

# Važnost primene analize rizika kod opreme pod pritiskom koja se ispituje po posebnom programu

Sanja Petronić,

Inovacioni centar Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Marko Jarić,

Inovacioni centar Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Katarina Čolić,

Inovacioni centar Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Suzana Polić,

Centralni institut za konzervaciju u Beogradu

Maljević Dimitrije,

Mašinski fakultet Univerzitet u Beogradu

Beograd, 2020.

## 1. Uvod

- Pravilnik o tehničkim zahtevima za projektovanje, proizvodnju i ocenu usaglašenosti opreme pod pritiskom i PED 2014/68 definišu uslove i obaveze pod kojima se oprema pod pritiskom projektuje, proizvodi i procenjuje.
- Pravilnik o ispitivanju opreme pod pritiskom tokom životnog veka, definiše zahteve za sigurnost opreme pod pritiskom, redovne i vanredne preglede, rokove za pregled i ispitivanje, obaveze korisnika i dr. Takođe, predviđa inspekciju pred puštanje u rad, prvu inspekciju, redovnu periodičnu inspekciju i vanredni pregled.
- Hrvatski pravilnik o ispitivanju opreme pod pritiskom, sadrži dodatak u kojem je navedena oprema pod pritiskom koja zahteva poseban tretman.

Pravilnik ne definiše detaljno šta treba da sadrži poseban program za periodični pregled opreme pod pritiskom.

## *2. Analiza rizika i oprema pod pritiskom testirana prema posebnom programu*

Analiza rizika je postupak procene verovatnoće da će se negativni uticaji dogoditi u sistemu. Svrha analize i procene rizika je donošenje i sprovođenje mera u cilju uklanjanja rizika na osnovu dobijenih informacija.

Kontrola zasnovana na riziku (*RBI*) predstavlja postupak analize, koji za razliku od inspekcije zasnovane na uslovima, zahteva kvalitativnu ili kvantitativnu procenu verovatnoće neuspeha (*PoF*) i posledice neuspeha (*CoF*), povezane sa stavkom opreme. Drugim rečima, to je alat koji pomaže u identifikovanju stavki visokog prioriteta u odnosu na stavke niskog prioriteta, koji se pretežno koristi u naftnoj i gasnoj industriji.

Pri upotrebi inspekcije zasnovane na riziku (*RBI*), rizik se smatra boljom merom prioriteta nego pojedinačni faktori, a izračunava se kao rezultat verovatnoće neuspeha i posledica povezanih sa neuspehom: *Risk = probability of failure (PoF) x consequences of failure (CoF)*.

Pojedinačni članovi  $PoF$  i  $CoF$ , računaju se prema:

$$PoF(t) = 1 - e^{-gff \times FMS \times Df(t)}$$

$gff$  - opšta učestanost kvara (*generic failure frequency*), zasniva se na kvarovima opreme u industriji  
 $FMS$  - faktor kontrolnog sistema (*control system factor*), pokazuje koliko je usklađen odnos između upravljanja sistemom i same radne snage sistema

$Df(t)$  - ukupni faktor kvara (*overall failure factor*), predstavlja kombinaciju različitih faktora štete

Posledica neuspeha ( $CoF$ ), izračunava se kao kombinovana vrednost posledica oštećenja opreme, gubitka proizvodnje, troškova usled povreda po osobi i štete po životnu sredinu. Posledice neuspeha mogu uključiti finansijske posledice, kao i posledice bezbednosti područja.

U opremu pod pritiskom, koja usled svoje konstrukcije ili uslova rada zahteva poseban program periodičnog pregleda, spada: protivpožarni uređaj, oprema pod pritiskom u električnim prekidačima i rasklopnim uređajima, oprema pod pritiskom za gasove i mešavine gasova koja radi na temperaturama ispod  $-10^{\circ}\text{C}$  i dr.

Standard ISO 31000 (*Risk management - guidelines*), definiše upravljanje rizikom i njegovu metodologiju procene. Iz njega su proizašli koncepti zasnovani na riziku: Kvantitativna procena rizika (*QRA*), Kontrola zasnovana na riziku (*RBI*), Kontrola i održavanje zasnovano na riziku (*RBMI*), Održavanje zasnovano na pouzdanosti (*RBM*).

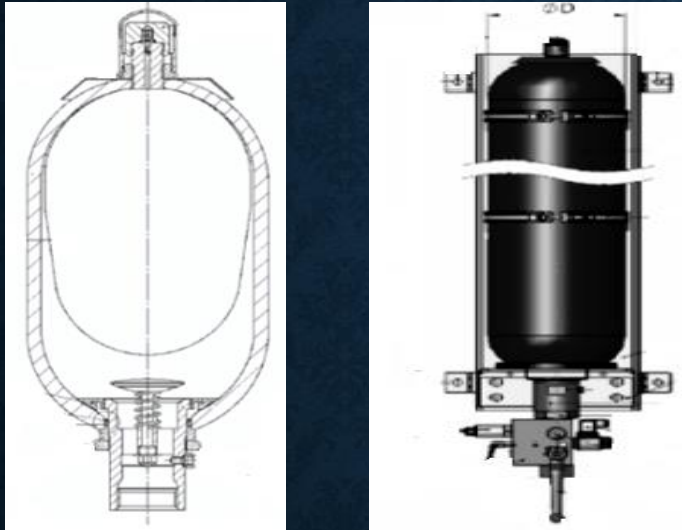
Standard ISO 31010 (*Risk management - Risk assessment techniques*), definiše upravljanje rizikom, a jedna od važnih faza je analiza rizika. Predstavlja pomoćni standard za standard ISO 31000 i pruža smernice o izboru i primeni tehnika procene rizika.

Ostali međunarodni inženjerski standardi koji se bave ovom problematikom su:

- API 571: Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry
- API 580: Risk Based Inspection Recommended Practice
- API 581: Risk Based Inspection Methodology - Recommended Practice
- ASME PCC-3: Inspection Planning Using Risk Based Methods.

### 3. Specijalni program za periodične preglede membranskog akumulatora ulja / azota

#### 3.1 Tehničke karakteristike membranskog akumulatora pritiska



Slika 1. Membranski akumulator pritiska

Parametri	Jedinica	Vrednost
Maksimalni dozvoljeni radni pritisak	[bar]	330
Ispitni pritisak	[bar]	472
Zapremina	[L]	10
Maksimalna dozvoljena radna temperatura	[°C]	100
Radni fluid		Ulje/azot
Kategorija posude		IV

Tabela 1. Karakteristike membranskog akumulatora pritiska

Kako posuda spada u kategoriju IV (visok nivo opasnosti), prema Aneksu III (Rokovi za periodične preglede) iz Pravilnika o ispitivanju opreme pod pritiskom tokom životnog veka, ona bi trebalo da bude ispitana na sledeći način:

- za dve godine spoljašnji pregled,
- za pet godina unutrašnji pregled,
- za deset godina ispitivanje pritiskom.

Usled složene konstrukcije same posude, nemoguće je izvršiti unutrašnji pregled ili ispitivanje pritiskom. Unutrašnji pregled je moguće zameniti ultrazvučnim merenjem debljine zida, dok se ispitivanje pritiskom može zameniti odgovarajućom metodom ispitivanja bez razaranja. Iz ovog razloga se propisuje poseban program ispitivanja, kako bi se sprovela analiza rizika.

### *3.2 Analiza rizika membranskog akumulatora pritiska*

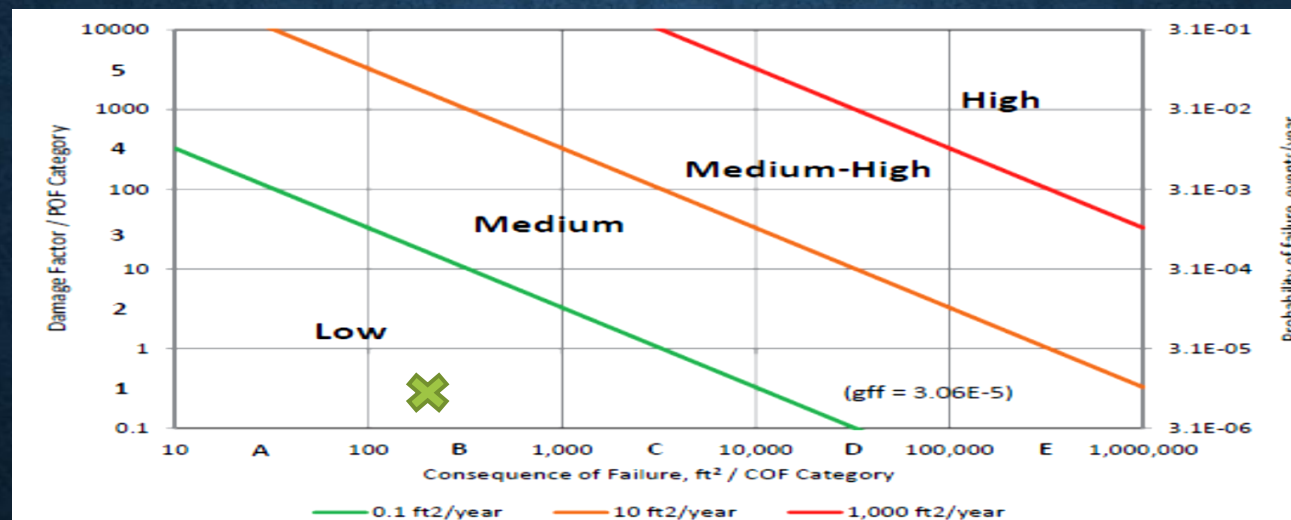
Procena rizika može biti:

- kvantitativna (zahteva složenu proceduru zasnovanu na velikom broju ulaznih podataka; tačnija analiza)
- kvalitativna (svodi se na procenu stepena rizika pojedinih komponenti i njihovo pozicioniranje u matrici rizika; opravdana za opremu pod pritiskom kada su uslovi rada takvi da ne postoji rizik od korozije)

U slučaju naše posude, kada ne postoje mehanizmi za smanjenje debljine zida, i kada nema zavarenih spojeva, verovatnoća neuspeha (*PoF*) je praktično nula, njena pozicija u matrici rizika je polje *B1* (*mali rizik*), slika 2.

Kategorija	Kategorija verovatnoće		Kategorija posledica	
	Opseg verovatnoće	Faktor štete	Kategorija	Površina (m <sup>2</sup> )
1	$Pf(t) \leq 3.06E-5$	$Df \leq 1$	A	$CA \leq 9.29$
2	$3.06E-5 < Pf(t) \leq 3.06E-4$	$1 < Df \leq 10$	B	$9.29 < CA \leq 92.9$
3	$3.06E-4 < Pf(t) \leq 3.06E-3$	$10 < Df \leq 100$	C	$92.9 < CA \leq 929$
4	$3.06E-3 < Pf(t) \leq 3.06E-2$	$100 < Df \leq 1000$	D	$929 < CA \leq 9290$
5	$Pf(t) > 3.06E-2$	$Df > 1000$	E	$CA > 9290$

Tabela 2. Numeričke vrednosti odgovarajućih faktora, povezanih sa *PoF* i *CoF*, zasnovanih na površini koja bi pretrpela posledice



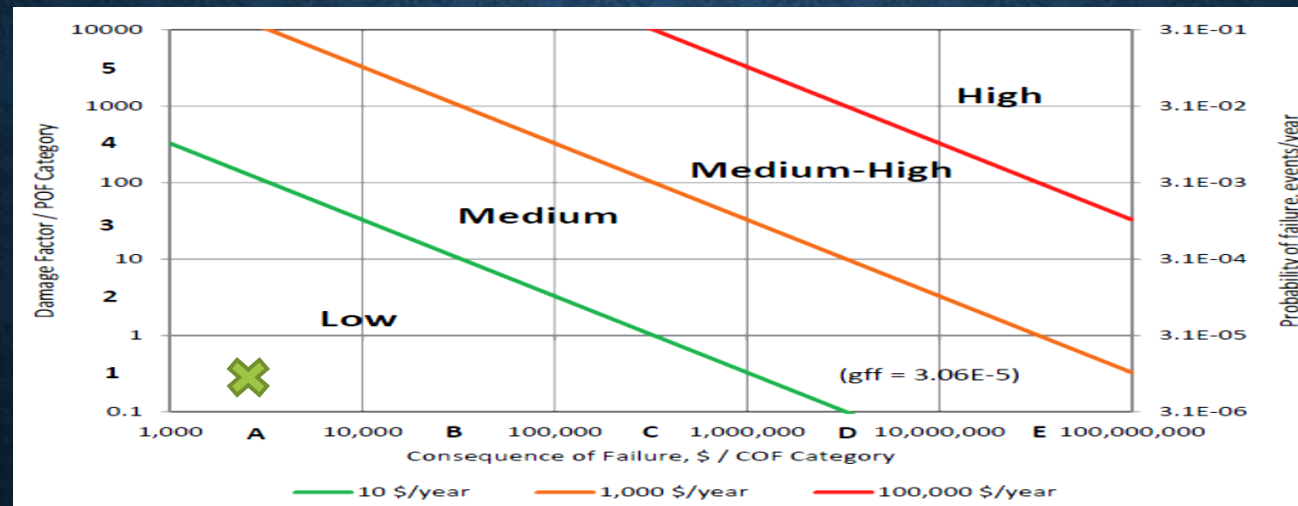
Slika 2. Grafik rizika za površinu koja bi pretrpela posledice u slučaju havarije

Razmatrana posuda ima površinu koja bi pretrpela posledice u slučaju havarije koja iznosi  $25m^2$ , pa faktor štete iznosi 1, tj. posuda se nalazi u polju *B1*, slika 2.



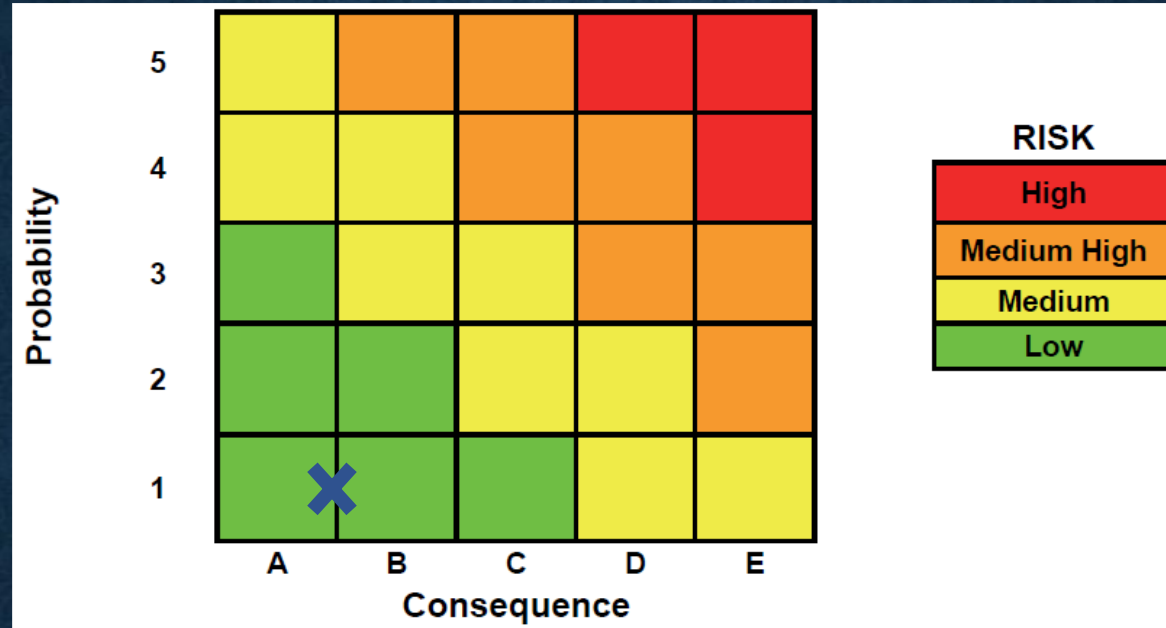
Kategorija	Kategorija verovatnoće		Kategorija posledica	
	Opseg verovatnoće	Faktor štete	Kategorija	Opseg (\$)
1	$P_f(t) \leq 3.06E-5$	$D_f \leq 1$	A	$FC \leq 10000$
2	$3.06E-5 < P_f(t) \leq 3.06E-4$	$1 < D_f \leq 10$	B	$10000 < FC \leq 100000$
3	$3.06E-4 < P_f(t) \leq 3.06E-3$	$10 < D_f \leq 100$	C	$100000 < FC \leq 1000000$
4	$3.06E-3 < P_f(t) \leq 3.06E-2$	$100 < D_f \leq 1000$	D	$1000000 < FC \leq 10000000$
5	$P_f(t) > 3.06E-2$	$D_f > 1000$	E	$FC > 10000000$

Tabela 3. Numeričke vrednosti odgovarajućih faktora, povezanih sa *PoF* i *CoF*, zasnovanih na finansijskom riziku



Slika 3. Grafik rizika za finansijske posledice

Finansijski rizik razmatrane posude je ispod 10000\$, pa faktor štete iznosi 1, tj. posuda se nalazi u polju *A1* (mali rizik).



Slika 4. Matrica rizika

Polja A1 i B1 se odnose na razmatrani membranski akumulator pritiska. Za ovaj nivo rizika, propisan program za merenje debljine zida je na svakih 5 godina, jer sprečava sve moguće neželjene događaje i osigurava siguran rad opreme.

### *3.3 Utvrđivanje periodičnosti naknadnih inspekcija prema posebnom programu*

Spoljašnji pregled se obavlja na svake dve godine, u skladu sa pravilnikom o ispitivanju opreme pod pritiskom tokom životnog veka.

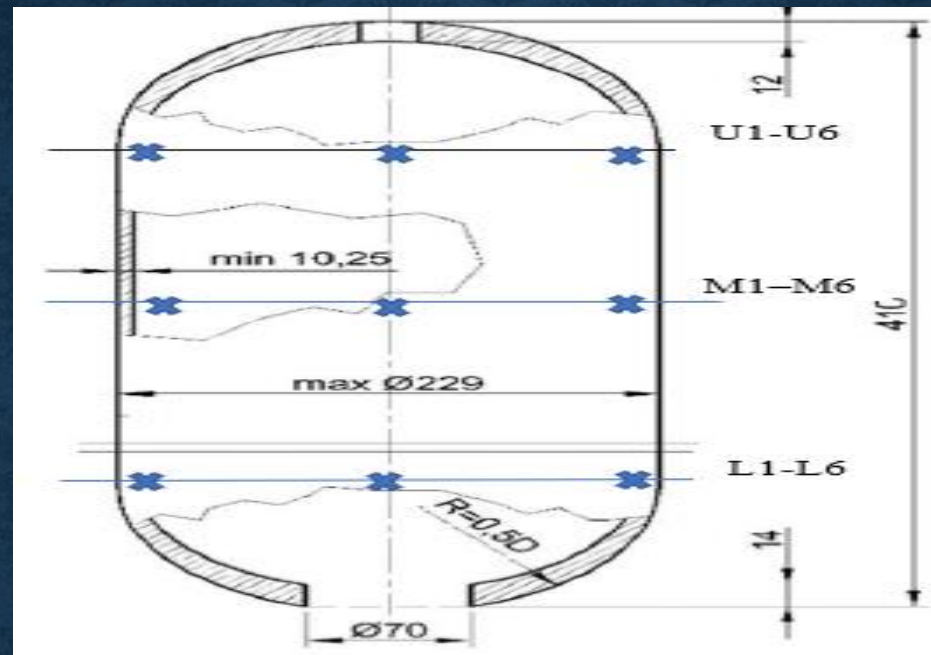
Vizuelni pregled se vrši na svake dve godine, radi utvrđivanja:

- da li postoje nepravilnosti i odstupanja u odnosu na tehničku dokumentaciju,
- opšteg stanja membranskog akumulatora, stanja noseće konstrukcije, priključaka, pratećih cevovoda,
- antikorozijske zaštite spoljnih površina opreme,
- da li se oprema koristi u skladu sa namenom.

Merenje debljine zida ultrazvukom membranskog akumulatora pritiska, treba vršiti na svakih pet godina, prema šemi prikazanoj na slici 5.

Minimalna debljina zida membranskog akumulatora pritiska, prema proračunu čvrstoće, iznosi 10,25mm.

U tabeli 4 su prikazane izmerene vrednosti debljine zida, prema šemi merenja sa slike 5.



Slika 5. Šema merenja debljine zida ultrazvukom

Tačka merenja / Linija merenja	1	2	3	4	5	6
U	11,3	11,2	11,3	11,3	11,1	11,1
M	11,1	11,4	11,2	11,1	11,1	11,4
L	11,3	11,3	11,1	11,2	11,2	11,2

Tabela 4. Izmerene vrednosti debljine zida

Minimalna izmerena debljina zida ne sme biti manja od minimalne debljine zida koju zahteva proizvođač i potrebne debljine zida date u proračunu čvrstoće.

## *4. Zaključak*

U radu je prikazan značaj analize rizike opreme pod pritiskom prema posebnom programu. Dat je primer analize rizika i periodičnosti ispitivanja membranskih akumulatora pritiska.

Pokazalo se da je rizik od nezgoda vrlo mali i da se testovi mogu izvoditi na svakih pet godina, što štedi novac.

Analiza rizika pokazala je da nisu uočene kritične pozicije visokog rizika i da nijedan od elemenata membranskog akumulatora nema tendenciju da pređe u kategoriju većeg rizika.

Hvala na pažnji!!!