

INSPEKCIJA CEVOVODA U EKSPLOATACIJI I ANALIZA UZROKA OTKAZA

PROCESING '18

6-8
Jun | 2018



Sanja PETRONIC
University of Belgrade,
Institute for Nuclear Science “VINCA”,
Belgrade

Radomir JOVICIC
Innovation Centre
Faculty of Mechanical Engineering,
Belgrade

Aleksandar SEDMAK
University of Belgrade,
Faculty of Mechanical Engineering,
Belgrade

Aleksandar PETROVIC
University of Belgrade,
Faculty of Mechanical Engineering,
Belgrade

Aurel - Valentin BIRDEANU
National R&D Institute for Welding
and Material Testing - ISIM Timișoara,
Romania

Dragan VASALIC
University of Belgrade,
Institute for Nuclear Science “VINCA”,
Belgrade



1. Uvod

Oprema pod pritiskom - posude, grejana oprema, cevovodi, sigurnosni uređaji, pomoćne uređaji pod pritiskom i pripadajući delovi ove opreme

Oprema pod pritiskom se prema opasnosti po zdravlje i bezbednost ljudi i okoline deli na opremu visokog nivoa opasnosti i opremu niskog nivoa opasnosti

Određivanje nivoa opasnosti i kategorije cevovoda se vrši prema dijagramima 6-9 Priloga I - Podela opreme pod pritiskom prema nivou opasnosti, "Pravilnika o pregledima opreme pod pritiskom tokom veka upotrebe (*"Sl. glasnik RS", br. 87/2011*)

Pojedini cevovodi su u upotrebi preko 40 godina

Za njihov uspešan rad i bezbednost ljudi i okoline, inspekcija cevovoda predstavlja veoma važan segment u njihovom održavanju. Prema Upravi za bezbednost cevovoda i opasnih materija (PHMSA) [3] američkog odeljenja za saobraćaj, samo u SAD, u periodu između 1995. i 2014. godine, dogodilo se 360 smrtnih slučajeva, 1368 povreda i 894 incidenata u vezi sa otkazom gasovoda naftovoda i opasnih fluida.

Ispitivanja novih cevovoda

Tehnički zahtevi za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti cevovoda kod kojih je najveći dozvoljeni pritisak PS veći od 0,5 bar propisani su Pravilnikom o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom (*"Sl. glasnik RS", br. 87/2011*).

Svi delovi cevovoda tokom izrade moraju biti podvrgnuti ispitivanju bez razaranja i sa razaranjem. Ova ispitivanja su propisana Pravilnikom i standardom SRPS EN 13480-5

Novi cevovodi moraju da budu podvrgnuti završnom ocenjivanju koje, sem vizuelnog pregleda, obuhvata i ispitivanje zadržavanja natpritiska u formi hidrostatičkog pritiska.

Inspekcija cevovoda tokom veka upotrebe

Korozija i erozija smanjuju čvrstoću

Otkazi cevovoda su rizik za gubitak života ljudi i štete po životnu sredinu.

Glavni cilj za sprovođenje programa inspekcije cevovoda je da obezbedi da svaki hidrant sigurno i efikasno radi, kao i njegovo redovno održavanje.

Neke od prednosti koje proizilaze iz redovnih inspekcija cevovoda su:

- poboljšanje objekta i bezbednosti ljudi i okoline,
- sprečavanje oštećenja životne sredine,
- poboljšanje pouzdanosti,
- smanjenje troškova rada i održavanja,
- minimiziranje neplaniranih ispada,
- minimiziranje odgovornosti.

Učestalost inspekcije

Faktori koje treba uzeti u obzir da bi se preporučio datum sledeće inspekcije uključuju [5]:

- Pristupačnost za ispitivanje,
- Generalno stanje cevovoda,
- Tip projekta i starost cevovoda,
- Postojanje značajnih pitanja javne bezbednosti,
- Postojanje značajnih pitanja životne sredine,
- Potreba da se dokumentuje stanje cevovoda,
- Kritičnost objekta za proizvodnju energije.

Kada se ovi i drugi relevantni faktori uzmu u obzir, može da se odredi učestalost inspekcije, a minimalne smernice za njeno određivanje su sledeće:

- Letimični vizuelni pregled celog cevovoda treba da se vrši jednom mesečno od strane zaposlenog osoblja. Ako ovo nije praktično zbog prekomerne dužine cevovoda, nepristupačnog terena i drugih razloga, onda ispitivanje treba obaviti najmanje jednom godišnje.
- Spoljašnje površine cevovoda pod pritiskom je veoma poželjno vizuelno ispitati svake 2 do 3 godine da se utvrdi stanje obloga i premaza, a najduže na 5 godina.
- Temeljno ispitivanje cevovoda trebalo bi da se vrši svakih 5 godina.

Procedura i plan inspekcije

Procedure za inspekciju cevovoda u eksploataciji treba da uključe sledeće [6]:

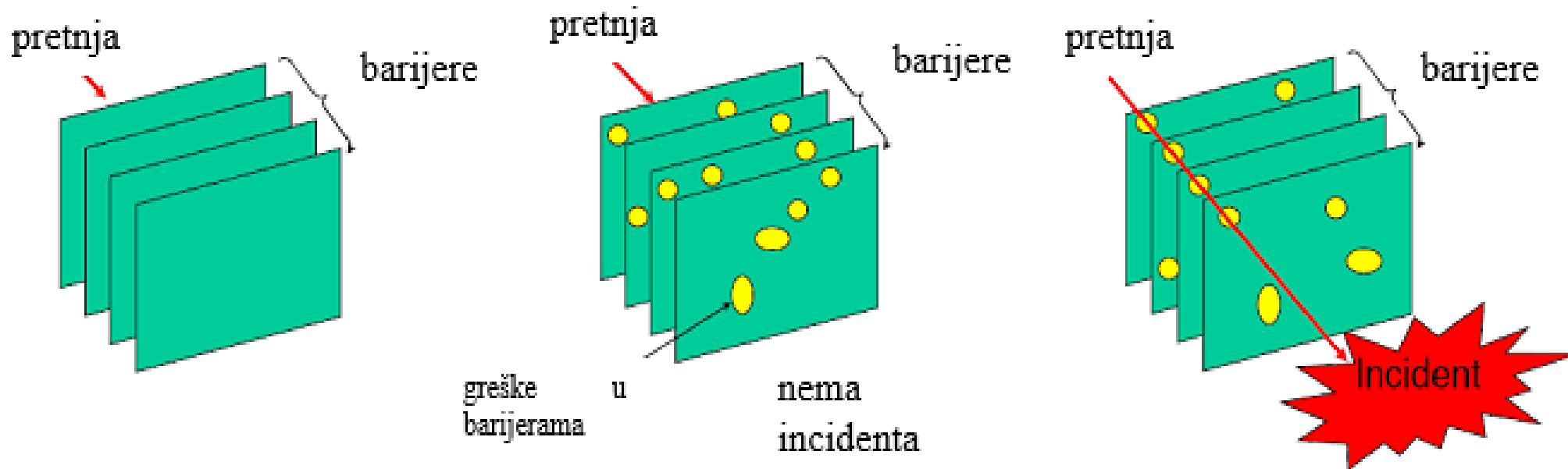
1. Izvršiti inicijalnu procenu, koja uključuje temeljno vizuelno ispitivanje sledećih stavki: stanja površina cevi, spoljašnjih i unutrašnjih, zavarenih spojeva, zavrtnja, spojnica, ventila i drugi otvora, obloge i premaza, i instrumenata.
2. Izvršiti merenje debljina zida cevovoda koristeći metode bez razaranja
3. Izvršiti detaljnu procenu koristeći IBR tehnike za pojedine stavke uočene tokom vizuelnog pregleda.
4. Izvršiti test opterećenja za poređenje protiv hidrauličnog udara i projektnih kriterijuma da se obezbede sigurni uslovi rada.
5. Inženjeri treba da ocene podatke dobijene tokom ispitivanja cevovoda. Ova procena treba da uključi zadatke povezane sa podacima i naponskom analizom i utvrdi da li je cevovod u skladu sa definisanim kriterijumima prihvatljivosti.

Plan inspekcije je ključni element uspešne procene stanja cevovoda i treba da sadrži sledeće stavke:

1. Obim i cilj ispitivanja,
2. Listu osoblja koje je uključeno ili potrebno,
3. Kontrolnu listu stavki koje treba pregledati,
4. Datume i vremena ispitivanja,
5. Listu zaustavnih tačaka i opreme koje su označene kako bi se osigurala bezbedno ispitivanje cevovoda.

Analiza otkaza cevovoda

Model otkaza "Švajcarski sir" izložio je James Reason 2000. godine u Britanskom Medicinskom žurnalu



Hipoteza osnovnog modela je da se "nesreće" mogu pratiti na jednom ili više nivoa grešaka.

Obično se navode kao:

- o organizacioni uticaji;
- o nebezbedan nadzor;
- o preduslovi za nebezbedna dela i
- o same nebezbedne radnje.

Uzroci otkaza cevovoda mogu biti sledeći:

- korozija,
- defekti u materijalu,
- greške ukopavanja,
- prirodne sile,
- ljudski faktor,
- ostale spoljne sile,
- ostali uzroci.

Uzroci korozije cevovoda:

1. Fizički faktori
2. Hemijski faktori
3. Faktori okoline.

Fizički faktori mogu biti:

- strukturalne osobine (osobine materijala, zaostali i operativni naponi, faktori projektovanja, naslage, uključci ili interakcija dva ili više od navedenih faktora) ili
- osobine produkta (temperatura, pritisak, brzina protoka, čvrste i tečne suspenzije, oblika protoka i interakcije dva ili više od navedenih faktora).

Hemijski faktori uključuju H_2O , H_2S , CO_2 , organske i neorganske kiseline, sumpor i sumporna jedinjenja, mikroorganizme, ugljovodonike, pH, hemijske varijable, prateće elemente i interakcije dva ili više od navedenih faktora.

Faktori uticaja okoline su sastav zemlje, temperatura i procenat vlažnosti, priroda radne sredine (slana voda, slatka voda, zemlja...).

Porast vandalizma, terorizma, sabotaze i krađe

Cevovodi mogu biti napadnuti od strane vandala ili terorista, i mogu biti meta za lopove. Nije lako sprečiti neprijateljske, naoružane grupe koje napadaju gasovod, a posledice napada i krađe mogu biti ozbiljni: stotine ljudi umiru od ovih dela svake godine. Druga posledica toga može biti nestašica goriva ili porast cena lokalno, nacionalno ili čak na međunarodnom nivou.

Neki od primera sabotaze i terorizma:

- Sabotaža na naftovodu u Kolumbiji 2001. koštala je Occidental Petroleum u iznosu od 445 miliona dolara zbog izgubljene proizvodnje. Kolumbijski naftovod je napadnut 654 puta od strane Nacionalne oslobodilačke vojske, ili "ELN", od 1986.
- Irački sistem gasovoda je redovno meta: jedan napad na glavni naftovod u severnom Iraku 2003. godine je izazvao gubitak od 7 miliona dolara / dan. Između 2003. i 2007. godine prijavljeno je 449 napada na iračke naftovode. Ova infrastruktura je zaštićena od strane iračke vladine Službe za zaštitu objekata i Koalicije koja čini desetine hiljada vojnika i 14.000 privatnih službenika obezbeđenja koji su zaštitili ove infrastrukture.

Analiza rizika i bezbednosti

Neke stvari koje bi trebalo da budu deo analize rizika i bezbednosti ispitivanja cevovoda su:

1. Lista kontakta za izveštavanje u slučaju nesreće.
2. Lista za hitne telefonske brojeve.
3. Lista adresa i pravaca za lokalne bolnice.

Lista provere bezbednosti sadrži neke, ali ne sve, od ovde navedenih stavki:

- Sva oprema i objekti treba da imaju zaštitne oznake postavljene, od strane ovlašćenog osoblja, na komandama, vratima i ulazima. Oprema koja je van pogona mora biti zaključana ili otvorena u slučaju stepenica.
- Sve operativne tačke preseka utvrđene pre ulaska u cevovod, penjanje na merdevine, ili šetnje kroz pogon.
- Idite kroz kontrolnu listu sigurnosnih stavki sa licem koje vodi ispitivanje.
- Za merdevine visine više od 6 metara potrebni su zaštitni šlemovi ili zaštitna oprema za penjanje.
- Ne sme se penjati vertikalnim ili strmim merdevinama prebrzo.
- Vazduh u cevovodima treba testirati na sadržaj kiseonika i toksičnih gasova pre i tokom ulaska
- Cevovodi su obično nagnuti i klizavi. Padovi su uobičajeni. Treba nositi gumene čizme sa sigurnosnim đonovima i čeličnih prstima i uvek oprezno.
- Budite oprezni prilikom hodanja na vrhu cevovoda pod pritiskom. Budite oprezni u blizini vode pod pritiskom koja curi.
- Uraditi vizuelno ispitivanje prvo iz daljine
- Budite oprezni prilikom pokretanja ruku preko neobloženog metala jer su ivice često oštre.
- Mora da bude obezbeđeno adekvatno osvetljenje.



Program bezbednosti cevovoda je od velikog značaja za uspešan rad i održavanje cevovoda.

Metodologija programa bezbednosti cevovoda može da se definiše u 4 koraka:

1. Ustanoviti osnovna stanja,
2. Uspostaviti inspekciju, nadzor, i dokumentaciju plana,
3. Implementirati dokumentovani programi održavanja i reparacije,
4. Periodični sveobuhvatni pregled stanja.

Efektivni program treba da bude:

- Pouzdan da otkrije probleme
- lako razumljiv
- Pogodan i koristan za radno osoblje i osoblje za održavanje
- isplativ

Važno: "Očekivati neočekivano".



Oblici propusta



Slika 2. Lom nastao u zoni uticaja toplote



Slika 3. Lom usled izvijanja cevovoda



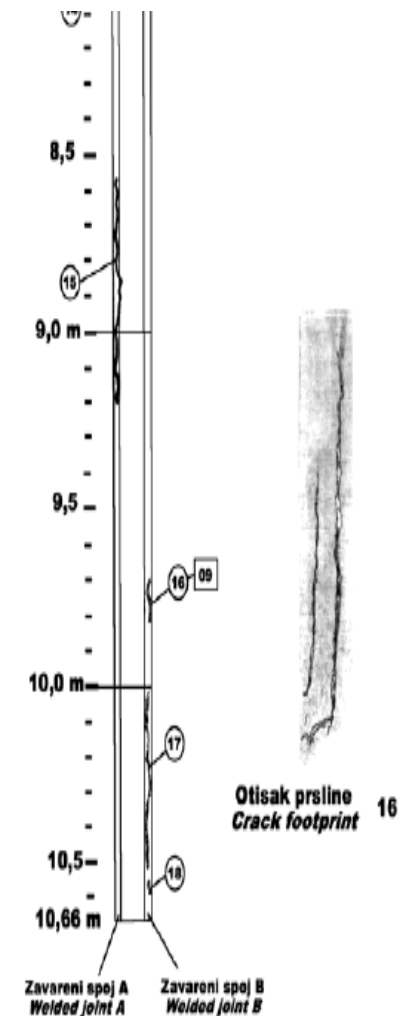
Slika 4. Lokalno izvijanje najverovatnije usled koncentracije opterećenja [27]



Slika 5. Neadekvatni oslonci [27]

Sledeći primer, otkaz cevovoda hidroelektrane „Perućica“ je ukazao na značaj obezbeđenja kvaliteta u zavarivanju. Iako nije došlo ni do krtog loma ni do procurivanja, pojava prslina u zavarenom spoju je zahtevala preduzimanje mera radi sprečavanja eventualnog isključivanja elektrane iz pogona.

Brojne prsline, dužine i do nekoliko stotina milimetara, su se pojavile u zavarenom spoju posle 10 godina eksploatacije, od kojih su neke probile šav. Ispitivanjem se došlo do zaključka da su u pitanju hladne prsline, koje su se pojavile zbog nedovoljnog predgrevanja i zbog krutosti cevovoda pri zavarivanju prstena. Prsline su dalje rasle pod uticajem korozije i usled preopterećenje koje je cevovod pretrpeo u početnoj fazi rada, praćeno vibracijama. Izvedena je sanacija svih segmenata gde su uočene prsline. Na slici 8. su prikazane prsline nastale na kružnim spojevima prstena.



Slika 8. Delimičan prikaz rasporeda prslina na kružnim spojevima prstena

Zaključak

U radu je analizirana i diskutovana inspekcija cevovoda tokom njihovog veka upotrebe. Mnogi od cevovoda su preko 40 godina u upotrebi. Korozija i erozija smanjuju njihovu čvrstoću, pa je neophodno redovno održavati i ispitivati ove cevovode, često i na kraći period od propisanog zakonom.

Plan inspekcije je ključni element uspešne procene stanja cevovoda.

U modelu “švajcarskog sira”, primenjenog na cevovode, prikazano je da može da dođe do katastrofe samo ako se sve greške usklade.

Cevovodi otkazuju iz raznih razloga a najščešći uzroci su korozija, defekti u materijalu ili projektovanju, u ukopavanju, prirodne sile, ljudski faktori i ostalo. Takođe, cevovodi mogu biti napadnuti od strane vandala ili terorista, i mogu biti meta za lopove. Program bezbednosti cevovoda je od velikog značaja za uspešan rad i održavanje cevovoda. Metodologija programa bezbednosti cevovoda može da se definiše u sledećim koracima: ustanoviti osnovna stanja, uspostaviti inspekciju, nadzor, i dokumentaciju plana, implementirati dokumentovani program održavanja i reparacije i periodični sveobuhvatni pregled stanja.

Uspešno sprovedena inspekcija cevovoda mora da uključi analizu rizika i bezbednosti i da se pripremi za ispitivanje cevovoda.



THANKS FOR YOUR ATTENTION