. Đaković, dipl. ing. EWE/IWE					
<b>Datum:</b> Date:		<b>Datum:</b> Date:		<b>Datum:</b> Date:					
18.09.2014.		23.09.2014.							
<b>Obrazac:</b> Form:		<b>LABORATORIJ ZA ISPITIVANJE BEZ RAZARANJA</b> LABORATORY FOR NONDESTRUCTIVE TESTING		<b>Strana:</b> Page:		<b>od:</b> of:			
RRT1-01-AE3				1		2			

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



TPK-ZAVOD  
Slavonska avenija 20  
ZAGREB  
HRVATSKA

## IZVJEŠĆE RADIOGRAFSKOG ISPITIVANJA

REPORT OF RADIOGRAPHIC EXAMINATION

IZVJEŠĆE TPK-ZAVOD BR.  
REPORT TPK-ZAVOD No.

IZVJEŠĆE BR./REPORT No.

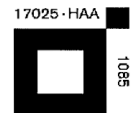
177-RRT-004-14

Zavar; Osn. materijal / Weld; Base material				Nalaz / Finding of examination				Nalaz: Evaluation of finding:		Napomena: Remark:	
Zavar broj: Weld No.	Dimenzija: Dimensions: [mm]	Pozicija: Position:	Broj zavarivača: Welder stamp:	Broj filma: Film No:	Način ispit.: Test type:	Zacrnljenje: Density:	SKR: Wire No:	Klasifikacija indikacija prema EN ISO 6520-1 Classification of indications EN ISO 6520-1	A		NA
M1	Ø508 x 7,1	L-4	/	0-40	1	2,3	13	5013	X		18.09.14.
M1	"	"	"	40-80	1	2,4	13	5013,5012	X		"
M1	"	"	"	80-120	1	2,5	13	5012	X		"
M1	"	"	"	120-0	1	2,3	13	5012	X		"
M2	Ø508 x 7,1	L-4	/	0-40	1	2,3	13	/	X		18.09.14.
M2	"	"	"	40-80	1	2,3	13	5012	X		"
M2	"	"	"	80-120	1	2,4	13	5012	X		"
M2	"	"	"	120-0	1	2,3	13	515	X		"

Napomena / Remark:

Simboli / Symbols:  
 A – Prihvatljivo / Acceptable  
 NA – Nije prihvatljivo / Not acceptable.  
 1,2,3 – Način ispitivanja / Test type  
 R – Oznaka "nakon popravka" / Sign for "after reparation"  
 S – Oznaka "dodatno snimanje" / Additionally radiograms  
 FF – Greška na filmu / Film fault  
 SKR – Stupanj kvalitete na radiogramu / Wire No.


Ispitao (ime/potpis): Examined (Name/Signature): M. Sabol, N. Vederić	Odobrio (ime/potpis): Approved (Name/Signature): V. Tersek, dipl. ing.	Nadzor (ime/potpis): Surveyor (Name/Signature): D. Đaković, dipl. ing. EWE/IWE
Datum: Date: 18.09.2014.	Datum: Date: 23.09.2014.	Datum: Date:



Obrazac: RRT2-01-AE3      LABORATORIJ ZA ISPITIVANJE BEZ RAZARANJA      Strana: 2      od: 2  
 Form: LABORATORY FOR NONDESTRUCTIVE TESTING      Page: of:

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

### 13.9. Dio tipičnog izvještaja nakon in-line inspekcije

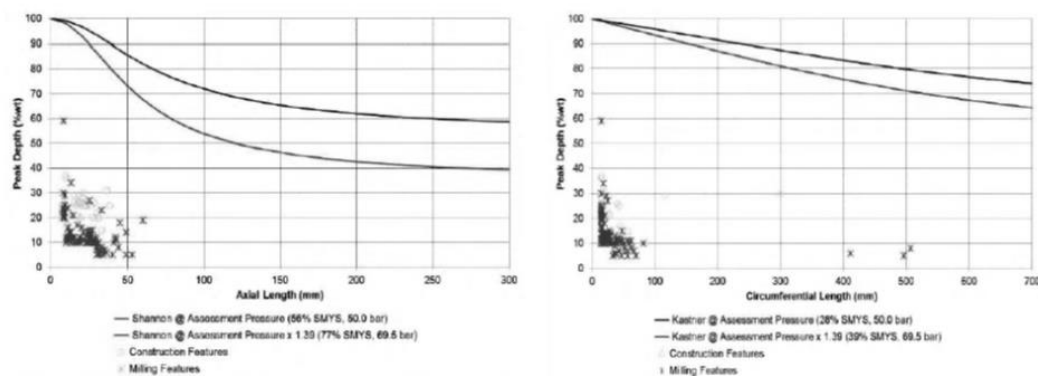
 <p>OPERATOR PLINSKOGA TRANSPORTNOG SUSTAVA Savska 88a, ZAGREB - Hrvatska SEKTOR TRANSPORTA</p>	<b>IZVJEŠTAJ NAKON IN LINE INSPEKCIJE</b> <b>DN500</b>	Oznaka dokumenta
--	---	------------------

proše inicijalni tlačni test. Shodno tome, uz pretpostavku odsustva dodatnog mehanizma rasta, ne predstavljaju rizik za integritet plinovoda.

#### 3.2.7 PROCJENA INTEGRITETA NEKOROZIVNIH GUBITAKA METALA

(Rosen FFP, str. 26-27)

U sklopu procjene integriteta nekorozivnih gubitaka metala, te tvorničkih i konstrukcijskih grešaka, uz definirani MAOP=50 bar i faktor sigurnosti od 1.39, izvršena je usporedba dimenzija pojedinih nepravilnosti sa graničnim veličinama, odn. krivuljama definiranim pomoću modificiranog B31.G kriterija i Kastnerove metode.



Napomene: u priloženim grafovima radi pojednostavljene vizualizacije proračun se bazira na najtanjoj stjenici plinovoda od 6.35 mm – konzervativan pristup. Prilikom konkretnih proračuna korištene su konkretne debljine stjenki cijevi za svaku nepravilnost. U izračune je uključena i nesigurnost mjernog alata, odn. tolerancijska polja mjerne nesigurnost MFL alata.

Kao što je vidljivo na priloženim grafovima, niti jedna od ovih nepravilnosti ne predstavlja rizik za integritet plinovoda.

Izradio/la:	Kontrolirao/la:	Odobrio/la:	Datum:	Stranica:
D.Noha, dipl. inž.	V.Belačić, dipl.inž.	V.Belačić, dipl.inž.	28.02.2012	18/30

### 3.3 NEPRAVILNOSTI PROMJERA CIJEVI

#### 3.3.1 UDUBLJENJA

(FFP Rosen, str. 21-22, 28-31)

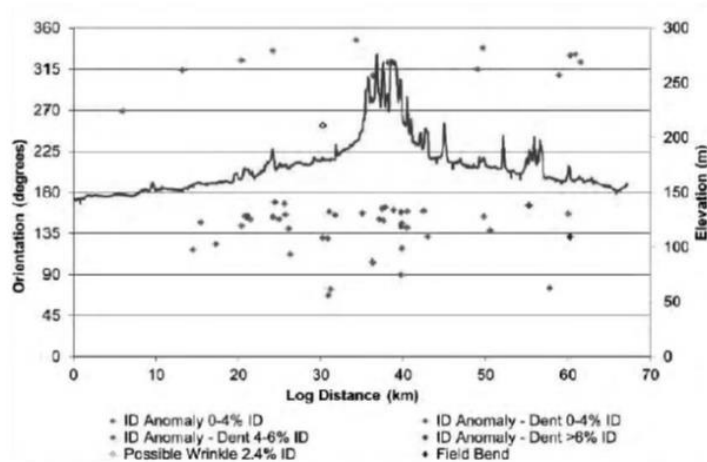
Ukupno je zabilježeno 58 nepravilnosti klasificiranih nepravilnosti promjera cijevi. Od toga 25 su ocijenjena kao udubljenja, a ostalih 33 kao ostale nepravilnosti promjera. Suženje promjera udubljenja sa najvećom izmjerenom dubinom iznosi 6.7% ID (odn. 6.5% ID) na stacionaži 55.279,98 m, te se ujedno nalazi u području obodnog zavara.

Nakon dodatne analize (Macaw) jedna od anomalija je rekvalificirana kao moguće naboravanje (30.248,24 m), a druga kao udubljenje ili nepravilnost promjera u zoni savijanja cijevi („field bend“, 60.237,46 m).

Ostale značajke:

- nema udubljenja sa izmjerenim suženjem promjera >7%
- 14 udubljenja smatraju se udubljenjima na vrhu cijevi (između 8:00 do 4:00h)
- 8 udubljenja pridruženih zavarima imaju dubinu >2%


Distribucija ovih nepravilnosti prikazana je na slijedećem grafu.



Udubljenja na donjem obodu cijevi (4:00-8:00h), kao i udubljenja na većim uzbrdicama najvjerojatnije su uzrokovana postavljanjem na kamen prilikom izgradnje plinovoda (tzv. „rock dents“). U tom slučaju radi se o imobiliziranim udubljenjima sa čvrstim osloncem koja kao takva ne predstavljaju rizik za integritet plinovoda.

Izradio/la:	Kontrolirao/la:	Odobrio/la:	Datum:	Stranica:
D.Noha, dipl. inž.	V.Belačić, dipl.inž.	V.Belačić, dipl.inž.	28.02.2012	19/30



 OPERATOR PLINSKOGA TRANSPORTNOG SUSTAVA Savska 88a, ZAGREB - Hrvatska SEKTOR TRANSPORTA	<b>IZVJEŠTAJ NAKON IN LINE INSPEKCIJE DN500</b>	Oznaka dokumenta

#### a) UDUBLJENJA VEĆA OD 7% OD

Na ovom plinovodu nisu pronađena nepravilnosti promjera cijevi klasificirane kao udubljenja sa dubinom većom od 7% OD.

#### b) UDUBLJENJA NA GORNJEM OBODU CIJEVI

Ukupno 14 udubljenja nalazi se na gornjem dijelu cijevi (08:00-04:00h). Ova vrsta udubljenja nastaju uglavnom zbog utjecaja trećih osoba. Kod takvih oštećenja moguća je pojava pukotina i ogrebotina (cracking and gouging) i oštećenja izolacije, te je potrebno provjeriti udubljenja na gornjem obodu cijevi i pri tome utvrditi moguća oštećenja (izolacije ili cijevi), a po potrebi popraviti izolaciju i eventualno oštećenu cijev.

Preporuča se obaviti uvid u stanje otkrivenih nepravilnosti na uzorku lokacija, posebno u područjima sa povećanom opasnošću utjecaja trećih osoba (blizina zgrada, prijelazi ispod cesta i sl.).

#### UDUBLJENJE na vrhu cijevi - provjera na uzorku lokacija, eventualni popravci po nalazu nakon iskopa

Stacionaža [m]	GPS koordinate		Unutar stjenka DA/ne	o'clock [h:mm]	Dužina [mm]	Širina [mm]	Dubina [mm]	ERF B31G [mm]	Napomena	Zavar br.	Dužina cijevi [m]	Deblj. stjenka [mm]	Najbliži zavar [m]
	Latitude [°]	Longitude [°]											
5.965,23	46,02299817	15,97781467	-	9:57	167	262	1,3%	1,3%	GW area			6,35	0,09
13.237,90	46,04037291	16,06674324	-	11:33	168	291	1,5%	1,5%	GW area			6,35	0,08
20.428,53	46,05148201	16,15474528	-	0:40	406	495	1,6%	1,6%	GW area			6,35	0,16
24.204,20	46,07094561	16,19204499	-	0:11	158	272	1,8%	1,7%	GW area			7,14	0,08
34.304,61	46,14526734	16,24150305	-	0:53	550	356	2,0%	2,0%	GW area			6,35	0,25
36.363,25	46,15488644	16,26124061	-	0:38	224	630	1,0%	1,0%	GW area			7,14	0,1
38.187,90	46,15436592	16,28355515	-	0:01	241	343	1,5%	1,5%	GW area			7,14	0,04
48.998,72	46,1872978	16,40654289	-	0:10	134	447	1,8%	1,8%	GW area			6,35	0,02
49.717,31	46,18960604	16,41522043	-	0:23	172	297	1,6%	1,6%	GW area			7,14	0,08
57.785,36	46,21447549	16,50567216	-	3:05	99	159	1,5%	1,5%	GW area DENT			6,35	0,15
58.918,34	46,21832018	16,51863181	-	10:47	87	135	2,8%	2,7%	DENT			7,14	-4,16
60.277,89	46,21827604	16,53604084	-	0:26	311	383	2,2%	2,1%	GW area			6,35	0,26
60.858,20	46,22202956	16,54096506	-	0:08	209	295	1,5%	1,5%	GW area			7,14	0,14
61.529,26	46,22711938	16,54562748	-	0:07	307	365	1,9%	1,8%	GW area			7,14	0,24

FFF, Appendix H, iskop i provjera na uzorku lokacija (plavo označena lokacija je preporučena za iskop s obzirom na lokaciju i uvjete na terenu)

Za iskop i uvid u prirodu oštećenja preporuča se uzorak od 5 lokacija. Napomena: udubljenje na lokaciji 61.529,26 m je ujedno udubljenje navedeno i u kategoriji udubljenja >2%OD na zavaru, pa se iz tog razloga preporuča kao jedno od mjesta za provjeru.

U svrhu obavljanja terenskih radova potrebno je osigurati iskop na 5 lokacija, te kompozitne obujmice za eventualni popravak ovih lokacija, kao i AKZ materijal za obnavljanje skinute izolacije.

Iskop	Kompozitne obujmice
5 kom	5 kom

#### c) UDUBLJENJA >2%OD NA ZAVARU

Jedno od snimljenih udubljenja nalazi se u području obodnog zavara i ima dubinu veću od 2%OD. Ova kategorija udubljenja nije dozvoljena ako je ispunjen jedan od slijedećih uvjeta:

- lokalno istežanje u zoni udubljenja >4%
- udubljenje ima tragove mehaničkog oštećenja

Izradio/la:	Kontrolirao/la:	Odobrio/la:	Datum:	Stranica:
D.Noha, dipl. inž.	V.Belačić, dipl.inž.	V.Belačić, dipl.inž.	28.02.2012	20/30

- zavar je krhak

**UDUBLJENJE >2%OD NA ZAVARU - provjera istezanja materijala, eventualni popravci po nalazu provjere**

Stacionala [m]	GPS koordinate		Unutar stjenka DA/Ne	o'clock (FPF) cent (obimni)	Dužina [mm]	Širina [mm]	Dubina		Napomena	Zavar br.	Dužina cijevi [m]	Deblj. stjenke [mm]	Najbliži zavar [m]
	Latitude [°]	Longitude [°]					[% ID]	[% OD]					
17.313.21	46.04351517	16.11793667	-	5:33	232	390	2.4%	2.3%	GW area DENT			6.35	0.11
21.139.81	46.05382015	16.16328278	-	5:59	589	228	3.0%	2.9%	GW area DENT			6.35	0.25
24.417.08	46.07236643	16.19385938	-	6:13	801	158	2.5%	2.4%	GW area DENT			6.35	0.72
24.930.68	46.07618504	16.19752236	-	6:00	1220	263	2.4%	2.3%	GW area DENT			6.35	0.61
26.132.96	46.08546867	16.20899487	-	6:15	138	419	2.3%	2.2%	GW area			6.35	-0.15
39.753.27	46.16118335	16.29901949	-	6:06	1273	356	2.2%	2.1%	GW area DENT			6.35	0.23
55.279.98	46.20897842	16.47607515	-	6:35	123	286	6.7%	6.5%	GW area DENT			6.35	0.06
60.277.89	46.21827604	16.53604084	-	0:26	311	383	2.2%	2.1%	GW area			6.35	0.26

FPF, Appendix H, iskop i/ili provjera naprezanja materijala prema "Strain Based Assessment, ASME B31.8"

Za iskop planirati crveno označene lokacije i još jednu kontrolnu po izboru.

Na ovim lokacijama potrebno je izvršiti provjeru lokalnog istezanja prema ASME B31.8. S obzirom da je na 5 lokacija odnos dužine i širine naspram dubine udubljenja relativno velikog iznosa, sa velikom vjerojatnošću se može pretpostaviti da je i radijus lokalne deformacije također relativno velikog iznosa, što prema ASME B31.8 kalkulaciji daje malu vrijednost lokalnog istezanja.

Aproksimacijom pojedinih udubljenja sa idealnom kružnicom dobiveni su potrebni radijusi za izračun veličine istezanja prema spoemnutom standardu. Sa ovakvim modelom dobijaju se vrijednosti istezanja  $E_i$  i  $E_o$  koji su uglavnom ispod 2%.

Nr.	d [mm] Dužina oštećenja	d [mm] Širina oštećenja	L [mm] Radijus krivine materijala	Ra [mm] Radijus krivine materijala	R1 [mm] radijus r1	R2 [mm] radijus r2	E1 Izračun istezanja	E2 Izračun istezanja	E3 Izračun istezanja	Ei Istezanje materijala	EO Istezanje materijala
1	2.3	11.5	232	591	-591	591	0.018074128	-0.005374128	0.001228541	2.0%	2.2%
2	2.9	14.5	589	2998	-2998	2998	0.013759058	-0.001059058	0.000303023	1.4%	1.4%
3	2.4	12	801	6689	-6689	6689	0.013174635	-0.000474635	0.000112219	1.3%	1.3%
4	2.3	11.5	1220	16184	-16184	16184	0.012896181	-0.000196181	4.44269E-05	1.3%	1.3%
5	2.2	11	138	222	-222	222	0.027007663	-0.014307663	0.003176854	3.4%	3.9%
6	2.1	10.5	1273	19297	-19297	19297	0.012864531	-0.000164531	3.40167E-05	1.3%	1.3%
7	6.5	32.5	123	74	-74	74	0.05352682	-0.042652682	0.034908123	6.0%	11.8%
8	2.1	10.5	311	1157	-1157	1157	0.0154449	-0.0027449	0.000569938	1.7%	1.7%

100% - for dent control

5% - for area planarized with dent

Iz gore navedenih razloga za iskop i provjeru odabrati će se tri udubljenja sa najvećim odnosom dubina/dužina oštećenja (označeno crveno u gornjoj tablici), te još jedno kontrolno sa manjim iznosom ovog omjera, odn. manjim iznosom izračunatog istezanja.

Za to je potrebno osigurati iskop na 4 lokacije, te kompozitne obujmice za eventualni popravak ovih lokacija, kao i AKZ materijal za obnavljanje skinute izolacije.

Iskop	Kompozitne obujmice
4 kom	10 kom

Izradio/la:	Kontrolirao/la:	Odobrio/la:	Datum:	Stranica:
D.Noha, dipl. inž.	V.Belačić, dipl.inž.	V.Belačić, dipl.inž.	28.02.2012	21/30

## 5. POTREBNI RADOVI, MATERIJAL, LISTA LOKACIJA

### LISTA LOKACIJA PREDVIĐENIH ZA ISKOP

Iskop br.	Stacionara [m]	GPS koordinate Latitude [°]	Longitude [°]	Unutar stijenka DA/NE	o'clock [hh:mm]	Dubina [mm]	Širina [mm]	Dubina [m]	ERF B31G	Opis	Napomena	Obujmice (ResQ/II Type B)	Zavar br.	Dubina cijevi [m]	Deblj. stijenke [mm]	Najbliži zavar [m]
1	17.313.21	46.04351517	16.11793667	-	5:33	232	390	2.3% OD	-	DENT, GW area		1			6.35	0.11
2	26.132.96	46.08546887	16.20499487	-	6:15	138	419	2.2% OD	-	DENT, GW area		1			6.35	-0.15
3	30.248.24	46.12092472	16.20805378	-	9:07	65	185	2.3% OD	-	WRINKLE		Type B			6.35	-3.73
4	34.304.61	46.14526734	16.24150305	-	0:53	350	356	2.0% OD	-	DENT On Top	GW area	2			6.35	0.25
5	48.958.72	46.1872978	16.40654289	-	0:10	134	447	1.8% OD	-	DENT On Top	GW area	1			6.35	0.02
6	52.882.93	46.2037746	16.44726914	-	cca 10:00	-	-	0-44%	-	LAMINATION area start	serija (17 kom) laminacija na razmaku cca 0.35 m, 2 laminacije sa grubom metalu	2	44700	11.86	7.14	1.3
	52.883.27	46.20377481	16.44727351	-						LAMINATION area end		2	44700	11.86	7.14	0.96
7	55.279.98	46.20897842	16.47607515	-	6:35	123	286	6.5% OD	-	DENT, GW area		1			6.35	0.06
8	58.918.34	46.21832018	16.51863181	-	10:47	87	135	2.7% OD	-	DENT On Top	DENT	1			7.14	-4.16
9	60.277.89	46.21827604	16.53604084	-	0:26	311	383	2.1% OD	-	DENT, GW area, On Top	GW area, cca 4.6 m prije asfittine ko	1			6.35	0.26
10	61.529.26	46.22711938	16.54562748	-	0:07	307	365	1.8% OD	-	DENT On Top	GW area	1			7.14	0.24
11	62.882.41	46.23836991	16.5518575	ne	cca 4:00:00	-	-	max 7%	-	CORROSION area start	serija (2 kom) korozivnih gubitaka metala na razmaku cca 0.36 m	2			-	-
	62.882.77	46.23837182	16.55186127	ne	cca 4:00:00	-	-	max 15%	-	CORROSION area end	serija (8 kom) korozivnih gubitaka metala na razmaku cca 1.45 m	5	53230	11.68	7.14	-
12	62.885.39	46.23838573	16.55188864	ne	cca 4:00:00	-	-	max 15%	-	CORROSION area start					-	-
	62.886.84	46.23839384	16.5519037	ne	cca 4:00:00	-	-	max 15%	-	CORROSION area end					-	-

Ukupno **12** iskop  
**18** kompozitne obujmice  
**1** Type B obujmice

- Akcije
- 1 Provjeriti stanje izolacije, popraviti korozivna oštećenja
  - 2 Izvršiti terensku provjeru (iskop, mjerenje) dimenzija i karakteristika laminacija. Nakon uvida u stanje slijedi odluka o postupanju i načinu popravka.
  - 3 Izvršiti terensku provjeru (iskop, mjerenje) dimenzija i karakteristika nepravilnosti na predloženi lokacijama. Nakon uvida u stanje slijedi odluka o postupanju sa ostalim nepravilnostima, te eventualnom popravku i načinima popravka
  - 4 Iskop i provjera istezanja materijala prema "Strain Based Assessment, ASME B31.8", popravak ako se potvrdi dubina >7% i strain >6%

Prema gore navedenim podacima potrebno je osigurati iskop na **12 lokacija**, a od materijala cca **18 kom kompozitnih obujmica**, **1 metalne obujmicu type B** te **AKZ izolaciju** za popravak svih otkrivenih lokacija.

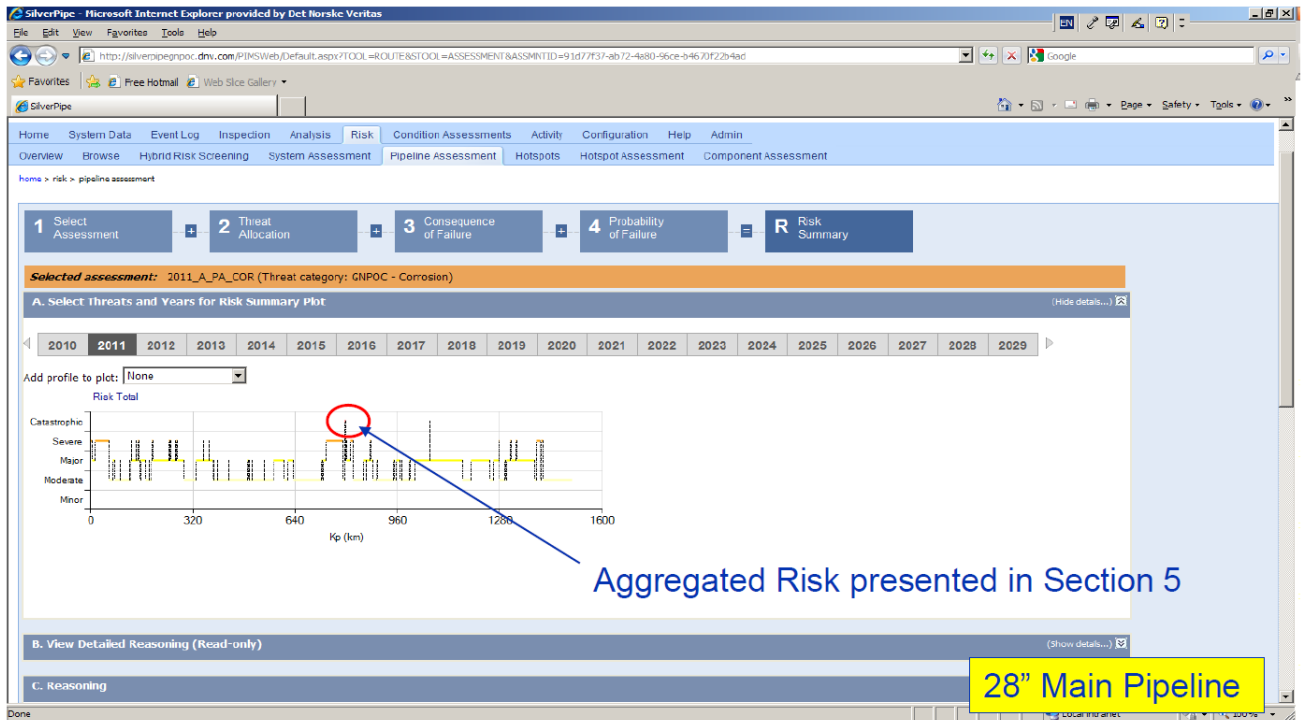
Postoji mogućnost da se nakon uvida u stanje pojedinih nepravilnosti ili pojava na plinovodu utvrdi potreba za dodatnim radovima, popravcima ili ispitivanjima dijelova plinovoda.

Izradio/la:	Kontrolirao/la:	Odobrio/la:	Datum:	Stranica:
D.Noha, dipl. inž.	V.Belačić, dipl.inž.	V.Belačić, dipl.inž.	28.02.2012	25/30

### 13.10. Rezultati „in-line“ inspekcije plinovoda Kutina 1 - Dobrovac

ID	Anomaly type	Operat.	START POINT						END POINT						CUT
			Start	Relative distance to ref.weld (m)	Reference weld #	Reference weld Log Dist (m)	GPS Lat	GPS Lon	Erid	Relative distance to ref.weld (m)	Reference weld #	Reference weld Log Dist (m)	GPS Lat	GPS Lon	
	DENT >2% @WELD	CUT	2.089,94	4,74	2.090	2.085,20	45,711016	16,42256744	2.089,94	-7,36	2.100	2.097,29	45,7109142	16,422624	2
	CORR	CUT	2.688,92	-0,3	2.590	2.689,22	45,707032	16,42779731	2.810,77	0,3	2.700	2.810,47	45,7062512	16,4288893	121,9
	CORR	CUT	3.464,69	-0,63	3.290	3.465,33	45,7020205	16,4347874	3.500,73	0,55	3.320	3.500,18	45,7018064	16,4351129	36
	CORR	CUT	3.778,45	-5,57	3.570	3.784,02	45,7000434	16,43777082	3.784,32	0,3	3.570	3.784,02	45,7000434	16,4377708	5,9
	CORR	CUT	4.284,62	-2,67	4.030	4.287,29	45,6999028	16,44245988	4.329,62	1,65	4.080	4.327,97	45,6966488	16,4428362	45
	CORR	CUT	4.918,90	1,16	4.620	4.917,73	45,6926073	16,44665336	4.990,85	1,15	4.680	4.989,70	45,6923273	16,4474871	72
	CORR	CUT	7.210,37	-0,51	6.600	7.210,88	45,6836603	16,4732631	7.270,22	0,3	6.650	7.269,92	45,6834382	16,4739496	59,8
	CORR	CUT	7.817,84	0,15	7.130	7.817,69	45,6791155	16,4772541	7.819,50	1,81	7.130	7.817,69	45,6791155	16,4772541	2
	CORR	CUT	8.048,10	3,49	7.320	8.044,61	45,6773567	16,47874085	8.053,30	-3,32	7.330	8.056,63	45,6772639	16,4788206	5,2
	CHECK CLOSE OBJECT	CHECK	8.895,76	3,03	8.050	8.892,73	45,6708509	16,48443847							2
	CHECK POSSIBLE PATCH	CHECK	10.711,54	-0,21	9.740	10.711,75	45,6570331	16,49697007							2
	CORR	CUT	12.266,00	5,4	11.250	12.260,61	45,6450005	16,50700442	12.343,00	-1,87	11.320	12.344,87	45,6443705	16,5076086	77
	CORR	CUT	13.645,44	5,75	12.290	13.639,70	45,6349544	16,51735091	13.682,98	0,3	12.320	13.682,68	45,6346577	16,5177055	37,5
	CORR	CUT	13.770,00	6,8	12.400	13.763,20	45,6340994	16,51836526	13.809,82	0,3	12.430	13.809,52	45,6337617	16,5187507	39,8
	CORR	CUT	15.506,00	-3,76	13.860	15.509,77	45,6225888	16,53295462	15.554,46	0,3	13.900	15.554,16	45,6222379	16,53302948	48,5
	CORR	CUT	17.729,13	-0,3	15.750	17.729,43	45,6082238	16,55097633	17.756,52	0,3	15.780	17.756,22	45,6080228	16,5511624	27,4
	DENT >2% @WELD	CUT	21.299,05	-2,73	18.880	21.301,79	45,5786815	16,56867776	21.300,05	-1,73	18.880	21.301,79	45,5786815	16,5686778	2
	DENT >2% @WELD	CUT	22.217,75	1,64	19.780	22.216,11	45,5718107	16,574916	22.231,87	0,3	19.790	22.231,37	45,5717773	16,5750592	13,9
	CORR	CUT	26.115,60	5,03	22.890	26.110,57	45,5458663	16,60321889	26.129,60	7,06	22.900	26.122,54	45,5467892	16,6032858	14
	CORR	CUT	27.081,29	-0,3	23.730	27.081,59	45,5389984	16,61036238	27.087,00	5,41	23.730	27.081,59	45,5389984	16,6103624	5,7
	CORR	CUT	28.632,50	-0,89	25.060	28.633,39	45,5302446	16,6254043	28.657,75	0,3	25.080	28.657,45	45,530141	16,6256744	25,2
	CORR	CUT	28.796,28	7,24	25.190	28.799,04	45,5295715	16,62714977	28.801,79	0,75	25.200	28.801,04	45,5295198	16,6272846	5,5
	CORR	CUT	28.845,50	-3,62	25.240	28.849,12	45,5293111	16,62782317	28.856,57	7,45	25.240	28.849,12	45,5293111	16,6278232	11,1
	CORR	CUT	28.984,73	3,45	25.350	28.981,28	45,5287361	16,62930233	28.989,47	8,19	25.350	28.981,28	45,5287361	16,6293023	4,7
	CORR	CUT	29.315,90	-0,38	25.630	29.316,28	45,5272856	16,63305759	29.328,52	0,3	25.640	29.328,22	45,5272342	16,6331916	12,6
	CORR	CUT	29.480,07	-0,3	25.750	29.480,37	45,5266639	16,63467438	29.525,20	4,81	25.800	29.520,39	45,5264018	16,6353453	65,1
	CORR	CUT	33.363,73	-1,94	29.240	33.365,67	45,5017831	16,66825973	33.366,93	1,26	29.240	33.365,67	45,5017831	16,6682597	3,2
	CHECK POSSIBLE PATCH	CHECK & CUT	36.000,21	-2,26	31.640	36.002,46	45,4895989	16,69597404	36.000,34	-2,12	31.640	36.002,46	45,4895989	16,695974	2
	DENT 2-4%	CUT	41.118,50	0,48	36.260	41.118,02	45,4659052	16,75163342	41.121,00	2,98	36.260	41.118,02	45,4659052	16,7516334	2,5

### 13.11. Primjer programskih rješenja i generiranog radnog lista (Det Norske Veritas AS.) i (Project Consulting Services, Inc)



<p>IMR # 28M  <b>28" Main Trunkline - 28" Crude Oil -</b>                  Central Processing Unit- to [redacted]</p>																																	
Document Owner	Pipeline Responsible Person																																
Issue Date	Valid till Date																																
<p><b>Pipeline Details and Safe Operating Limits</b></p> <p>Battery Limits [redacted]</p> <p>Process Description [redacted]</p> <p>Components included in System: Total of 309 components, see attached sheet</p> <table border="1"> <tr> <td>Pipeline Outer Diameter</td> <td>711.2 mm</td> <td>MAOP</td> <td>97.24 bar</td> </tr> <tr> <td>Pipeline Wall Thickness</td> <td>10.72 / 16.30mm</td> <td>Max. Surge Pressure</td> <td>HOLD</td> </tr> <tr> <td>Total Pipeline Length</td> <td>1507.799 km</td> <td>Max. Operating Temp.</td> <td>70°C</td> </tr> <tr> <td>Pipeline Material</td> <td>X65</td> <td>Design %CO2 Limit</td> <td>HOLD % (tolerances)</td> </tr> <tr> <td>Pipeline SMYS</td> <td>448 Mpa</td> <td>Design %H2S Limit</td> <td>HOLD % (tolerances)</td> </tr> <tr> <td>Coating</td> <td>2.5mm 3PP &amp; 0.35mm FBE</td> <td>Design %SS&amp;W Limit</td> <td>HOLD % (tolerances)</td> </tr> <tr> <td>Construction Year</td> <td>1999</td> <td>Design %Water Cut Limit</td> <td>HOLD % (tolerances)</td> </tr> <tr> <td>Total Pipeline Length</td> <td>1507.799 km</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Pipeline Outer Diameter	711.2 mm	MAOP	97.24 bar	Pipeline Wall Thickness	10.72 / 16.30mm	Max. Surge Pressure	HOLD	Total Pipeline Length	1507.799 km	Max. Operating Temp.	70°C	Pipeline Material	X65	Design %CO2 Limit	HOLD % (tolerances)	Pipeline SMYS	448 Mpa	Design %H2S Limit	HOLD % (tolerances)	Coating	2.5mm 3PP & 0.35mm FBE	Design %SS&W Limit	HOLD % (tolerances)	Construction Year	1999	Design %Water Cut Limit	HOLD % (tolerances)	Total Pipeline Length	1507.799 km		
Pipeline Outer Diameter	711.2 mm	MAOP	97.24 bar																														
Pipeline Wall Thickness	10.72 / 16.30mm	Max. Surge Pressure	HOLD																														
Total Pipeline Length	1507.799 km	Max. Operating Temp.	70°C																														
Pipeline Material	X65	Design %CO2 Limit	HOLD % (tolerances)																														
Pipeline SMYS	448 Mpa	Design %H2S Limit	HOLD % (tolerances)																														
Coating	2.5mm 3PP & 0.35mm FBE	Design %SS&W Limit	HOLD % (tolerances)																														
Construction Year	1999	Design %Water Cut Limit	HOLD % (tolerances)																														
Total Pipeline Length	1507.799 km																																
<table border="1"> <tr> <th>PS No.</th> <th>OP/PS #1</th> <th>PS #2</th> <th>PS #3</th> <th>PS #4</th> <th>PS #5</th> <th>PS #6</th> <th>Terminal</th> </tr> <tr> <td>Distance:</td> <td>0.06 km</td> <td>236.1 km</td> <td>547.6 km</td> <td>819.3 km</td> <td>1085.7 km</td> <td>1311.8 km</td> <td>1505 km</td> </tr> </table>		PS No.	OP/PS #1	PS #2	PS #3	PS #4	PS #5	PS #6	Terminal	Distance:	0.06 km	236.1 km	547.6 km	819.3 km	1085.7 km	1311.8 km	1505 km																
PS No.	OP/PS #1	PS #2	PS #3	PS #4	PS #5	PS #6	Terminal																										
Distance:	0.06 km	236.1 km	547.6 km	819.3 km	1085.7 km	1311.8 km	1505 km																										
<p><b>Risk Profile &amp; Summary</b></p> <p>MajORITY of the pipeline passing through desert (CoF 1), sections of the pipeline passing through populated areas, river crossings, environmental sensitive areas and highly sensitive areas (utility facilities, military base). Pipeline going through elevation as per sketch above. Sections of the pipeline have 'Catastrophic' risk under the corrosion and 3rd party threats. External corrosion occurs at the joint weld (fact joint coating issue), and internal corrosion occurs as isolated metal loss areas. External corrosion are more serious (E3o-1). 3rd party risk is 'catastrophic' due to high population &amp; high CoF (environmental sensitive) in that particular area.</p>																																	

Title

Responsible Person & Validity

Pipeline Details and Safe Operating Limits

Pipeline Sketch

Risk Profile & Summary

Project Name	Begin Project	Project Detail	Data QC	Analyze	Remediate	Summary
569317_Indus to Hickman 24"	Complete Updated On 08/12/2015	Complete Updated On 08/12/2015	Complete Updated On 08/12/2015	Complete Updated On 08/12/2015	Complete Updated On 08/12/2015	Sort Ascending Sort Descending Columns Filter
562623_Parrot to ETC	Complete Updated On 08/12/2015	Complete Updated On 08/12/2015	Complete Updated On 08/12/2015	Needs Approval Updated On 08/12/2015	Not Started	Sort Descending Columns Filter
562345_UEO 24 Gathering Pipeline Phase 1	Complete Updated On 08/12/2015	In Progress Updated On 08/12/2015	Not Started	Not Started	Not Started	Columns Filter
556489_South Pass Interconnect	Complete Updated On 08/12/2015	In Progress Updated On 08/12/2015	Not Started	Not Started	Not Started	Filter
896441_UEO NGL Pipeline	Complete Updated On 08/12/2015	Complete Updated On 08/12/2015	Re-Load New File Updated On 08/12/2015	Not Started	Not Started	Not Started
798413_Amos Pad Well	Not Started	In Progress Updated On 08/12/2015	Not Started	Not Started	Not Started	Not Started
523687_Easley Truckline	Complete Updated On 08/12/2015	Pending Updated On 08/12/2015	Not Started	Not Started	Not Started	Not Started
588700_West Liberty Pipeline	Complete Updated On 08/12/2015	Complete Updated On 08/12/2015	Needs Fixes Updated On 08/12/2015	Not Started	Not Started	Not Started
569234_Papajohn to Mercado	Complete Updated On 08/12/2015	In Progress Updated On 08/12/2015	Not Started	Not Started	Not Started	Not Started

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
<b>Access Midstream ILI Project Plan</b>										
Pre-Run Coordination										
1	Project Name	Operating Area								
2	Project Initiator	Contact #	Launch Location	Receive Location						
3	Project Purpose									
4	Proposed Tool Technology	Proposed Run Date	Currently Piggable (Y/N)							
5	PAP Ranking	Date of Ranking								
6	Top Three Threats	Does Tool Address Threat (Y/N)								
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
33										
34										
35										
36										
37										
38										
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
<b>ILI Project Details</b>										
1	Line Name	Segment ID	Line OD (in)	Total Line Length (mi)						
2	Project Manager	Contact #	Field Supervisor	Contact #						
3	Tool Vendor	Vendor Contact	Contact #	Line Commission Date						
4	AGI's Present (Y/N)	# of AGI's	Is Previous Survey Data Available (Y/N)							
5	Tool Vendor PO#	MSA#	AFE#	DOT Class						
6	Additional PO#'s	Vendor/Contractor	Safety Factor							
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
33										
34										
35										
36										
37										
38										
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
<b>Trap Data Sheet</b>										
Line Name										
Segment ID										
<b>Trap Dimensions</b>										
A - Length of Oversize Pipe (in)										
B - Oversize Pipe OD (in)										
C - Length of Reducer Pipe (in)										
D - Length of Nominal Pipe (in)										
E - Nominal Pipe OD (in)										
F - Distance Door to Kicker (in)										
G - Kicker Line OD (in)										
<b>Workspace in front of Trap</b>										
H - Height (in)										
W - Width (ft.)										
L - Length (ft.)										
<b>Reducer Type (Concentric/Eccentric)</b>										
Equalizing Line Installed (Y/N)										
Trap Valve GPS Coordinates (Latitude)										
Trap Valve GPS Coordinates (Longitude)										
Elevation										
Pull In Fittings (Y/N)										
<b>Trap Diagram</b>										



Project Name 000000_Example Last Modified 09/10/2015 By: pt_admin	Begin Project Complete Updated On 09/10/2015 1. Pipeline Attributes Done	Project Plan Complete Updated On 09/10/2015 1. Pre-Run Coordination Done 2. LU Project Details Done 3. Trap Data Done	Data QC Complete Updated On 09/10/2015 1. Lead Pipe Tally Done 2. Check Pipe Tally Approved 3. Internal QC Done 4. Final Report Check Done	Analyze Complete Updated On 09/10/2015 1. Anomaly Evaluation Done 2. Approve AE - Engineer Done 3. Approve AE - Supervisor Done	Remediate Not Started 1. Remediate Dig Feed Back	Summary Not Started 1. Future Planning 2. Mark Project Complete
---	---	--	--	--	--	--

### Pipeline Attributes (rev 1)

#### Pipeline Attributes

Segment ID \*

570091

Choose the Segment ID above and wait for certain read-only fields below to populate. If the Line Name, GGS or other Organizational information is incorrect or missing, please inform the Project Engineer.

Line Name

LOGAN 32-10-12 H-1 PL

Segment ID (Alternate)

GGS Name

CONVERSE GGS

GGS Number

601132

Operating Area

HAYNESVILLE MANSFIELD

Segment Type \*

Gathering

In-Service Date \*

05/01/2010

Line Commission Date \*

03/01/2010

Nominal OD (in)

6.625

Other OD (in) - leave blank if none

Nominal Wall Thickness (in) \*

0.219

Other Wall Thickness (in) - leave blank if none

none

Segment Length (mi) \*

5.00

HCA Mileage \*

0.80

Class \*

2

Safety Factor

0.60

Other Wall Thickness (in) - leave blank if none

none



Project Name: 588700\_West Liberty Pipeline  
 Last Modified: 08/12/2015  
 By: **Tisovec Phil**

**Begin Project** Complete  
 Updated On 08/12/2015  
 1. Pipeline Attributes Done

**Project Detail** Complete  
 Updated On 08/12/2015  
 1. Pre-Run Coordination Done  
 2. I/LI Project Details Done  
 3. Product Data Done  
 4. Pipeline Segment Data Done  
 5. Trap Data Done

**Data QC** Pending  
 Updated On 08/12/2015  
 1. Load Pipe Tally Done  
 2. Check Pipe Tally in Progress  
 3. Internal QC  
 4. Final Report Check

**Analyze** Not Started  
 1. Anomaly Evaluation  
 2. Approve Anomaly Evaluation

**Remediate** Not Started  
 1. Remediate Dig Feedback

**Finalize** Not Started  
 1. Future Planning  
 2. Mark Project Complete

### Check Pipe Tally

Remove Section

Save Cancel Status

Row	Feature #	Log Distance (ft)	Projected Station	Feature Type	Feature ID	ML Depth %	Dent Depth %	Feature Length (in)	Feature Width (in)
31	33	314.527561454773	WLD00000018	WLD	WLD00000018				
32	34	357.316275691986	WLD00000019	WLD	WLD00000019				
33	00035a	361.377955513	WLD00000020	WLD	WLD00000020				
34	36	383.074149904251	TEE00000001	TEA	TEE00000001				
35	37	404.770344295502	WLD00000021	WLD	WLD00000021				
36	38	429.179793300629	MTL00000001	MTL	MTL00000001	0.13		0.393700793314367	0.433070872645804
37	39	429.573494091034	MTL00000002	MTL	MTL00000002	15		0.551181110640114	0.590551189971551
38		448.110239639282	WLD00000022	WLD	WLD00000022				
39	41	456.272963960352	MIL00000001	MIL	MIL00000001	11		0.708661427965862	1.96850396657184
40	42	467.224413013458	DNT00000001	DENT	DNT00000001		2.4	6.45669301035563	6.66388511657715
41	43	474.37153013458	MIL00000002	MIL	MIL00000002	10		0.866141745291608	1.96850396657184
42	44	491.8111027374268	WLD00000023	WLD	WLD00000023				

#### Validation Errors / Warnings

There are 8 rows with errors and 0 rows with warnings.  
 Row 4 - Error: Feature # Must be number  
 Row 10 - Error: Feature Length (in) Out of range  
 Row 33 - Error: Feature # Must be number  
 Row 34 - Error: Feature Type Value not in CL  
 Row 36 - Error: ML Depth % Out of range  
 Row 38 - Error: Feature # Must be number  
 Row 40 - Error: Feature Type Value not in CL  
 Row 56 - Error: Feature # Must be number

Add a New Comment

- 1. Should we fix these or send back to vendor?

Project Name	Begin Project	Project Detail	Data QC	Analyze	Remediate	Summary
562623_Parrot to ETC	Complete Updated On 08/12/2015	Complete Updated On 08/12/2015	Complete Updated On 08/12/2015	Complete Updated On 08/12/2015	Pending Digs Updated On 08/12/2015	Not Started

### Remediate Dig Feedback

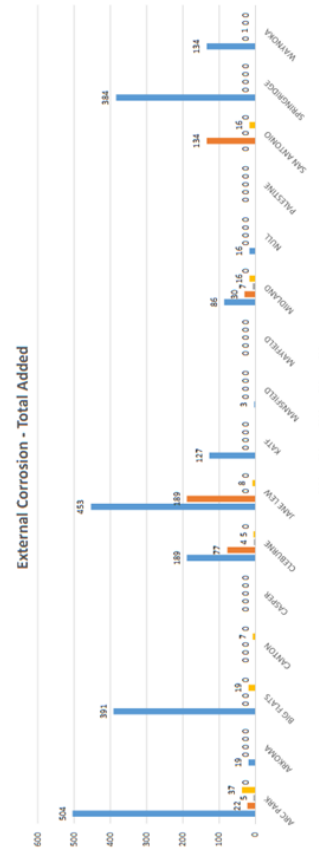
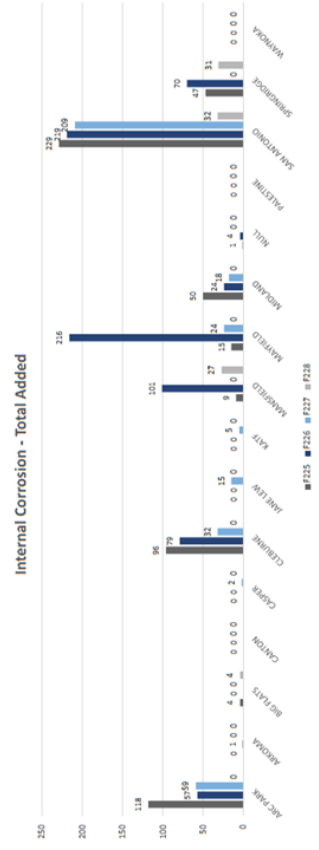
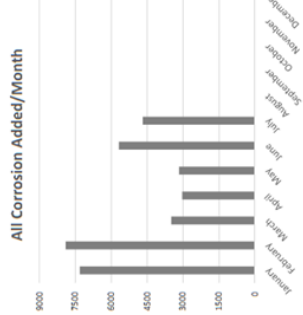
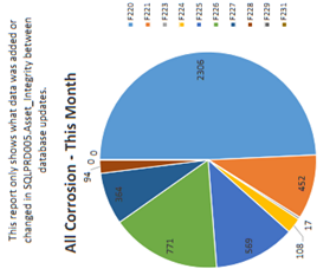
Status						
Calculated Corrosion Rate ...	Calculated Time to 80%...	Calculated Re-Inspection ...	Remediate ...	Calculated PFAIL/MAOP	Immediate Condition?	Calculated %SYMS
21.3	9.39	05/23/2015	YES	2704.58933453218	PASS	0.429173076923077
Calculated Remaining Time ...						25.2
						05/09/2040

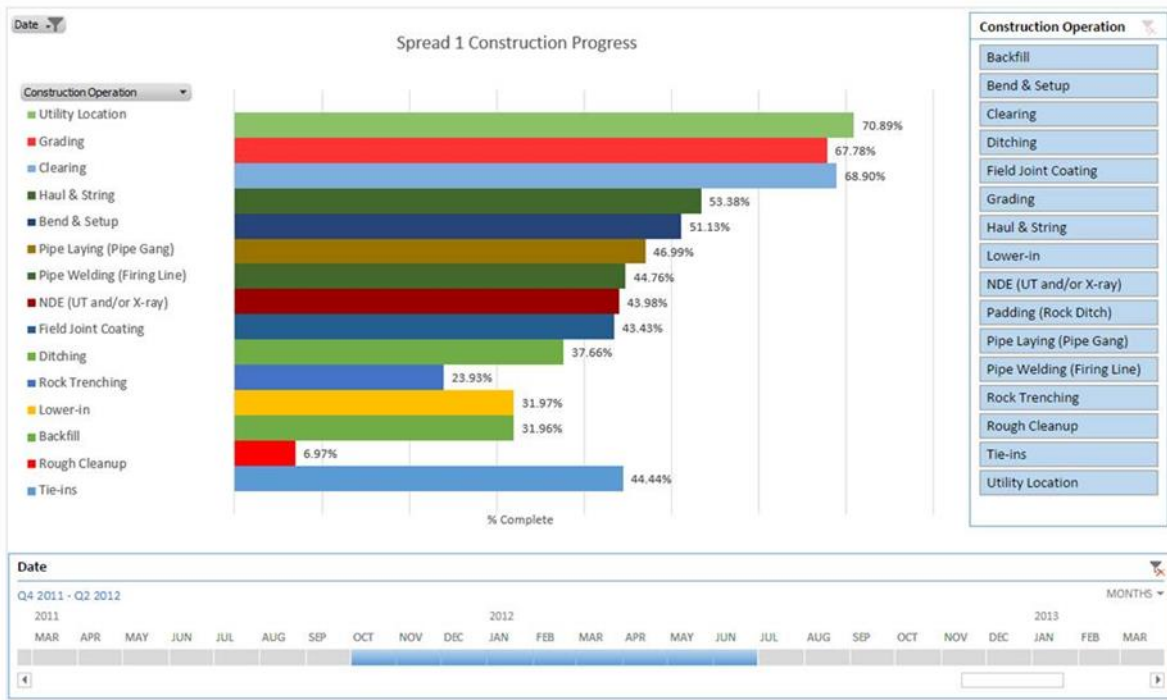
### Remediate row 88

Remediate	
Dig Number *	Actual Feature Type
518-1	Metal Loss
Actual ML Depth %	Actual Feature Length
65	4.5
Actual Wall Thickness (in)	Actual Dent Depth %
0.248	N/A
Calculation Method	Calculated PFAIL/MAOP
RSTRENG	2.8
Actual Corrosion Rate (MPY)	Actual Re-Inspection Date (leak)
18.6	9/12/2015
Comments/Status	Actual Repair Method
	Sleeve



**Asset Integrity Data Management Report**  
6/20/2015 to 7/19/2015





### 13.12. Metode proračuna iz norme ASME B31.G

#### a) Shannon metoda:

$$P_f = \bar{\sigma} \frac{2t \left(1 - \frac{d}{t}\right)}{D \left(1 - \frac{d}{t} \frac{1}{M}\right)}$$

Where

- $P_f$  is the estimated failure pressure  
 $\bar{\sigma}$  is the material flow stress (taken to be 1.15 x specified minimum yield stress)  
 $t$  is the wall thickness  
 $d$  is the defect depth  
 $D$  is the pipeline outer diameter  
 $M$  is the 'Folias' factor and is given by the following equation:

$$M = \sqrt{1 + 0.6275 \left(\frac{2c}{\sqrt{Dt}}\right)^2 - 0.003375 \left(\frac{2c}{\sqrt{Dt}}\right)^4}$$

Where

- $2c$  is the defect length

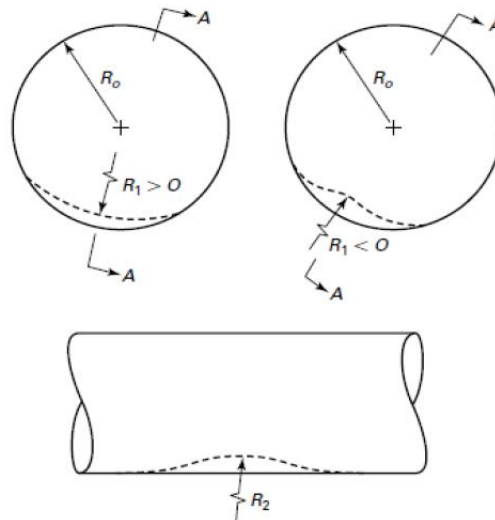
#### b) Kastnerova metoda za određivanje naprezanja tečenja materijala:

$$\rho = \frac{\eta[\pi - \beta(1 - \eta)]}{\eta\pi + 2(1 - \eta)\sin \beta}$$

where:

- $\rho$  = axial failure stress / flow stress  
 $\eta$  =  $1 - d/t$   
 $d$  = defect depth  
 $t$  = wall thickness  
 $\beta$  =  $d/R$   
 $c$  = half defect (circumferential) length  
 $R$  = pipe radius

c) Strain based assesment metoda za određivanje iznosa lokalnog istežanja materijala uslijed deformacije tipa udubljenje prema ASME B32.G



(a) Calculate the bending strain in the circumferential direction as

$$\epsilon_1 = (1/2)t(1/R_0 - 1/R_1)$$

(b) Calculate the bending strain in the longitudinal direction as

$$\epsilon_2 = -(1/2)t/R_2$$

(c) Calculate the extensional strain in the longitudinal direction as

$$\epsilon_3 = (1/2)(d/L)^2$$

(d) Calculate the strain on the inside pipe surface as

$$\epsilon_i = [\epsilon_1^2 - \epsilon_1(\epsilon_2 + \epsilon_3) + (\epsilon_2 + \epsilon_3)^2]^{1/2}$$

and the strain on the outside pipe surface as

$$\epsilon_o = [\epsilon_1^2 + \epsilon_1(-\epsilon_2 + \epsilon_3) + (-\epsilon_2 + \epsilon_3)^2]^{1/2}$$

## **Životopis**

### Obrazovanje:

Antonijo Bolanča rođen je 1973. godine u Zagrebu, Republika Hrvatska. Nakon završetka srednje škole; Zrakoplovni obrazovni centar Rudi Čajavec, 1992. godine, upisao je studij aeronautike na Fakultetu prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. Inženjer aeronautike postaje 1998. godine te nastavlja studij na smjeru zračnog prometa. Magistar struke postaje 2001. godine na katedri za Zračni promet Fakulteta prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.

### Radno iskustvo:

Zaposlenik je Partners for Democratic Change od 2000. do 2002. godine na mjestu inženjera tehničke podrške. Od 2002. do 2010. godine radi kao inženjer za prikupljanje i obradu podataka za London Economics na raznim projektima iz energetike i transporta. U periodu od 2010. do 2012. radi za tvrtku Ciklon-VET d.o.o. kao projektni inženjer. Od 2012. radi u kao samostalni inženjer u Hrvatskom operatoru tržišta energije d.o.o. u odjelu za Tržište plina.

### Postignuća:

Tokom rada u Hrvatskom operatoru tržišta energije d.o.o. sudjelovao je u izradi novog modela tržišta plina, osmišljavanju i organiziranju virtualne točke trgovanja, izradi informacijskog sustava za podršku Operatora tržišta plina te je sudjelovao u izradi velikog broja zakonskih i podzakonskih propisa iz područja tržišta plina. Najviše je radio na izradi Pravila o organizaciji tržišta plina te izradi standardnih ugovora s voditeljima bilančnih skupina, ponuditeljima energije uravnoteženja i izradi natječaja za odabir godišnjeg ponuditelja energije uravnoteženja. Također aktivno sudjeluje u izradi novog modela tržišta plina EU te je član EUROPEX-ove radne skupine za tržište plina. Kao glavni auditor doprinio je uvođenju sustava upravljanja kvalitetom, okolišem i informacijskom sigurnošću (ISO 9001, 14 001 i 27 001) u poslovanje Hrvatskog operatora tržišta energije d.o.o. Također aktivno prati razvoj *Energy management information systems* i njihovu primjenu kroz ISO 50 001. Član je Hrvatske stručne udruge za plin te je ovlaštenu inženjer tehnologije prometa i transporta. U dosadašnjem radnom iskustvu u Hrvatskom operatoru tržišta energije d.o.o. pohađao je brojne međunarodne stručne seminare u organizaciji ACER-a, CEER-a i EN-TSO-G-a.

### Vještine:

Vrlo dobro poznavanje rada na računalu (SUKAP-Sustav upravljanja kapacitetima, Informacijski sustav za podršku Operatora tržišta plina, Microsoft Office alati, Adobe CS, programiranje u Python-u).

Profesionalno se služi engleskim jezikom, živi u Zagrebu, oženjen je te ima jedno dijete.

## **Biography**

### Education:

Antonijo Bolanča was born in 1973 in Zagreb, Republic of Croatia. After he completed high school; Zrakoplovni obrazovni centar Rudi Čajavec, in 1992, he enrolled in the study of Aeronautical Engineering at the Faculty of Transport and Traffic Sciences University of Zagreb. In 1998 he graduated from Department of Aeronautics and continue education at Master program on Department of Air Transport. In 2001 he graduated master's degree from the Faculty of Transport and Traffic Sciences University of Zagreb.

### Work experience:

From 2000 to 2002 he worked at Partners for Democratic Change as engineer for technical support. From 2002 to 2010 he worked at London Economics as data engineer on energy and transport projects. From 2010 to 2012 he worked at Ciklon - VET d.o.o. as project engineer. From 2012 he works at Croatian energy market operator Ltd. as independent engineer at gas market department.

### Achievements:

During his professional work in Croatian energy market operator Ltd. he participated in development off new model of the gas market, development and organization of the virtual trading point, development of IT system for operational support of the gas market activities, participated in development of legal framework for gas market. His major activity was development of Ordinances of gas market and creating standard agreement on regulation of mutual relations with the balance responsible party on the gas market, creating standard agreements with balance energy providers and creating tender documentation for choosing the annual balance energy provider. As member of EUROPEX Working Group on Gas Markets (WGGM) he participate in development of regulatory framework and evolutions of EU gas market. As lead auditor of Croatian energy market operator Ltd. he participated in implementation of quality management, environmental management and IT security standard certification (ISO 9001, 14 001 and 27 001). Also he actively works on research and development of energy management information systems - ISO 50 001. He is also member of Croatian Gas Association and chartered engineer of transportation and traffic. During his professional work in Croatian energy market operator Ltd. he participated in international trainings and seminars of ACER, CEER and ENTSO-G.

### Personal skills and competences:

He is proficient in IT and actively works with (SUKAP-Capacity management system (PLINACRO Ltd.), IT system for operational support of the Gas market activities, Microsoft MS Office, Adobe CS, programing in Python...

He is proficient in English and lives in Zagreb, married and have one child.



