

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

**Jadran Đujić**

Zagreb, 2019. godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **PROCJENA RIZIKA U UMJERNOM LABORATORIJU**

Mentor:

Prof. dr. sc. Lovorka Grgec Bermanec, dipl. ing.

Student:

Jadran Đujić

Zagreb, 2019. godina.

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

Zahvaljujem se mentorici na pomoći i ustupljenoj literaturi

Jadran Đujić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:  
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **JADRAN ĐUJIĆ**

Mat. br.: 0035197133

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Procjena rizika u umjernom laboratoriju**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Risk assessment in calibration laboratory**

Opis zadatka:

Upravljanje rizicima posebno je naglašeno u novom izdanju norme HRN EN ISO/IEC 17025:2017 prema kojoj se akreditiraju umjerni i ispitni laboratoriji. Laboratorij mora planirati radnje koje se odnose na rizike i prilike te vrednovati učinkovitost tih radnji. Norma ne zahtijeva formalne metode za upravljanje rizikom niti dokumentirani proces, nego dopušta laboratorijima da sami odrede opseg ovih aktivnosti. Laboratoriji mogu koristiti postojeću metodologiju opisanu u temeljnoj normi za sve sustave upravljanja HRN EN ISO/IEC 31000 ili razviti vlastitu koja se mora dokumentirati. Na primjeru akreditiranih metoda umjeravanja mjerila tlaka koje se koriste u Laboratoriju za procesna mjerenja (LPM-u) potrebno je izraditi:

- Pregled metoda upravljanja rizikom sukladno normi HRN EN ISO/IEC 31000.
- Analizu procjene rizika i prilika u LPM-u.
- Plan preventivnih radnji.
- Primjer procjene rizika kod umjeravanja mjerila tlaka.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:  
29. studenog 2018.

Rok predaje rada:  
**1. rok:** 22. veljače 2019.  
**2. rok (izvanredni):** 28. lipnja 2019.  
**3. rok:** 20. rujna 2019.

Predvideni datumi obrane:  
**1. rok:** 25.2. - 1.3. 2019.  
**2. rok (izvanredni):** 2.7. 2019.  
**3. rok:** 23.9. - 27.9. 2019.

Zadatak zadao:

Izv. prof. dr. sc. Lovorka Grgec Bermanec

Predsjednik Povjerenstva:

  
Prof. dr. sc. Igor Balen

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1 Što su to rizici.....	1
1.2. Podjela mogućih rizika u umjernom laboratoriju.....	3
1.2.1. Čovjek: .....	3
1.2.2. Mjerna oprema:.....	3
1.2.3. Materijal: .....	3
1.2.4. Metoda: .....	4
1.2.5. Mjerenje: .....	4
1.2.6. Okoliš: .....	5
1.2.7. Kontrola: .....	5
1.2.8. Infrastruktura: .....	5
1.3. Posljedice .....	6
1.3.1. Nezadovoljstvo zainteresiranih strana:.....	6
1.3.2. Smrtni slučaj.....	6
1.3.3. Požar, poplava .....	6
1.3.4. Povreda zakona .....	7
1.3.5. Gubitak akreditacije/certifikacije.....	8
1.3.6. Gubitak imidža .....	8
1.3.7. Prekid poslovanja.....	8
1.3.8. Trošak otklanjanja posljedice .....	9
1.3.9. Žalba-prigovor korisnika .....	9
1.3.10. Kašnjenje umjeravanja/ispitivanja.....	9
1.3.11. Porast troškova .....	10
1.3.12. Kvar/oštećenje uređaja .....	10
1.3.13. Pogrešno uzorkovanje .....	10
1.3.14. Neadekvatna pohrana i transport uzorka.....	10
1.3.15. Prekid napajanja energijom.....	11
1.3.16. Pouzdanost proizvoda/usluge.....	11
1.3.17. Zagađenje okoliša .....	11
2. METODE .....	12
2.1. Metoda umjeravanja.....	12
2.2. Metode procjene rizika.....	18
3. PRIMJER UZET U CJELOSTI DA BI DOČARAO KAKO IZGLEDA FMEA METODA PROCJENA RIZIKA .....	23
Slike 2-4: Prikaz umjeravanja na plinu .....	25
Slike 5-6: Prikaz umjeravanja na ulju .....	27
Slika 7.: rezultati umjeravanja na ulju.....	28
4. ZAKLJUČAK .....	32
LITERATURA.....	33
PRILOZI.....	34

**POPIS SLIKA**

Slika 1. Tlačna vaga .....	12
Slika 2. Prikaz umjeravanja na plinu.....	25
Slika 3. Prikaz umjeravanja na plinu.....	26
Slika 4. Prikaz umjeravanja na plinu.....	26
Slika 5. Prikaz umjeravanja na ulju.....	27
Slika 6. Prikaz umjeravanja na ulju.....	27
Slika 7. Rezultati umjeravanja na ulju .....	28

---

**POPIS TABLICA**

Tablica 1. ANALIZA RIZIKA..... 30  
Tablica 2. PLAN AKTIVNOSTI ..... 30

---

**POPIS OZNAKA**

<b>Oznaka</b>	<b>Jedinica</b>	<b>Opis</b>
P		Posljedica
V		Opasnost
D		Detekcija opasnosti
RPR		Vrijednost vjerojatnosti rizika



---

**SAŽETAK**

U ovom radu opisana je procjena rizika u umjernom laboratoriju LPM FSB-a. Rad sadrži pregled metoda upravljanja rizikom, analizu procjene rizika, plan preventivnih radnji. Sve je objedinjeno numeričkim vrednovanjem unutar tablica analizom FMEA metode koja je od svih metoda najprikladnija za procjenu rizika unutar laboratorija. Rezultati i numeričko vrednovanje izvršeno je na bazi opažanja pri samom činu mjerenja.

Ključne riječi:

- FMEA metoda
- Analiza rizika
- Plan aktivnosti
- Mjerenje na plinu
- Metode procjene rizika
- Metoda umjeravanja
- Podjela mogućih rizika

## 1. UVOD

### *1.1 Što su to rizici*

Rizik je opasnost od nastanka štete, opasnost od gubitka, opasnost koja prijete, mogućnost negativnog ishoda.

Riskirati znači upustiti se u neku aktivnost da bi se postigao željeni cilj, uz mogućnost da ta aktivnost proizvede negativne učinke.

HRN ISO 31000: 2012, UPRAVLJANJE RIZICIMA-NAČELA I SMJERNICE-rizik definira kao "utjecaj nesigurnosti na ciljeve". Taj je utjecaj odstupanje koje može biti pozitivno-poželjno i negativno-nepoželjno.

Rizik se može, ali i ne mora ostvariti, no uvijek je prisutan kao moguća opasnost koja će nam pokvariti unaprijed planirano.

Općenito, pojava rizika može prouzročiti pozitivan, negativan ili neutralan ishod:

- pozitivan ishod-prilika
- negativan ishod-gubitak

Bilo koja akcija sa sobom može donijeti i pozitivan i negativan ishod. U bilo kojem pothvatu koji poduzimamo postoji manji, odnosno veći rizik. Analizom postojećeg pothvata donosimo odluku upuštamo se, ili se ne upuštamo u planiranu akciju. Procjena rizika je potrebna u obavljanju različitih aktivnosti, počevši od poduzetnika, ljudi u poslovnom svijetu pa do svih običnih „smrtnika“ koji planiraju neku investiciju, ili pokušavaju uspješno obaviti neki posao. Shodno tome, procjena rizika vrši se i u umjernom laboratoriju. Pružajući usluge mjerenja i umjeravanja, umjerni laboratoriji imaju mogućnost ostvarivanja dohotka naplatom svojih usluga. Kvaliteta usluge umjeravanja i mjerenja određuje cijenu. Kvaliteta i pouzdanost određuju položaj (reputaciju) na tržištu. Svako umjeravanje može biti uspješno ili bezuspješno što se direktno odražava na položaj pojedinog umjernog laboratorija na tržištu. Vodeći računa o tome, svi umjerni laboratoriji ulažu određena sredstva i uklanjaju što je moguće više rizike koji bi doveli do negativnog ishoda umjeravanja. To se prije svega odnosi na testiranje opreme i stvaranje mikroklima koja bi trebala što manje utjecati na rezultate mjerenja. Naravno da je stručnost osoblja u laboratoriju najvažnija, ali u ovome radu ćemo baciti težište na ostale faktore i uzeti hipotezu (pretpostaviti) da je osoblje unutar laboratorija adekvatno i dovoljno stručno za posao koji radi.

## HRN ISO 31000-UPRAVLJANJE RIZICIMA

1.NAČELA: stvaranje vrijednosti, organizacijski procesi, donošenje odluka, neizvjesnosti, sustavno, ustrojeno i pravodobno upravljanje, najbolje raspoložive podatke upravljanje po mjeri,uzimanje u obzir ljudskih i kulturnih čimbenika;

2.OKVIR: ovlaštenja i opredjeljenja, planiranje okvira, provedba, praćenje, preispitivanje i neprestano poboljšavanje okvira;

3.PROCES: utvrđivanje konteksta, procjena rizika, postupanje s rizicima, praćenje i vrednovanje te komunikacije i savjetovanja.

### SUSTAV UPRAVLJANJA RIZICIMA U LABORATORIJIMA:

Sam laboratorij odlučuje o opsežnosti sustava upravljanja rizicima s obzirom na svoje procese, kontekst i ciljeve jer nisu svi procesi jednako rizični.

### PLANIRANJE CILJEVA LABORATORIJA:

Postavlja temelje za planiranje radnji koje se odnose na rizike i prilike, može biti formalan, a može biti i načelno postavljen.

### PREPOZNAVANJE I PROCJENA RIZIKA:

- putem istraživanja,
- prikupljanjem podataka anketiranjem,
- prikupljanjem podataka pomoću upitnika,
- prikupljanjem podataka pomoću različitih dijagrama,
- prikupljanjem ideja metodom različitih mišljenja,
- prikupljanjem informacija putem praćenja kritičkih pokazatelja.

## **1.2. Podjela mogućih rizika u umjernom laboratoriju**

### **1.2.1. Čovjek:**

Na rezultate mjerenja može utjecati raspoloženje osoblja, nekompetentnost, loš dan i sl., kada je u pitanju ljudski faktor. Sve to može povećati rizik od greške, unatoč tome što možemo imati i najkvalitetniju opremu. Utjecaj subjektivnih faktora možemo prikriti odgodom mjerenja zbog vanrednih razloga (npr. zdravstveno stanje), ali ako onaj koji treba mjeriti ne zna o čemu se radi i kako kvalitetno odraditi mjerenje, onda postoji ozbiljan problem. U prvoj točki smo se referirali da ćemo uzeti hipotetski slučaj da imamo dobro osposobljeno osoblje koje mjeri i veću pažnju i težište staviti na ostale čimbenike koji mogu dovesti do rizika.

### **1.2.2. Mjerna oprema:**

Mjerna oprema uz čovjeka je također bitan faktor koji odrađuje mjerenje i može biti izvor rizika u mjerenju, ako je neodržavana, nepodešena, nema rezervnih dijelova ako dođe do nesreće da se nešto mora mijenjati na njemu, zastario, prespor, skup za napajanje, kompliciran za rukovanje. Nepodešenost se javlja ako se oprema i strojevi s kojima se radi mjerenje nisu testirali prije samog mjerenja-model generalne probe. Neodržavanje stroja se više može pripisati ljudskom faktoru, jer svako tko je kompetentan i radi na toj poziciji mora znati činjenicu da se svaki stroj koji se koristi mora i održavati ako se hoće pospješiti njegova funkcija kroz duži vremenski period. Ako je zastario, shodno tome je i prespor i skup za napajanje. Kod zastarjelog stroja dalje se javlja rizik kod preciznosti, jer kako tehnika napreduje tako i mjerni uređaji postaju sve profinjeniji i precizniji, a kako idemo naprijed tako težimo sve većoj točnosti sa što manjim devijacijama u mjernim rezultatima te s tim u vezi ako hoćemo biti konkurentni na tržištu, dobijati ponude i ostvarivati dobit moramo ili nadograđivati, ili mijenjati staru i postojeću opremu koja je izgubila utrku s vremenom. Također treba napomenuti da postoji rizik od toga da ulje zaprlja tlačnu vagu, što nam daje dodatan posao dok ne očistimo.

### **1.2.3. Materijal:**

Rizici kod materijala postoje kod pogrešne isporuke, ako je neadekvatan, neupotrebljiv, pogrešnog sastava, te da mu je istekao rok upotrebe.

#### 1.2.4. Metoda:

Ovisno o zahtjevima i opisu ponude koja stoji za umjerni laboratorij odabire se metoda mjerenja. Rizik nastaje ako ta metoda nije adekvatna za promatrani laboratorij. Da bi zadovoljili adekvatnost moramo zadovoljiti više faktora. Osim što moramo imati dobru opremu i strojeve za pojedinu metodu, moramo osigurati određene mjere opreza ako je promatrana metoda opasna za okoliš, ili za zdravlje osoblja koje mjeri. Također se pojavljuje rizik ako krenemo sumnjati u znanje i iskustvo osoblja, ako metoda zahtijeva dodatno znanje potrebno za izvođenje te metode te određeno vrijeme i iskustvo koje osoblje ima iza sebe. Dosta laboratorija nije toliko stručno i radi samo rutinske metode mjerenja i često odbija nešto za što bi trebalo više znanja. Razlog tome je izbjegavanje rizika od gubitka reputacije na tržištu u slučaju negativnog ishoda, da se ne iskažu kao nepouzdan laboratorij. Suprotno tome, neki drugi laboratoriji bilježe veće dobitke nego inače zahvaljujući stručnome kadru koji radi za njih.

#### 1.2.5. Mjerenje:

Svaka metoda mjerenja i svako mjerenje ima svoju proceduru kako se dolazi do krajnjeg ishoda. Problem najčešće nastane kada se prekine slijed procedure i krene u sferu improvizacije. Kada je osoba dovoljno iskusna u mjerenju onda može procijeniti kada i kako raditi prečace, ali ako još nedovoljno iskusna osoba krene u improvizaciju rizik pogreške je veliki. Najčešće se događa da se preskoči unošenje korekcije mjernog rezultata. Zbog toga dolazi do prekidanja sljedivosti te na kraju nastane loš ishod i potražitelj nam otkazuje povjerenje. Također, rizik je proporcionalan traženoj točnosti - ako je veća dopuštena tolerancija van referentne veličine koju trebamo umjeriti, veće su šanse da se uspije umjeriti i time se smanjuje rizik od neuspjeha. Problem nastaje također ako nema definirane tolerancije unutar koje imamo slobodu upisati izmjereni podatak i krenuti dalje, jer se zbog nedostatka tih najbitnijih podataka dovodi u pitanje preciznost mjerenja. Na taj način se pojavljuje nesigurnost kod samog osoblja i rizik od greške eksponencijalno raste kako vrijeme prolazi. Može se također dogoditi da je mjerenje nedokumentirano, što bi inače trebala biti rutinska stvar. Takva greška može se pripisati ljudskom faktoru, nedovoljnom iskustvu i nestručnosti.

### *1.2.6. Okoliš:*

Kod okoliša imamo faktore kao što su temperatura, vlaga, propuh, vibracije, elektromagnetske smetnje, prašina. Svaki od ovih faktora može i ne mora utjecati na pojedino mjerenje. Recimo temperatura sigurno neće utjecati toliko za umjeravanje na tlačnoj vagi, dok će recimo vlaga biti presudna za mjerenje vlažnosti zraka pomoću psihrometra. Vibracije mogu poremetiti najviše sva mjerenja, a najčešće nastaju zbog potresa i prometa. Zbog vibracija pojedini laboratoriji za toplinska i procesna mjerenja su unutar zemlje ukopani 10 metara da bi se što više smanjio ili kompletno eliminirao efekt vibracija. Ako dođe slučajno do elektromagnetskih smetnji imamo situaciju da nam komplet oprema ne radi, ili radi s određenim otklonom za koji često ni ne znamo. Tada se može dogoditi da pri umjeravanju ili ne dobijemo točne vrijednosti ili da dobijemo točne vrijednosti, a u stvarnosti je krivo izmjereno. Kod takve situacije, ukoliko se to ne uoči i otkloni na vrijeme, velika je mogućnost da nas potraživač optuži za amaterizam.

### *1.2.7. Kontrola:*

Kod svakog laboratorija mogu se dogoditi neke neželjene situacije. Da bi se smanjile te mogućnosti, oprema i sve oko nje se mora kontrolirati da se izbjegne zastarijevanje tehnologije, iznenadni kvarovi i tome slično. Ako se takva kontrola ne provodi, ili se provodi netemeljito, otvara se prostor za pogrešku i samim tim i rizik od neuspjelog mjerenja.

### *1.2.8. Infrastruktura:*

Ovaj se uzrok ponajviše svodi na opremljenost laboratorija, transport, skladištenje određenih stavki u laboratoriju, grijanje i hlađenje u laboratoriju što sve možemo podvući pod opremljenost laboratorija. Ako imamo na jednom mjestu najkompetentnije osoblje koje možemo igdje naći, a u isto vrijeme nekompetentan laboratorij s dosta pogrešaka, lošim aparatima i zastarjelom tehnologijom, nećemo biti konkurentni na tržištu.

### **1.3. Posljedice**

Posljedice nastupaju kao rezultat onoga što im je prethodilo, a to su uzroci. Mnoge posljedice su najblaže rečeno smrtonosne za daljnji nastavak rada umjernog laboratorija. Zbog određenih stvari koje ću sad navesti, mnogi laboratoriji su ili gubili kredibilitet na tržištu, ili su u najgorem slučaju zbog prevelikog prijestupa bili kažnjavani nepovratnim zatvaranjem. U nastavku slijedi analiza posljedica:

#### *1.3.1. Nezadovoljstvo zainteresiranih strana:*

Nezadovoljstvo kod klijenata može biti uzrokovano na više načina, često i odmah na početku pri samom dogovoru i pružanju usluge. Samo osoblje laboratorija može svojom neljubaznošću pokvariti sveukupan dojam klijentu te stvoriti nezadovoljstvo, makar su koraci koji slijede sasvim u redu. Osim neljubaznosti, može se dogoditi slučaj da klijent naletí na krajnji neprofesionalizam kod osoblja pa shodno tome slijede ostale posljedice

#### *1.3.2. Smrtni slučaj*

Kod nekih već u startu riskantnih mjerenja koja se događaju pod visokim temperaturama ili tlakovima, ili kod rukovanja s po život opasnim kemikalijama, može se dogoditi situacija u kojoj samo osoblje i izvođači mjerenja nastradaju, pa čak i izgube život. Stvari kao što su pucanje cijevi, razlijevanje kupki pod visokim temperaturama zbog krivo postavljenog parametra mogu zagorčati život puno više osoblju i vlasniku umjernog laboratorija negoli samom klijentu.

#### *1.3.3. Požar, poplava*

Poplava nastaje recimo pucanjem cijevi kod mjerenja protoka. Pošto se u umjernim laboratorijima radi s cijevima kroz koje protiče dosta vode u jedinici vremena bilo kakva intervencija neće stići spasiti da bar segment laboratorija ne poplavi.

Kod požara najčešće dolazi ako kod mjerenja postignemo previsoku temperaturu ili se paralelno s tim neplanski pomiješaju dvije kemikalije, ukratko, dvije stvari burno reagiraju jedna s drugom.

#### 1.3.4. Povreda zakona

Postoji niz pravila i zakona koje treba poštovati da bi određene stvari bile identične nezavisno od toga tko ih izvodi. Ta pravila su sadržana u normama i te norme s jedne strane ograničavaju one koji imaju bolju ideju kako određenu stvar izvesti i ne daju im da naprave prethodno testirane eksperimente koji su se pokazali za struku još boljim rješenjima koja su zapisana u normama, al s druge strane štite one kojima se dogodi nezgoda pri mjerenju, a radili su sve po normama. Citirat ćemo pojedine članke iz norme HRN EN ISO/IEC 17025.2017:

#### **HRN EN ISO/IEC 17025:2017**

##### Točka norme 8.5.1

Laboratorij će razmotriti rizike i prilike povezane s laboratorijskim aktivnostima kako bi:

- a) pružio uvjerenje kako sustav upravljanja ostvaruje svoje željene rezultate;
- b) povećao mogućnosti postizanja svrhe i ciljeva laboratorija;
- c) spriječio ili smanjio neželjene učinke i potencijalne kvarove u laboratorijskim aktivnostima;
- d) postigao poboljšavanje.

##### Točka norme 8.5.2

Laboratorij planira:

- a) akcije za rješavanje rizika i prilika;
- b) kako bi:
  - integrirao i provodio akcije u svom sustav upravljanja;
  - procijenio učinkovitost akcija.

##### Točka norme 8.5.3

Radnje poduzete za rješavanje rizika i prilika bit će proporcionalne mogućem utjecaju na valjanost rezultata laboratorija.



#### Točka norme 4.1.4.

Laboratorij treba identificirati rizike svoje nepristranosti na kontinuiranoj osnovi. To uključuje one rizike koji proizlaze iz njegovih aktivnosti, odnosa ili odnosa njezinog osoblja. Međutim, takvi odnosi ne moraju nužno predstavljati rizik nepristranosti za laboratorij.

#### Točka norme 4.1.5

Ako se utvrdi rizik nepristranosti, laboratorij mora pokazati na koji način eliminira ili minimizira takav rizik.

#### *1.3.5. Gubitak akreditacije/certifikacije*

Najčešći uzrok ovome je nepoštivanje normi i improvizacija s rezultatima koji se dobiju, pri čemu se dobijaju netočni rezultati. Klijent ima pravo ako je doživio neke stvari koje se podrazumjevaju da se ni u snu ne mogu dogoditi, zvati inspekciju da pregleda dotični laboratorij. Ukoliko stvarno inspekcija pronade određene nepravilnosti koje ne bi smjele postojati, dotični laboratorij gubi certifikaciju, više nije validan na tržištu te mu preostaje zatvaranje ili riskiranje rada na crno što po zakonskoj regulativi može prouzročiti još strože kazne za cijeli kolektiv umjernog laboratorija.

#### *1.3.6. Gubitak imidža*

Gubitak imidža se obično događa pri manjim prijestupima i situacijama kada je ili osoblje neljubazno, ili je oprema laboratorija prestara, ili je higijena ispod određene razine. Ukratko to su sitni prekršaji koji ne mogu dovesti do apsolutnog zatvaranja i gubitka akreditacije, ali mogu se odraziti na poslovanje samog laboratorija.

#### *1.3.7. Prekid poslovanja*

Prekid poslovanja nastaje kada se pojave nepravilnosti usred izvođenja mjerenja, kada se kod sklapanja ugovora dogovori određena cijena, a kasnije određena strana tvrdi da je ponudila drugu cijenu, kada se unaprijed odrede rokovi s određenim tolerancijama pa se pri radu probiju krajnji rokovi završetka, kada se dogovore rokovi plaćanja pa određena strana ili ne može ili odbija platiti dogovorena potraživanja.

### *1.3.8. Trošak otklanjanja posljedice*

Dogodi li se poplava ili da neka boca padne i razbije se, da se sam instrument pokvari ili padne i razbije se, trošak može nastati kao sama kupnja novog instrumenta, što nije malo jer je cijena umjernih instrumenata poprilična. Prilikom poplave ili sitnog požara trošak otklanjanja posljedice se bazira na otklanjanju štete u samom prostoru laboratorija, što može čak ispasti i jeftinije nego sama kupnja novog instrumenta.

### *1.3.9. Žalba-prigovor korisnika*

Korisnik usluga umjernog laboratorija se za neke stvari koje nisu valjale ima pravo žaliti. Ako dobije parnicu, već je dovoljnu štetu kolektivu promatranog laboratorija napravio što se laboratorij i unutarlaboratorijske nepravilnosti morale povlačiti po sudovima, a kamoli to što je donesena presuda na štetu laboratorija. Upravo zbog toga što se korisnik ima pravo žaliti na određene nepravilnosti kao rezultat ima povećanje razine usluge, jer niti jednom laboratoriju nije u interesu da mu se radi propusta sudi i baca etiketa.

### *1.3.10. Kašnjenje umjeravanja/ispitivanja*

Kašnjenje i probijanje dogovorenih rokova nastaje najčešće kao niz grešaka u koracima. Jedan od primjera je nedavna kupnja novog instrumenta. Ako se krene odmah mjeriti s njime prethodno ne znajući kako se taj instrument ponaša i prethodno ne testirajući kako pravilno rukovati s njime, vrijeme koje curi i unutar je vremena koje se trebalo potrošiti za mjerenje i umjeravanje, potrošeno je za učenje kako uopće raditi kako valja s njime. Nadalje se kašnjenje može dogoditi ako slučajno nestane struje, a u procesu certificiranja je zakazala stručna osoba za certificiranje pa je dala certifikat bez da umjerni laboratorij ima ili ugrađen ili ispravan agregat te se zbog tog propusta vrijeme troši da struja dođe. Također razlog kašnjenja može biti samo neiskustvo operanata unutar laboratorija koji nemaju dovoljno iskustva u radu s opremom te im za pojedinu akciju treba više vremena i ako imamo više akcija samo kašnjenje se kumulira vremenom.

### *1.3.11. Porast troškova*

Ovisno kako gledamo, troškovi se mogu gledati u vidu kupovanja opreme, troškovi u procesu mjerenja, a da se prava slika stvori možemo te dvije stvari povezati. Znači mi imamo inicijalne troškove kupovanja opreme. Svako mjerenje i umjeravanje ima određenu cijenu da se samo napravi. Shodno tome umjerni laboratorij da bi pokrio troškove umjeravanja i pri tome ostvario dobit formira određenu cijenu. Što mjerenje dulje traje to nam se ta razlika troškova i naše ponude smanjuje i mi zapravo imamo manje novaca na kraju posla. Dugoročno to također znači da ćemo zato što smo nepouzdana imati manje posla te ćemo sporije otplaćivati opremu i trebat ćemo više vremena da pokrijemo te inicijalne troškove. Također ako imamo neispravnu opremu i slučaj da nam se oprema u nekom dijelu ili pregrijava ili ostvaruje gubitke na ovakav ili onakav način to dugoročno za svako mjerenje znači ustvari bačen novac po svakom mjerenju samo zbog toga što ili ne radimo s novom opremom, ili nismo postojeću optimirali i otklonili kvarove.

### *1.3.12. Kvar/oštećenje uređaja*

Svaki mjerni uređaj/instrument ima svoj režim rada, način održavanja i niz pravila kako ga koristiti. Ako se ta pravila ne poštuju, instrument se ne održava i ne vodi se računa o njemu, kvar i oštećenje je krajnji ishod koji sa sobom povlači još posljedica kao što su nekonkurentnost na tržištu, nemogućnost rada, povećani troškovi zbog kupnje novog instrumenta ili popravka postojećeg.

### *1.3.13. Pogrešno uzorkovanje*

Stvari tipa uzorkovanje i tome slično su jasno zapisani u normama i trebaju ih se držati svi bez iznimke, jer uzorci ili etaloni su nešto po čemu se ravnaju ostala stanja i mjerenja te ako smo pogrešno uzorkovali nama je automatski kriv bilo koji izmjeren podatak, a čak i da je točan to ne možemo saznati ako smo uzorkovanje u startu pogriješili.

### *1.3.14. Neadekvatna pohrana i transport uzorka*

Ako se pohrana i transport ne rade po pravilima struke moguće je da se promijeni kakvoća i rezultat uzorka te s time zapravo poništavamo trud i vrijeme potrošeno na uzorkovanje.

#### *1.3.15. Prekid napajanja energijom*

Do prekida napajanja dolazi ako nestane struje, ali isto tako i ako u opremu nije ugrađen agregat koji će se prilikom nestanka struje aktivirati i dovesti do normalnog funkcioniranja laboratorija.

#### *1.3.16. Pouzdanost proizvoda/usluge*

Kada se nakon nekog vremena određeni laboratorij dokaže na tržištu ova stavka dolazi kao posljedica. Ako laboratorij ima dobru uslugu i pouzdan je onda dobija preporuke od bivših klijenata te posao, dobit i cijena usluge raste s vremenom. Ukoliko se ne pokaže dobar, vrlo brzo se cijeli sustav raspada i laboratorij ne preživi na tržištu.

#### *1.3.17. Zagađenje okoliša*

Određeno mjerenje i umjeravanje iziskuje ispuštanje dimnih plinova i aeropolutanata, ili onečišćenih tvari. To spada u domenu inspekcije koja kada uvidi da neki laboratorij zagađuje okoliš iznad određene mjere ima pravo zatvoriti taj laboratorij.

## 2. METODE

### 2.1. Metoda umjeravanja

#### METODE UMJERAVANJA MJERILA TLAKA

Po definiciji umjeravanje je skup postupaka kojima se u određenim uvjetima uspostavlja odnos između vrijednosti veličina koje pokazuje neko mjerilo ili mjerni sustav i odgovarajućih vrijednosti ostvarenih etalonima.

Etaloni tlaka u pravilu su visokokvalitetni tekućinski manometri i tlačne vage. Korištenje tekućinskih manometara je ograničeno za visoke tlakove zbog tražene visine stupca tekućine.

Mjerna sljedivost je svojstvo mjernog rezultata ili vrijednosti etalona po kojemu se on može dovesti u vezu s navedenim referencijskim etalonima (obično državnim ili međunarodnim) neprekinutim lancem usporedbi koje imaju utvrđene nesigurnosti.



Slika 1. Tlačna vaga

\*Slika pokazuje tlačnu vagu za umjeravanje mjerila tlaka. Sila težine utega u obliku diskova djeluje na površinu unutar koje čine unutarnji medij, najčešće ulje, čiji se stupac unutar cijevi regulira troštapnim okretačem.

**Princip rada tlačne vage:**

Princip rada temelji se na zakonu promjene hidrostatičkog tlaka. Sklop se sastoji od precizno izrađenog okomitog klipa, podešenog na mikronske tolerancije koji je umetnut u blisko prilagođeni cilindar, oboje poznatih poprečnopresječnih površina. Ta dva elementa određuju površinu koja se zove „efektivna površina“ (eng. effective area). Mase poznate težine se postavljaju na vrh slobodnog klipa koji je također dio opterećenja. Na donji kraj klipa dovodi se fluid pod tlakom, najčešće dušik ili bijelo ulje, sve dok se ne razvije dovoljna sila da podigne klip sa utezima. Kada klip slobodno rotira u cilindru vaga je u ravnoteži sa nepoznatim tlakom u sistemu. Postoji istjecanje fluida iz sistema kroz procjep između klipa i cilindra. Film fluida omogućava neophodno podmazivanje između te dvije površine. Klip rotira da eliminira trenje. Zbog istjecanja fluida tlak u sistemu mora biti kontinuirano dodavan da bi održavao klip sa utezima u plutajućem stanju. To se često postiže upotrebom promjenjivog volumena koji funkcionira na temelju Boyle-ovog zakona. Postoji mjerenje na ulju, gdje je mjerni režim od 0-1400 bar i mjerenje na plinu, gdje je mjerni režim od 0-180 bar.

Pri umjeravanju tlačne vage moramo obratiti pozornost na sljedeće:

- *RAZREDI TOČNOSTI*
- *TLAČNI MEDIJ*
- *ZAGAĐENJE/ZAPRLJANJE*
- *RAZLIKA U VISINI*
- *TEST PROPUŠTANJA*
- *ADIJABATSKI EFEKT*
- *JAČINA MOMENTA*
- *UMJERAVANJE*
- *GENERIRANJE TLAKA*
- *TLAČENJE*
- *OČITAVANJE VRIJEDNOSTI TLAKA*
- *BROJ TOČAKA UMJERAVANJA*
- *HISTEREZA*
- *„KUCKANJE“ VAGE*
- *BROJ CIKLUSA UMJERAVANJA*
- *PODEŠAVANJE I KOREKCIJA*
- *DOKUMENTACIJA-OVJERAVANJE/CERTIFICIRANJE UMJERAVANJA*
- *UVJETI OKOLINE*
- *MJERITELJSKA SLJEDIVOST*
- *MJERNA NESIGURNOST*

*RAZREDI TOČNOSTI:* postoji više normiranih razreda točnosti i ovisno o zahtjevima umjeravanja ćemo proporcionalno tome težiti većoj točnosti. Razredi točnosti su određeni u normi ASTM B 40000 (odstupanje između 0,1 i 5%) i u normi EN 837 (odstupanje između 0,1 i 4%).

*TLAČNI MEDIJ*: moramo biti upoznati da li je tlačni medij tekućina ili plin i shodno tome imamo prethodno spomenut mjerni režim za tekućinu, odnosno plin.

*ZAGAĐENJE/ZAPRLJANJE*: može postojati prljavština unutar tlačne vage ili mjerne opreme što može prouzrokovati štetu. Ako je medij plin može se koristiti zamka za prljavštinu, ali ako je medij tekućina potrebno je očistiti vagu prije umjeravanja.

*RAZLIKA U VISINI*: ako umjeravamo na različitim visinama, hidrostatski tlak tlačnog medija može uzrokovati greške. To se ne odnosi na plin kao tlačni medij jer mu je gustoća zanemariva, ali ako se radi o tekućini kao tlačnom mediju, hidrostatski tlak uzrokovan težinom tekućine će uzrokovati greške. Magnituda greške je direktno proporcionalna gustoći tekućine i razlici visine. Ako se ne može postići da se radi umjeravanje na istoj visini, greška koja nastaje zbog razlike visine mora biti uračunata u konačno rješenje.

*TEST PROPUSJTANJA*: ako postoji ikakvo izlivanje iz cjevovoda tlačne vage, mogu se dogoditi nepredvidive greške. Zbog toga se test izlivanja mora obaviti prije umjeravanja. Test se sastoji od generiranja tlaka i kad narinemo tlak, gledamo situaciju na monitoru da li tlak ostaje isti. Problem nastaje kada neki monitori ne uspiju jasno determinirati izlivanje kao rezultat smanjenja tlaka.

*ADIJABATSKI EFEKT*: kod plina kao radnog medija mora se uzeti u obzir adijabatski efekt. Plin unutar sustava tlačne vage „komunicira“ s okolinom. Uslijed naglih promjena imat ćemo nagli skok tlaka, a posljedično i temperature. Zbog zakona Termodinamike I prelaska topline s tijela veće temperature na tijelo manje temperature, temperatura unutar sustava tlačne vage će padati, a s temperaturom i tlak. Može se to protumačiti kao izlivanje, ali upravo zbog adijabatskog efekta je potrebno pričekati određeni vremenski interval da se sustav ustabilji i onda donositi zaključke. Ako se brzina promjene ne smanjuje kako vrijeme ide, evidentno je riječ o izlivanju.

*JAČINA MOMENTA*: mjerna oprema je vrlo osjetljiva te prejako okretanje može oštetiti opremu. Zbog toga je jako bitno čitati upute korištenja i ne rukovati s opremom napamet.



*UMJERAVANJE*: zbog toga što je tlačna vaga mehanički instrument, njezini položaji će utjecati na očitavanje rezultata. Zbog toga je preporučeno umjeravati vagu u istom položaju kao kad se odvija proces.

*GENERIRANJE TLAKA*: da bi se generirao tlak, treba osigurati izvor generiranja tlaka. To može biti ručna pumpa, regulator tlaka s bocom ili „dead weight“ ispitivač.

*TLAČENJE*: zbog svoje mehaničke strukture, tlačna vaga će uvijek imati trenje u pokretima. Zbog toga, u cilju točnog mjerenja, potrebno je pričekati minutu-dvije nakon što se napravi pojedina kretnja, da se sustavu da vremena da se ustabilu.

*OČITAVANJE VRIJEDNOSTI TLAKA*: ako imamo analogni mjerač, kada se izmjerena vrijednost nađe između dvije vrijednosti pojavljuju se problemi oko točnog očitavanja. Ako je mjerač digitalan, u tom slučaju tog problema nema.

*BROJ TOČAKA UMJERAVANJA*: zahtijevana točnost umjeravanja bit će proporcionalna broju točaka umjeravanja.

*HISTEREZA*: zbog mehaničke strukture tlačne vage može doći do histereze. Histereza je pojava da učinci nekog djelovanja kasne u odnosu na to djelovanje. Zbog toga je, kao što je prije rečeno, nakon svakog pomicanja komponenti tlačne vage potrebno sačekati minutu-dvije da se sustav ustabilu.

*„KUCKANJE“ VAGE*: lagano „kuckanje“ vage se radi kao provjera da bi bili sigurni da trenje i nefleksibilnost ne utječu na rezultat koji pokazuje čitač.

*BROJ CIKLUSA UMJERAVANJA*: ciklusi umjeravanja se ponavljaju više puta da bi se ustanovila pojava ponavljanja rezultata i umjeravanja i da bi na taj način bili sigurni da smo pogodili točnu vrijednost za pojedini položaj komponenata tlačne vage. Ako radimo samo jedan ciklus, uskraćujemo si mogućnost pojave ponavljanja i informaciju da je vrijednost koju smo očitali zaista točna. Zbog tog razloga se tlačne vage podvrgavaju barem 3 ciklusa umjeravanja.

*PODEŠAVANJE I KOREKCIJA*: ako umjeravanje pokazuje da rezultati nisu unutar granica dopuštenog odstupanja, tlačna vaga se mora podesiti da rezultati budu unutar granica odstupanja, te nakon toga ponovo provesti metode umjeravanja. Ako nije moguće ponovo provesti postupak umjeravanja, koeficijent odstupanja treba uzeti u obzir i s njime množiti dobivene vrijednosti da bi dobili točne vrijednosti.

*DOKUMENTACIJA-OVJERAVANJE/CERTIFICIRANJE UMJERAVANJA*: dokumentacija rezultata je bitna stavka cijelog procesa umjeravanja. Radi se na način da se ručno zapisuju rezultati i ručno izračuna greška, ili se greška s modernijom tehnologijom automatski računa za vrijeme umjeravanja.

*UVJETI OKOLINE*: uvjeti okoline (tlak, temperatura) mogu se odraziti na rezultate pojedinih položaja umjeravanja. Najčešće ćemo imati umjeravanje pri standardnoj sobnoj temperaturi, ali ako je tlačna vaga podvrgnuta umjeravanju pri nekoj drugoj temperaturi to se mora posebno naglasiti, jer tada obavljeno umjeravanje vrijedi isključivo za te uvjete okoline i niti jedne druge.

*MJERITELJSKA SLJEDIVOST*: kod umjeravanja postoje određeni standardni uvjeti u normama što je sinonim za mjernu sljedivost. To je referentno stanje što olakšava posao onima koji umjeravaju jer onda umjeravamo za to jedno referentno stanje i nemamo potrebu umjeravati vagu za više stanja okoliša.

*MJERNA NESIGURNOST*: bez svijesti o totalnoj nesigurnosti vrijednosti umjeravanja, rezultati koje dobijemo ne vrijede previše, jer upravo svijest o mjernoj nesigurnosti nas navodi da težimo što većoj točnosti rezultata.

## 2.2 Metode procjene rizika

Metode koje se koriste za prepoznavanje, procjenu i ocjenu pouzdanosti procesa upravljanja rizicima mogu se podijeliti u nekoliko skupina:

- Metode kreativne tehnike
- Metode analize scenarija
- Metode analize pokazatelja
- Metode analize funkcije
- Statističke metode
- SWOT analiza
- FMEA metoda

SWOT analiza i FMEA metoda su dvije najpoznatije metode u cilju postizanja informacija o stanju i rizicima s kojima se određena organizacija u tim situacijama suočava. Za procjenu rizika u umjernim laboratorijima je puno prikladnija FMEA metoda od SWOT analize te ćemo u nastavku analizirati FMEA metodu.

### FMEA metoda

FMEA metoda (Failure mode and effects analysis) sustavna je metoda kojom se identificiraju i sprječavaju problemi u sustavu ili procesu prije nego što nastanu, a usredotočena je na sprječavanje pogrešaka, odnosno smanjivanje mogućnosti da se pogreška dogodi. Uz njezinu pomoć moguće je analizirati vjerojatnost nastanka pogrešaka i njihov utjecaj već u ranim fazama razvoja procesa, čime se omogućuje ranije djelovanje te poboljšanje razine kvalitete. Cilj FMEA analize je sprječavanje i uklanjanje pogrešaka koje mogu dovesti do neravnoteže u sustavu, a sve u cilju povećanja zadovoljstva kupca.

Prednost je FMEA metode da ne zahtijeva uporabu kompliciranih statističkih alata, a ipak može dati informacije koje se mogu koristiti za poboljšanje procesa ili rada neke organizacije. Osnovni je izlaz, kao rezultat FMEA analize, procjena visine rizika koja se izražava RPN brojem. Za provedbu FMEA metode potrebni su vrijeme i ljudski potencijali. FMEA se temelji na timskom radu pa je stoga potrebna uključenost više ljudi u proces njezine realizacije. Za uspješnost te metode važna su iskustva, znanja i ideje članova tima te kvalitetni ulazni podaci koji se obrađuju u daljnjem tijeku njihove obrade.

Relativni rizik od nastanka odstupanja određuje se na temelju 3 čimbenika:

- *ozbiljnosti posljedica (severity)-potencijalne posljedice odstupanja ako dođe do njih;*
- *vjerojatnosti pojave uzroka (occurrence)-vjerojatnost da će doći do odstupanja ili učestalost njegova ponavljanja;*
- *mogućnosti otkrivanja uzroka (detection)-vjerojatnost da će odstupanje biti otkriveno prije nego što se očituju njegove posljedice.*

Svi ti čimbenici procjenjuju se na određenoj brojčanoj skali (npr. 1-5, 1-7, 1-10 ili slično). Nakon što se utvrde njihove brojčane vrijednosti, utvrđuje se razina potencijalnog rizika s pomoću faktora procjene rizika (risk priority number), RPN. Faktor procjene rizika dobiva se umnoškom utvrđenih vrijednosti ozbiljnosti posljedice, vjerojatnosti pojave uzroka i mogućnosti pojavljivanja uzroka. Vrijednosti se RPN brojeva rangiraju prema određenoj skali i na temelju utvrđenog ranga provode se odgovarajuće radnje. Nakon što se provedu popravne radnje da bi se smanjio rizik, ponovno se utvrđuje utjecaj preostalog rizika. Taj novoizračunati RPN broj naziva se rezultirajućim RPN brojem i on mora biti unutar dopuštenih granica kako rizik poslovanja ne bi unio nestabilnost u sustav upravljanja.

Uobičajeno se FMEA analiza provodi u 10 koraka:

- Utvrđivanje mogućih odstupanja (ili opasnosti) s pomoću razmjene ideja (brainstorminga)
- Utvrđivanje popisa potencijalnih posljedica odstupanja
- Pridruživanje razina posljedica
- Pridruživanje razina vjerojatnosti
- Pridruživanje razina mogućnosti otkrivanja
- Proračun rizika s pomoću RPN broja
- Izrada plana aktivnosti
- Provedba aktivnosti radi otklanjanja i smanjivanja rizika
- Proračun preostalog rizika

**Preispitivanje procesa** korak je koji se sastoji u tome da se svaki detalj procesa detaljno preispita kako bi se dobio uvid u cjelokupan proces. U ovome koraku vrlo su važna znanja i iskustva kako bi se važni elementi procesa i povezani utjecaji mogli uspješno prepoznati. Dobro poznavanje procesa nužno je za utvrđivanje svih mogućih rizika koji s njim mogu biti povezani.

**Utvrđivanje potencijalnih rizika** moguće je kad svi članovi tima koji sudjeluju u provedbi FMEA metode razumiju sve detalje procesa. To omogućuje razmišljanje o tome što bi mogle biti potencijalne opasnosti, odnosno odstupanja, a koje bi mogle negativno utjecati na kvalitetu procesa. Svaki član tima treba iznijeti svoje ideje, a tijekom sastanka te ideje mogu potaknuti i prepoznavanje nekih novih ideja koje se ne bi ponavljale u pojedinačnim slučajevima.

**Utvrđivanje popisa potencijalnih rizika** nastaje nakon bilježenja i rafiniranja ideja koje su bile izložene. Razmišljanje o opasnostima i odstupanjima (tj. rizicima) podloga je za njihovo utvrđivanje, a kad se utvrde, moguće ih je povezati i grupirati. Tako se dobiju grupe odstupanja koje mogu izazvati pojedini učinak, a neke grupe mogu izazvati i višestruke učinke. U ovom koraku dobro je razmišljati i o posljedicama svakoga utvrđenog odstupanja.

**Pridruživanje razina posljedica** korak je pri kojemu se dodjeljuje ocjena posljedice do kojih može dovesti pojava određenog odstupanja. Dakle, ocjenjuje se učinak mogućeg odstupanja. Kriteriji za ocjenu mogu biti raznoliki, ovisno o odabranoj skali. Kao primjer koristit će se skala 1-5.

**Pridruživanje razina vjerojatnosti** korak je pri kojem se utvrđuju vjerojatnosti pojave odstupanja (rizika). U tome se slučaju najbolje koristiti nekim parametrima procesa koji opisuju realne situacije iz kojih se razina vjerojatnosti može procijeniti.

**Pridruživanje razina mogućnosti otkrivanja** korak je pri kojemu se procjenjuje mogućnost otkrivanja odstupanja u procesu odnosno njegova učinka. Ovaj korak započinje prepoznavanjem postojećih upravljačkih mjera s pomoću kojih se može otkriti odstupanje ili njegova posljedica.

**Proračun rizika s pomoću RPN broja** slijedi nakon dodjeljivanja odgovarajućih brojčanih vrijednosti procijenjenoj ozbiljnosti posljedice (S), vjerojatnosti pojave (O), i mogućnosti otkrivanja (D). Za metodu FMEA karakteristična je odgovarajuća dodjela relativnih kvantitativnih veličina pojedinim čimbenicima funkcije rizika-rizik se izračunava kao matematička funkcija (RPN) koja ovisi o: ozbiljnosti (S) i vjerojatnosti (O) da će neki slučaj dovesti do pogreške povezane s definiranim učincima te sposobnosti otkrivanja pogreške (D) prije nego ostvari svoje učinke, odnosno:

$$RPN = [S] \times [O] \times [D]$$

Na temelju izračunatoga RPN broja određuju se prioriteti za pojedina odstupanja, a njegovo je snižavanje nakon provedbe preventivnih djelovanja pokazatelj uspješnosti cjelokupne FMEA analize.

**Izrada plana aktivnosti** korak je pri kojemu je potrebno donijeti odluku o tome kojim se rizicima potrebno posebno posvetiti i koji grafički alati mogu poslužiti, poput Paretova dijagrama ili slično, kako bi se slikovito prikazale razlike u rangiranju odstupanja njihovih učinaka. Sukladno dobivenom RPN broju rizik se rangira prema određenoj matrici. Nešto slično biti će prikazano kasnije u cijelom konceptu primjera FMEA analize.

Sukladno takvoj matrici djelovanja za svaki utvrđeni rizik potrebno je sukladno utvrđenom RPN broju djelovati na propisani način. Neke mjere neće zahtijevati posebne aktivnosti, neke će mjere zahtijevati preventivne radnje, a neke će zahtijevati posebne mjere i radnje i analize kako bi se otklonili uzroci koji stvaraju probleme.

**Provedba aktivnosti radi otklanjanja ili smanjivanja rizika** korak je u kojemu se provode utvrđene radnje. Preventivne, popravne ili koje druge utvrđene radnje morale bi dovesti do otklanjanja rizika ili njegova smanjivanja kako bi se on stavio pod procesnu kontrolu. Sve dok je rizik prijeteća opasnost, proces nije pod potpunom kontrolom, a da bi se to izbjeglo, potrebno je provesti učinkovite radnje koje će proces dovesti pod kontrolu.

**Proračun preostalog rizika** korak je kojim se utvrđuje što se događa s rizikom nakon provedbi definiranih radnji. Provedbom radnji rizik bi se trebao otkloniti ili umanjiti, a kako

bi se dobila informacija o tome, provodi se izračun RPN broja nakon provedbe aktivnosti kako bi se utvrdio utjecaj preostalog rizika.

Za provedbu FMEA analiza obično se koristi odgovarajuća matrica s više stupaca, koja na jednome mjestu obuhvaća rezultate koji proizlaze iz svih opisanih koraka.

FMEA metoda temelji se na postupcima otklanjanja uzroka mogućih pogrešaka, njome se utvrđuju sve potencijalne pogreške te vjerojatnosti njihovih pojavljivanja kao i važnost posljedica koje donose kako bi se na temelju utvrđenih elemenata moglo doći do informacije kako djelovati i donijeti ispravnu odluku.

#### **PREDNOSTI:**

- Široka primjenjivost metode
- Prepoznavanje pogreške, njezinog uzroka i učinka na sustav te ih daje u vrlo pristupačnome obliku
- Izbjegava se potreba za skupom preinakom opreme
- Prepoznaju se pojedinačne pogreške
- Ističu se ključni parametri koje je potrebno pratiti

#### **NEDOSTATCI:**

- Prepoznaje pojedinačne pogreške, ali ne i njihove kombinacije
- Može zahtijevati znatne vremenske i financijske resurse
- Nije najbolja za znatne vremenske i financijske resurse
- Nije najbolja za složene sustave

### 3. PRIMJER UZET U CJELOSTI DA BI DOČARAO KAKO IZGLEDA FMEA METODA PROCJENA RIZIKA

Primjer postupka kako se radi FMEA Metoda:

#### Sadržaj :

- 1 Svrha
- 2 Područje primjene
- 3 Odgovornosti
- 4 Postupak
- 5 Primjenjivi dokumenti
- 6 Popis privitaka
- 7 Povijest promjene dokumenata

Kontrolirani primjerak broj: 01

	Izradio:	Pregledao:	Odobrio:
Ime i prezime			
Datum			
Potpis			



---

*Svrha*

Ovim se postupkom normira i propisuje postupak analize rizika i izrade akcijskog plana za smanjenje razine potencijalnog rizika.

*Područje primjene*

Ovaj postupak primjenjuju uprava Laboratorija u procesu izrade analize rizika i izrade akcijskog plana za smanjenje razine potencijalnog rizika.

*Odgovornosti*

Dekan::

- odobrava pondere za analizu rizika
- odobrava akcijski plan
- osigurava resurse za provedbu akcijskog plana.

*Rukovoditelj kvalitete:*

- suodgovoran s voditeljem laboratorija za izradu analize rizika i za nadzor provedbe akcijskog plana.

*Voditelj Laboratorija:*

- predlaže i usuglašava pondere za procjenu rizika
- izrađuje analizu rizika i akcijskog plana
- nadzire provedbu akcijskog plana
- izvješćuje direktora o efikasnosti provedbe akcijskog plana
- pohranjuje zapise o izradi analize rizika i plana aktivnosti te zapise o provedenim akcijama iz plana analize.

### Postupak

Prije izrade analize rizika za nepristranost potrebno je izraditi pondere za vjerojatnost pojave opasnosti (V), veličine posljedice ako se opasnost realizira (P) i mogućnosti detekcije pojave opasnosti (D).

Kad se jednom postigne konsenzus o ponderima i kad ih direktor odobri, isti se ne smiju više mijenjati. Ukoliko bi se mijenjali ponderi više nije moguće uspoređivati procjene rizika za druga područja djelovanja laboratorija. Uprava ne bi imala pravu sliku o veličini rizika u pojedinim aktivnostima.

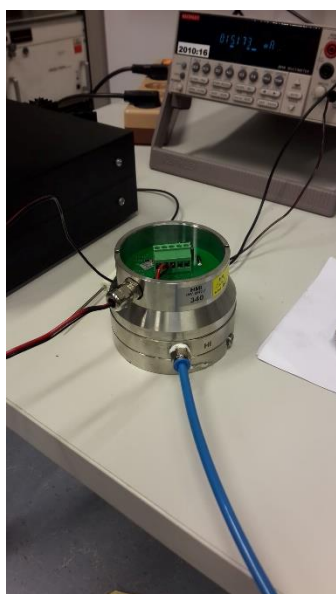
Koraci u izradi FMEA analize (analize rizika):

1. *sakupiti i pregledati postojeću dokumentaciju o aktivnostima ili području za koji se provodi analiza*

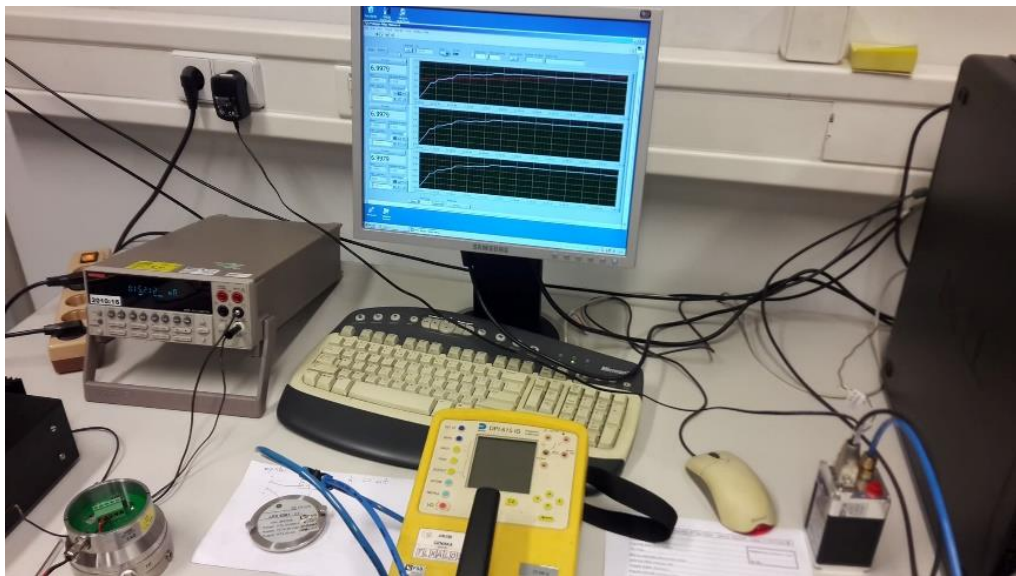
Koncem 10-og mjeseca sam zajedno sa svojim kolegama koji su imali zadatak mjerenje na ulju i plinu prisustvovao njihovim zadacima i zapažao određene stvari.

Slijedeće slike pokazuju mjerne rezultate umjeravanja prvo na ulju:

### Slike 2-4: Prikaz umjeravanja na plinu



Slika 2. Prikaz umjeravanja na plinu



Slika 3. Prikaz umjeravanja na plinu



Slika 4. Prikaz umjeravanja na plinu

**Slike 5-6: Prikaz umjeravanja na ulju**



**Slika 5. Prikaz umjeravanja na ulju**



**Slika 6. Prikaz umjeravanja na ulju**

**Slika 7.: rezultati umjeravanja na ulju**

Red. Br.	Tlak etalona	Utezi br.:	Očitanje			
	p		M1	M2	M3	M4
	(bar)		(bar)	(bar)	(bar)	(bar)
1	0,000	-	0,02	0,03	0,03	0,03
2	99,995	osn. ut.,14,15,16	100,09	100,10	100,07	100,08
3	199,982	osn. ut.,14,15,16,1	200,10	200,11	200,10	200,11
4	299,968	osn. ut.,14,15,16,1,2	300,08	300,09	300,09	300,10
5	399,979	osn. ut.,14,15,16,1,2,3	400,05	400,06	400,05	400,06
6	499,996	osn. ut.,14,15,16,1,2,3,4	500,01	500,02	500,00	500,04
7	599,956	osn. ut.,14,15,16,1,2,3,4,5	599,99	599,98	600,03	600,01

**Tablica 14. Izmjerene mjerne vrijednosti LPM-FSB laboratorija**

Red. br.	Etalonski tlak	Srednja vrijednost	Mjerni odmak	Histereza	Ponovljivost	Mjerna nesigurnost
	Pe	Msr	Msr-Pe	h	b'	U
	(bar)	(bar)	(bar)	(bar)	(bar)	(bar)
1	0,000	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01
2	99,995	100,09	0,09	0,01	0,02	0,01
3	199,982	200,11	0,12	0,01	0,00	0,03
4	299,968	300,09	0,12	0,02	0,03	0,03
5	399,979	400,06	0,08	0,01	0,00	0,02
6	499,996	500,02	0,02	0,03	0,02	0,03
7	599,956	600,00	0,05	0,01	0,10	0,07

**Tablica 15. Izračunate vrijednosti LPM-FSB laboratorija****Slika 7. Rezultati umjeravanja na ulju**

2. *metodom brainstorminga generirati sve izvore opasnosti i upisati u obrazac:*

Na primjer, može se dogoditi pad okolišne temperature, ako je nagli pad i razlika temperature može se pojaviti pojačano strujanje zraka, nekompatibilnost opreme, zatim uvijek se mogu dogoditi nepredvidljivosti u funkcioniranju opreme koje na prvu ne možemo zamjetiti, popratno prevelikoj osjetljivosti opreme mogu se pojaviti poteškoće u anuliranju opreme. Ako svi prethodni izvori ne predstavljaju opasnost najveću opasnost od svih može polučiti prag obučenosti osobe koja mjeri.

3. *metodom brainstorminga generirati za svaku opasnost posljedice koje mogu nastupiti ako se opasnost realizira. Jedna opasnost može imati više posljedica.*

Na primjer, nepredvidljivosti koje se mogu dogoditi su nagli nestanak struje i mogućnost potresa ako se laboratorij nalazi na trusnom području

4. *dodijeliti ponder koji pripada određenoj posljedici (P) i upisati u obrazac*

5. *metodom brainstorminga procijeniti vjerojatnost pojave opasnosti (V). Pridružiti joj odgovarajući ponder i upisati u obrazac*

6. *metodom brainstorminga procijeniti postojanje načina detekcije opasnosti, pridružiti ponder za (D) i upisati u obrazac*

7. *Izračunati razinu potencijalnog rizika  $RPR = P*V*D$*

8. *prema propisanim bojama semafora označiti svako polje izračunatog RPR-a.*

Točke 4,5,6,7,8 su pokazane u dvije tablice koje sažimaju i daju srž FMEA metode, jer daju najbitnije numeričke podatke na temelju kojih radimo potrebne korekcije i proporcionalno rezultatima analize rizika djelujemo na područja što je opisano u tablici „Plan aktivnosti“.

Tablica 1. ANALIZA RIZIKA

IZVOR	OPASNOST	POSLJEDICE	P	V	D	RPN
ČOVJEK	NEDOVOLJNA STRUČNOST	INICIJALNA NEMOGUĆNOST OBAVLJANJA UMJERAVANJA	5	3	5	75
OPREMA	PREVISOK TLAK UNUTAR OPREME	OZLJEDE PRILIKOM PUCANJA OPREME	4	2	4	32
OPREMA	NEPREVIDLJIVOST NEFUNKCIONIRANJA	NEMOGUĆNOST PRAVILNOG UMJERAVANJA	5	2	3	30
OPREMA	OSJETLJIVOST OPREME	NEMOGUĆNOST ANULIRANJA	3	5	2	30
VREMENSKI UVJETI	NAGLA PROMJENA TEMPERATURE	POJAČANO STRUJANJE ZRAKA	4	2	3	24
UVJETI OKOLINE	VIBRACIJE (2.KAT)	VIBRACIJE TE MOGUĆA ŠTETA NA OPREMI	3	4	3	36
POGREŠNA METODA UMJERAVANJA	NETOČNI REZULTATI UMJERAVANJA	GUBITAK KREDIBILITETA NA TRŽIŠTU	4	3	4	48

Tablica 2. PLAN AKTIVNOSTI

IZVOR	OPASNOST	PODUZETA AKTIVNOST	P	V	D	RPN
ČOVJEK	NEDOVOLJNA STRUČNOST	KVALITETNO OSPOSOBLJAVANJE KADRA UNUTAR UMJERNOG LABORATORIJA	1	2	3	6
OPREMA	PREVISOK TLAK UNUTAR OPREME	TESTIRANJE OPREME PRIJE UMJERAVANJA	2	2	2	8
OPREMA	NEPREVIDLJIVOST NEFUNKCIONIRANJA	TESTIRANJE OPREME PRIJE UMJERAVANJA	1	2	2	4
OPREMA	OSJETLJIVOST OPREME	TESTIRANJE OPREME I PRILAGOĐAVANJE NA ISTU	1	3	2	6
VREMENSKI UVJETI	NAGLA PROMJENA TEMPERATURE	KVALITENA IZOLACIJA SAMOG PROSTORA UMJERAVANJA	3	1	2	6
UVJETI OKOLINE	VIBRACIJE (2.KAT)	POSEBAN NAČIN GRADNJE LABORATORIJA U SLUČAJU DA SE NALAZIMO NA TRUSNOM PODRUČJU	2	2	2	8
POGREŠNA METODA UMJERAVANJA	NETOČNI REZULTATI UMJERAVANJA	OSPOSOBLJAVANJE KADRA U CILJU PRECIZNOG ODABIRA METODE UMJERAVANJA	2	1	2	4

Razina potencijalnog rizika RPR označena crvenom bojom je neprihvatljiva razina i moraju se poduzeti mjere za smanjenje njene razine barem u žutom području ako nije moguće ili racionalno je svesti u zeleno područje.

Razina rizika RPR označena žutom bojom granični je rizik. Potrebno je izraditi akcijski plan ali o njegovoj provedbi odlučuje direktor u skladu s veličinom posljedice i utrošku resursa. Poduzete mjere moraju biti adekvatne veličini posljedice.

Razina rizika označena zelenom bojom je prihvatljiva razina rizika. Za takve RPR može se izraditi plan aktivnosti ali se provodi samo u slučaju da dođe do realizacije posljedice.

Crveno	RPR = 75 ili 125
Žuto	RPR = 15, 25, 27 ili 45
Zeleno	RPR = 1, 3, 5 ili 9

Razina rizika je temeljena skalom od 1-5 za svaki slučaj i množena po prethodno spomenutoj formuli za RPR. Usporedbom rezultata analize rizika i plana aktivnosti možemo zaključiti da se analizom procjene rizika vjerojatnost neželjenih scenarija drastično smanjuje te se isplati uložiti novac i vrijeme za procjenu rizika što čini obje strane zadovoljnijim, a pogotovo cijeli kadar umjernog laboratorija.



---

## 4. ZAKLJUČAK

Rizik se definira kao utjecaj nesigurnosti na postignuće zadanih ciljeva. Procjena i upravljanje rizicima može uvelike smanjiti šansu od nastanka istih. Radi se putem istraživanja, prikupljanjem podataka anketiranjem, prikupljanjem podataka pomoću upitnika, prikupljanjem podataka pomoću različitih dijagrama, prikupljanjem ideja pomoću različitih mišljenja, i prikupljanjem informacija putem praćenja kritičkih pokazatelja.

Jako je bitno da osoba koja je zadužena za procjenu rizika ima iskustva i da je na svoje oči vidjela određene nezgode u laboratorijima i zapamtila što je tome prethodilo. Stručna osoba samim ulaskom u laboratorij može uvidjeti dosta potencijalnih rizika i otkloniti ih.

Mogući rizici mogu biti od strane čovjeka, mjerne opreme, materijala, odabira metode, samog postupka mjerenja, tehnike mjerenja, uvjeta okoliša, infrastrukture laboratorija.

Posljedice rizika nastupaju kao rezultat onoga što im je prethodilo, a to su uzroci rizika. Mnoge su posljedice najblaže rečeno smrtonosne za daljnji nastavak rada umjernog laboratorija jer u slučaju pojave istih nastupa ili gubitak kredibiliteta na tržištu, ili nepovratno zatvaranje istih. Najupečatljivije posljedice su nezadovoljstvo zainteresiranih strana, smrtni slučaj, nezgode poput požara ili poplava, povreda zakona, gubitak akreditacije/certifikacije, gubitak imidža, prekid poslovanja, trošak otklanjanja posljedice, žalba-prigovor korisnika, kažnjenje umjeravanja/ispitivanja, porast troškova, kvar/oštećenje uređaja, pogrešno uzorkovanje, neadekvatna pohrana i transport uzorka, prekid napajanja energijom-neispravnost agregata za hitne slučajeve, pouzdanost proizvoda/usluge, zagađenje okoliša. U ovom radu je dan pregled rizika iz normi i literature sa konkretnim primjerom procjene u LPM-u na primjeru umjeravanja tlaka.

---

**LITERATURA**

- [1] Dipl. Ing. Univ. Spec. Zlatko Grgić: *O upravljanju rizicima i prilikama u laboratorijima*, časopis „Svijet kvalitete“
- [2] Beamex white paper „How to calibrate pressure gauges“
- [3] D Zvizdić, L Grgec Bermanec: *Predavanje iz kolegija toplinska i procesna mjerenja (mjerenja u energetici)*, FSB-LPM
- [4] HRN ISO 31000: *Upravljanje rizicima-Načela i smjernice* (ISO 31000:2009)
- [5] HRN EN 31010: *Upravljanje rizikom-Metode procjene rizika* (IEC/ISO 31010:2009; EN 31010:2010)
- [6] A Bošnjaković, H Memić, L Grgec Bermanec, Z Džemić: *Implementation of requirements of standard ISO/IEC 17020 in authorised bodies for verification of measuring instruments risk analysis*, Zbornik radova 16. hrvatske konferencije o kvaliteti i 7. znanstvenog skupa

---

**PRILOZI**

I. CD-R disc