

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I  
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA**

**Stručni studij**

**PRIMJENA RADIOMETRIJSKIH SENZORA ZA  
MJERENJE RAZINE U INDUSTRIJI**

**Završni rad**

**Edo Vanjek**

**Osijek, 2020.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac Z1S: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za završni ispit na preddiplomskom stručnom studiju**

Osijek, 22.09.2020.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Imenovanje Povjerenstva za završni ispit  
na preddiplomskom stručnom studiju**

<b>Ime i prezime studenta:</b>	Edo Vanjek
<b>Studij, smjer:</b>	Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Automatika
<b>Mat. br. studenta, godina upisa:</b>	A 4477, 20.07.2017.
<b>OIB studenta:</b>	74106513433
<b>Mentor:</b>	Dr. sc. Željko Špoljarić
<b>Sumentor:</b>	
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	
<b>Predsjednik Povjerenstva:</b>	Dr. sc. Krešimir Miklošević
<b>Član Povjerenstva 1:</b>	Dr. sc. Željko Špoljarić
<b>Član Povjerenstva 2:</b>	Dr.sc. Venco Ćorluka
<b>Naslov završnog rada:</b>	Primjena radiometrijskih senzora za mjerenje razine u industriji
<b>Znanstvena grana rada:</b>	<b>Elektrostrojarstvo (zn. polje elektrotehnika)</b>
<b>Zadatak završnog rada</b>	Objasniti osnovne pojmove vezane uz mjerenje razine s posebnim naglaskom na radiometrijsko mjerenje. Dati pregled mjernih uređaja koji se koriste za radiometrijsko mjerenje razine od različitih proizvođača te napraviti usporedbe prema karakteristikama mjernih uređaja. Potrebno je navesti osnovne podatke mjernih uređaja te navesti u kojim pogonima i proizvodnim procesima se najviše primjenjuju. Osvrnuti se na mjere zaštite pri radiometrijskom mjerenju razine zbog specifičnosti ovih mjernih uređaja.
<b>Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (završnog rada):</b>	Dobar (3)
<b>Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:</b>	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 2 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 1 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 1 bod/boda Razina samostalnosti: 2 razina

<b>Datum prijedloga ocjene mentora:</b>	22.09.2020.
Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis:
	Datum:



**FERIT**

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

## IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 26.02.2021.

**Ime i prezime studenta:**

Edo Vanjek

**Studij:**

Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Automatika

**Mat. br. studenta, godina upisa:**

A 4477, 20.07.2017.

**Turnitin podudaranje [%]:**

7

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Primjena radiometrijskih senzora za mjerenje razine u industriji**

izrađen pod vodstvom mentora Dr. sc. Željko Špoljarić

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.

Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

# Sadržaj

1. UVOD .....	1
1.1. Zadatak završnog rada.....	1
2. UVOD U RADIOMETRIJU .....	2
2.1. Radiometrija .....	2
2.2. Povijest .....	2
3. RADIOMETRIJSKO MJERENJE.....	4
3.1. Što je radiometrijsko mjerenje.....	4
3.2. Princip rada.....	5
3.3. Izvor radijacije .....	5
3.4. Detektor .....	7
3.5. Vrste grešaka .....	8
3.5.1. Statička pogreška.....	8
3.5.2. Sistematska pogreška .....	8
3.6. Kalibracija .....	8
3.7. Usporedba radiometrijskog mjerenja sa konvencionalnim vrstama mjerenja .....	9
4. ENDRESS+HAUSER.....	11
4.1. Kućišta za radioaktivni element .....	11
4.2. Detektori.....	12
4.3. Izvori radijacije .....	12
4.4. Konfiguracija uređaja .....	13
5. BERTHOLD .....	19
5.1. Detektori.....	19
6. RADIOMETRIJSKIH UREĐAJI U INDUSTRIJI .....	23
7. ZAKLJUČAK.....	26
8. LITERATURA.....	27
SAŽETAK.....	28
ABSTRACT .....	28
ŽIVOTOPIS.....	29

## **1. UVOD**

Radiometrijski uređaji služe za mjerenje tekućine u spremnicima koji se koriste u industrijama. Funkcioniraju na način da emitiraju zrake gama zračenja, prolaze kroz tekućinu te detektori apsorbiraju zračenje te pretvaraju svjetlost u izračunate procese. Radiometrija je mjerenje upotrebom radioaktivnih materijala. Vrste primjene radiometrijskih uređaja su mjerenje gustoće tekućine, mjerenje razine tekućine u spremniku te mjerenje granica razine tekućine.

Ovaj rad se obrađuje u 6 poglavlja. U prvom poglavlju opisuje se uvod u temu i opis zadatka. U drugom poglavlju opisuje se što je to radiometrija i njezina povijest. Treće poglavlje sadrži što je radiometrijsko mjerenje, na kojem principu radi, koji su dijelovi radiometrijskog uređaja te pogreške prilikom rada i kalibracija uređaja. U četvrtom poglavlju opisujemo uređaje Endress+Hauser. U petom poglavlju opisujemo uređaje Berthold. Zadnje poglavlje je zaključak koje predstavlja zapažanja tijekom istraživanja te razrade funkcije uređaja.

### **1.1. Zadatak završnog rada**

Predmet ovog završnog rada je usporedba različitih vrsta radiometrijskih senzora različitih proizvođača po njihovim karakteristikama i drugim parametrima. Postoje različiti proizvođači kao što su Endress+Hauser i Berthold. Ovim završnim radom želimo postići i utvrditi kvalitetu kod proizvođača Endress+Hauser i Berthold.

## **2. UVOD U RADIOMETRIJU**

Radiometrija je znanost mjerenja optičkog zračenja na bilo kojoj valnoj duljini, na temelju fizičkih mjerenja. Energija zračenja ne može se mjeriti kvantitativno izravno, ali se uvijek mora pretvoriti u neki drugi oblik kao što su toplinska, električna ili kemijska.[8][11]

Radiometrija se odnosi na slučaj kada osvjetljavajuća svjetlost na česticu stvara temperaturni gradijent u čestici, što zauzvrat stvara temperaturni gradijent u okolnoj tekućini. [8][10]

Ovo poglavlje će objasniti što znači radiometrija i kako je došlo do otkrića radiometrije.

### **2.1. Radiometrija**

Radiometrija je detekcija i mjerenje svjetlosnih valova u optičkom djelu elektromagnetskog spektra. Radiometrija, grana optike koja se bavi mjerenjem svojstava elektromagnetskih valova. Mjerenja se izvode elektroničkim instrumentima radiometrima. Primjenjuju se u radioastronomiji, u medicinskoj dijagnostici, za daljinska istraživanja itd.

Mjerenja se izvode sa gama zrakama koje se emitiraju do određenog senzora. Ovakvo mjerenje se koristi u onim slučajevima gdje je mjerenje sa konvencionalnim metodama nemoguće.

Postoje različiti tipovi radiometrijskih senzora kao što su za mjerenje razine tekućine u spremniku, mjerenje granice neke zadane razine u spremniku i mjerenje gustoće tekućine.

### **2.2. Povijest**

Wilhelm Rontgen je 1895. godine otkrio rendgenske zrake i daljnjim eksperimentom je utvrdio da katodne zrake emitiraju nove nevidljive zrake koje prodiru kroz crni papir.

Bequerel je istraživao fosforescenciju i kad je saznao za Rontgenovo otkriće, počeo je tražiti poveznicu između fosforescencije i rendgenskih zraka. Mislio je da fosforescentni materijali kao što je uranijeva sol mogu emitirati prodiruće rendgenske zrake.

Daljnjim eksperimentima koji su sadržavali nefosforescentne uranijeve soli došao je do zaključka da je prodirujuća radijacija od uranijevih soli izazvana bez pobude vanjskog izvora energije. Time je Henri Bequerel 1896. godine otkrio da uranijeve soli neprestano emitiraju nevidljivo zračenje što vidimo prema slici 2.1., danas poznato kao alfa i beta zračenje.



**Slika 2.1. Djelovanje nevidljivog zračenja[5]**



### 3. RADIOMETRIJSKO MJERENJE

Radiometrija je, u biti, mjerenje elektromagnetskog zračenja ili valova koji se stvara oscilacijom fotona. Učestalost tih valova ili valna duljina određuje količinu energije koju prenose fotoni, a time i "boja" zračenja. Puni elektromagnetski raspon proteže se od rendgenskih zraka do dubokog ultraljubičastog zračenja, kroz vidljivi spektar svjetlosti i do udaljenih IR-a i iznad mikrovalova i radio valova.[7]

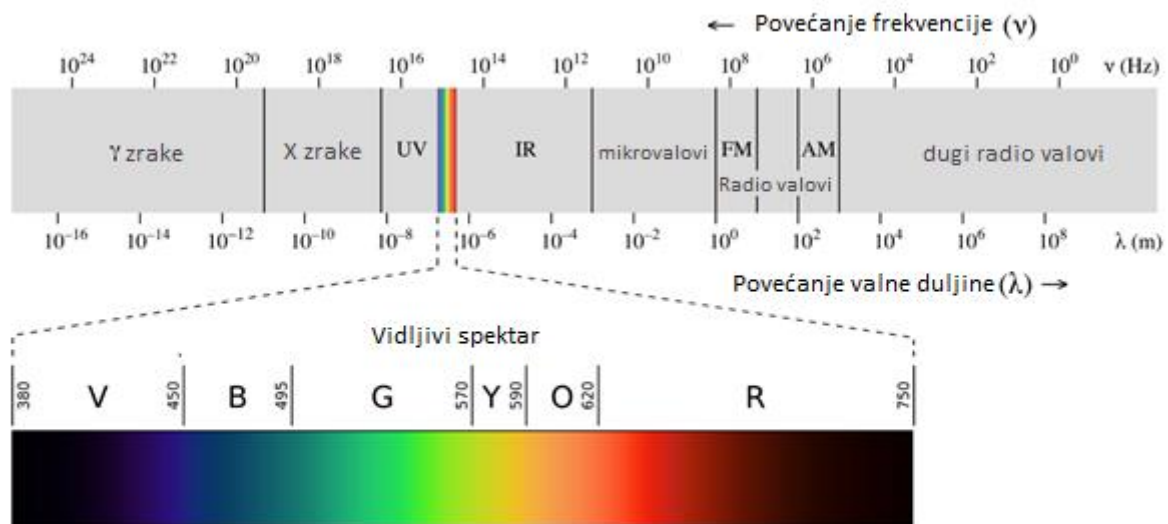
Radiometrija je mjerenje energije ili snage u elektromagnetskim poljima zračenja ili svjetlosti.[9]

Poglavlje sadrži princip rada radiometrijskog mjerenja te koje sve proizvode sadrži jedan takav uređaj.

#### 3.1. Što je radiometrijsko mjerenje

Radiometrijsko mjerenje ili mjerenje pomoću radioaktivnih tvari koristi se pri ekstremnim uvjetima, primjerice pri visokim tlakovima ili visokim temperaturama u spremnicima. [4]

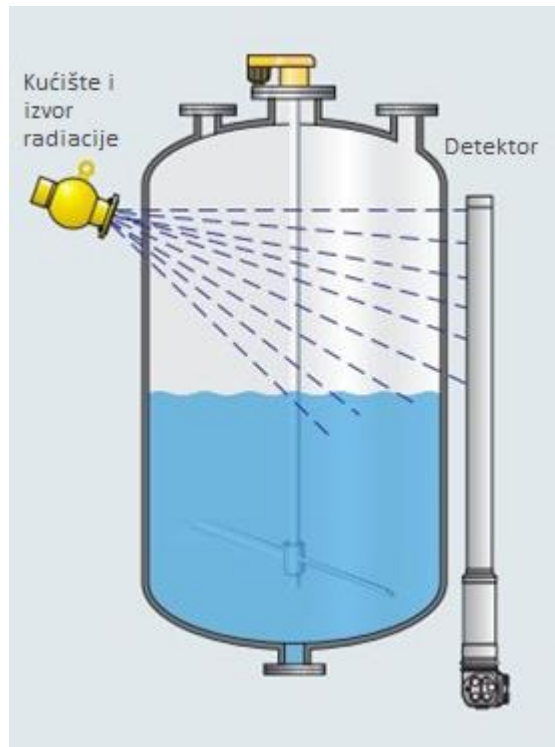
Radiometrijsko mjerenje elektromagnetskog zračenja u valnim duljinama 0,01 i 1000 mikrometara ( $\mu\text{m}$ ) što se vidi prema slici 3.1.. Taj interval uključuje područja koja se obično nazivaju ultraljubičasto, vidljivo i infracrveno.



Slika 3.1. Elektromagnetski spektar[6]

### 3.2. Princip rada

Mjerenje se izvodi gama zrakama. S njima se bez velikih teškoća mjere razine tekućine u spremniku, mjeri granica neke zadane razine u spremniku, mjeri visina sloja razdvajanja dviju pohranjenih tvari i mjerenje gustoća pohranjenih tvari. Kao izvor zračenja koriste se cezij Cs 137 i kobalt Co 60, a detektiranje gama zraka izvodi se nizom ionskih komora.[4]



Slika 3.2. Princip rada radiometrijskog mjerenja[2]

Ako na putu zrake zračenja ne postoji ili je malo materijala, intenzitet radijacije ostat će jak. Ako je nešto na putu zrake, intenzitet radijacije će biti oslabljen što vidimo prema slici 3.2.. Količina radijacije koju je detektirao detektor može se upotrijebiti za izračun željene vrijednosti procesa. Ovo se načelo primjenjuje na gotovo svako nuklearno mjerenje.

Uzimajući u obzir prednosti potpuno ne kontaktne i neinvazivne tehnologije, tehnologija nuklearne energije postaje broj jedan metoda i jedini izbor za najteže i zahtjevnije zahtjeve za mjerenje procesa.

### 3.3. Izvor radijacije

Postoje mnogi poznati prirodni i umjetni radioaktivni izotopi, ne koriste se svi za radiometrijsko mjerenje. U industrijskim primjenama, samo se nekoliko nuklida zapravo koristi

za potrebe mjerenja. Radioaktivni izotop koji vidimo prema slici 3.3. se obično stavlja u robusno, čelično obloženo, olovno kućište koje vidimo prema slici 3.4. za maksimalnu sigurnost. Kućište štiti zračenje, emitirano iz radioaktivnog izotopa, osim u smjeru u kojem bi trebao putovati.



**Slika 3.3. Radioaktivni izotop[2]**

Koristeći mali otvor u štitu, snop može biti projiciran pod različitim kutovima u cijev ili u posudu. To zahtijeva visoku kvalitetu mjerenja uz minimalnu izloženost ljudi zračenju. U osnovi, ALARA (As Low As Reasonably Achievable) načelo za maksimalnu radnu sigurnost primjenjuje se na sve što ima veze s nuklearnim izotopima.

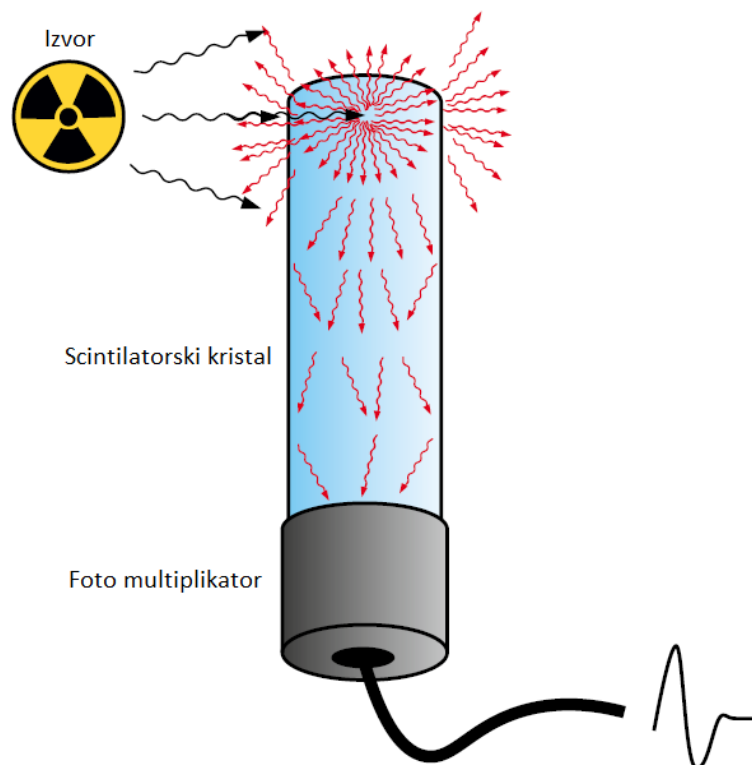


**Slika 3.4. Kućište[2]**

### 3.4. Detektor

Detektor zračenja sadrži kristal napravljen od posebnog polimernog materijala ili anorganskog kristala, poput natrijeva jodida - takozvani scintilator. Scintilator pretvara dolazne gama zrake u bljeskove vidljivog svjetla.

Kristal je optički spojen na foto multiplikator, koji pretvara svjetlost u električne impulse. Dok se vakuumski foto multiplikator uspješno koristi već desetljećima, danas su silicijski foto multiplikatori (SiPM) dostupni i postaju sve aktivniji u industrijskim detektorima.[1]



**Slika 3.5. Detektor[2]**

Prema slici 3.5. vidimo kako detektor radi. Kada emitirane gama zrake pogode kristal, nakon prolaska kroz zidove posude, cijevi i samog izmjenjenog proizvoda, svaki gama foton u zruci mogao bi proizvesti svjetlosni bljesak, što bi rezultiralo tisućama naknadnih svjetlosnih pulsova koji su zabilježeni foto multiplikatorskom cijevi. Svaki svjetlosni puls pretvara se u električne impulse foto multiplikatorom. Nakon digitalizacije signala, ti se pulsovi broje kako bi se utvrdilo takozvani postotak brojanja, koja se obično izražava kao odbrojanje u sekundi ili frekvencija (Hz). [1]

### **3.5. Vrste grešaka**

Postoje dvije vrste pogrešaka to su; statička pogreška i sistematska pogreška. U daljnjem tekstu objasniti ću o kojim se tipovima pogrešaka radi.

#### **3.5.1. Statička pogreška**

Slučajne pogreške uzrokuju inherentno nepredvidive fluktuacije u očitanjima mjerne naprave ili u interpretacijskom tumačenju instrumentalnog očitavanja i uvijek su prisutni u svakom mjerenju. Slučajne pogreške pokazuju različite rezultate za navodno isto ponovljeno mjerenje. Takve slučajne pogreške nazivaju se statističkim pogreškama i obično slijede normalnu razdiobu i stoga se mogu obrađivati sa statističkim metodologijama.

#### **3.5.2. Sistematska pogreška**

Nastaju zbog neispravnih mjernih instrumenata, izbora pogrešne metode mjerenja ili njenog pogrešnog izvođenja i sl. One su ponovljive i prilikom ponavljanja mjerenja javljaju se u istom smjeru i iznosu. Ove vrste pogrešaka mogu se smanjiti i ukloniti provjerom i poboljšanjem aparature. Na pravilan način, sistematske pogreške su predvidljive i obično konstantne ili razmjerne stvarnoj vrijednosti. Za radiometrijske uređaje među ostalim postoje sljedeće glavne sistematske pogreške koje se uzimaju u obzir:

- Izmjene osjetljivosti uzrokovane temperaturnim varijacijama ili detektorskim komponentama.
- Nepredvidiva buka
- Neispravna kalibracija

### **3.6. Kalibracija**

Nuklearni mjerači rade na principu atenuacije. U osnovi, svaka tvar reagira s gama zračenjem i ima oslabljujući učinak. U perspektivi postupka kontrole, to nisu samo mediji koji će se mjeriti, već i čelični zidovi spremnika, sve unutar konstrukcije, izolacije, okvira itd. Stoga je očito da se na licu mjesta treba kalibrirati sustav kako bi se odrazilo slabljenje povezano s postupkom. Dakle, kalibracija tvornice nije izvediva. Isto tako, mjerenja gustoće moraju se kalibrirati na licu mjesta s najmanje jednom referentnom točkom poznate gustoće. Sustav se obično umjerava u poznatim radnim uvjetima, npr. punim i praznim spremnikom u slučaju mjerenja kontinuirane razine ili barem jednu poznatu gustoću fluida u cjevovodu za sustav gustoće. Koliko god je važno pravilno kalibriranje, toliko toga može poći po zlu tijekom ovog postupka.[1]

### 3.7. Usporedba radiometrijskog mjerenja sa konvencionalnim vrstama mjerenja

Postoji mnogo načina mjerenja slična kao kod radiometrijski mjerenja, a to su; kapacitivno mjerenje, hidrostatsko mjerenje, ultrazvučno mjerenje, mjerenje mikrovalovima i optičko mjerenje.

Odmah možemo reći da radiometrijska mjerenja služe za korištenje u uvjetima kao što su visoki tlakovi i visoka temperatura gdje ostali konvencionalni uređaji zakazuju.

Da radiometrijska mjerenja nisu radioaktivna mogli bismo ih usporedit sa konvencionalnim metodama mjerenja. Ostale vrste su isto pouzdane i možda su nešto preciznije u odnosu na radiometrijsko mjerenje, ali zbog toga što u svijetu postoje razna područja sa ekstremnim uvjetima (visoka temperatura, visoki tlakovi) koriste se radiometrijska mjerenja.

**Tablica 3.1. Usporedba različitih vrsta mjerenja**

	Točnost	Temperatura medija	Tlak
Hidrostatsko mjerenje	0,2 % - 0,1 % bara	-10 / +80°C	0.1 – 10 bar
Kapacitivno mjerenje	0,1 % m	-80 / +200°C	Vakuum – 100 bar
Radiometrijsko mjerenje	+/- 1 % m	Nema ograničenja	Nema ograničenja
Ultrazvučno mjerenje	+/- 2 mm +0.17%	-40 / +95°C	0.7 – 4 bar

Prema tablici 3.1. vidimo da se radiometrijsko mjerenje razlikuje po točnosti od ostalih vrsta mjerenja. Radiometrijsko mjerenje ima veća odstupanja tako da je točnost mjerenja veća kod hidrostatskog i kapacitivnog mjerenja.

Hidrostatsko i kapacitivno mjerenje se koriste tamo gdje nisu velike temperature medija koje neće naštetiti uređaju za mjerenje. Vidimo da radiometrijsko mjerenje nema ograničenja za temperaturu medija ni za tlak jer uređaj se ne nalazi u posudi nego izvan nje za razliku od hidrostatskog i kapacitivnog mjerenja.

U odnosu na radiometrijsko mjerenje ostale vrste mjerenja se baziraju na principu mjerenja u zatvorenim spremnicima. Na takvu vrstu mjerenja utječu manje smetnje jer se mjerenje provodi u zatvorenom spremniku za razliku od radiometrijskog mjerenja gdje je detektor sa vanjske strane na kojeg djeluju smetnje.

## 4. ENDRESS+HAUSER

Kompanija Endress+Hauser proizvodi različite proizvode za različite primjene u industrijama kao što su mjerenje protoka, mjerenje razine tekućine, mjerenje tlaka, mjerenje temperature i primjena različitih uređaja sa raznim dodacima koja služe za mjerenje svih ovih vrsta mjerenja. Nas zanimaju samo radiometrijski uređaji koji mjere razinu tekućine u spremniku.

Kompanija Endress+Hauser proizvodi nekoliko vrsta proizvoda za radiometrijsko mjerenje. Proizvodi nekoliko vrsta izvora radijacije, nekoliko vrsta kućišta za radioaktivni element i nekoliko vrsta detektora.

### 4.1. Kućišta za radioaktivni element

Prema slici 4.1. vidimo da se kućišta ne razlikuju puno po izgledu osim FQG60 i FQG66. Kućište FQG66 je teže od žutih kućišta, a ona su teža do kućišta FQG60. Žuta kućišta i FQG66 se mogu birat kao ručne ili pneumatske sklopke za uključivanje i isključivanje radioaktivnog elementa, dok FQG60 dolazi samo sa ručnom sklopkom uključivanja i isključivanja radioaktivnog elementa. Žuta kućišta mogu se koristiti tamo gdje temperatura dostiže 200°C, FQG60 se može koristiti samo do 120°C, a FQG66 se koristi do temperature od 100°C. Sva kućišta se mogu konfigurirati prema zadanim postavkama.



Slika 4.1. Vrste kućišta[2]



## 4.2. Detektori

Prema slici 4.2. vidimo da se detektori već razlikuju po izgledu jer imaju različite vrste povezivanja sa drugim uređajima. Obadva uređaja imaju povezivanje žičano 4-20mA i posebne izvedbe koje je potrebno specificirati. Uređaj FMG60 ima još dvije vrste povezivanja PROFIBUS PA i FOUNDATION Fieldbus.



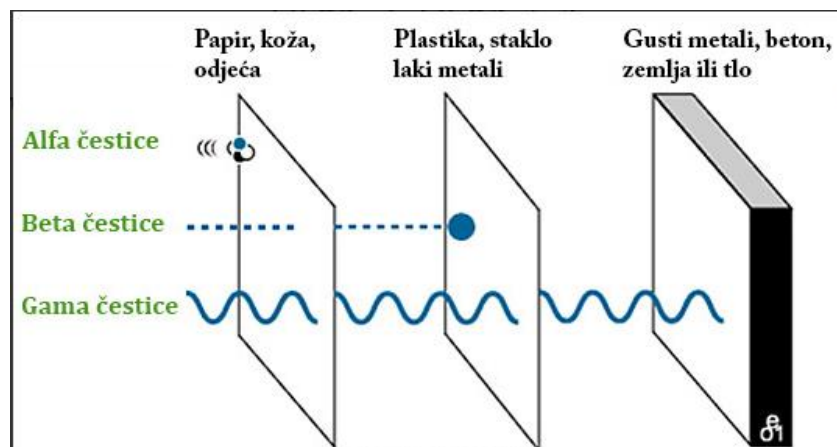
Slika 4.2. Vrste detektora[2]

## 4.3. Izvori radijacije

Prema slici 4.3. vidimo da se po izgledu baš i ne razlikuju ova dva izvora radijacije. Njihova glavna razlika je da se su napravljeni od različitih izotopa. Postoje dvije vrste izotopa cezij Cs 137 i kobalt Co 60. Izvor gama radijacije za cezij iznosi 0,6617 MeV, a za kobalt iznosi 1,25 MeV.



Slika 4.3. Vrste izvora radijacije[2]



**Slika 4.4. Prodornost zračenja[3]**

Prema slici 4.4. vidimo kako se određene radijacije mogu zaustaviti sa različitim materijalima.

Postupanje sa radioaktivnim otpadom strogo je uređeno nacionalnim i europskim propisima i međunarodnim konvencijama. U tu svrhu, zbrinjavanje radioaktivnog otpada mora osigurati odgovarajuću izolaciju otpada od okoliša. To se postiže primjerenom obradom i pakiranjem otpada koji se, u pravilu, najprije pod stalnim nadzorom čuva u skladištima, a potom trajno smješta u odlagališta. U odlagalištu će izgrađene barijere i prirodne barijere prikladne lokacije spriječiti migraciju radioaktivnih tvari u okoliš sve dok se njihova radioaktivnost ne umanjuje na razinu prirodne radioaktivnosti okolnog tla.[3]

#### **4.4. Konfiguracija uređaja**


Endress+Hauser omogućuju da svaki njihov mjerni uređaj se specificira po želji kupaca.

Prema slikama 4.4., 4.5. i 4.6. vidimo konfiguracije različitih uređaja za radiometrijsko mjerenje. Vidimo da za svaki uređaj nisu jednaki odabiri koji su potrebni za specifikaciju uređaja. Svaki uređaj ima dodatne mogućnosti.

Kućište FQG62		vrijeme	Radiometrija
71087045		10	Zakretni uklj./isklj. prekidač.
FGS			Zaštita protiv krađe.
<b>Potrebno</b>			Otpornost na vatru, 538oC/5 minuta.
015	Licenca:		Oblik otvora DN100 PN16 + 4" 150lbs.
020	Izvedba:		Kontrolno područje 3uSwh 1m:
040	Priređeno za punjenje izvorom zračenja:		Cs137 < 74GBq (2000mCi),
100	Priređeno za aktivnost izvora:		Co60 < 1.1GBq (30mCi).
200	Priređeno za tip kapsule izvora:		Kontrolno područje 7.5uSwh 1m:
210	Kontejner:		Cs137 < 185GBq (5000mCi),
220	Zaštita površine:		Co60 < 3.7GBq (100mCi).
240	Kut zračenja:		
250	Označavanje:		
<b>Izborno</b>			
570	>> Servis:		
580	>Test, certifikat:		
<b>Total</b>		<b>10</b>	




Slika 4.4. Konfiguracija kućišta[2]

<b>Gammapiilot FMG50</b>		<b>vrijeme</b>	Radiometrija	
<b>71401548</b>		10		
<b>FGA</b>			Scintilacijski kompaktni transmieter. Nukleonski, bezkontaktni. Aplikacija: razina/gustoća/točka razine/ koncentracija. Tekućina + krute tvari. Vođeno puštanje u rad.. :: Napajanje iz petlje. :: Trajno samonadziranje.	
<b>Potrebno</b>				
010	Odobrenje:			
020	Izlaz:			
030	Zaslon; Upravljanje:			
040	Kućište; Materijal:			
050	Električni spoj:			
060	Aplikacija:			
090	Dužina senzora; Materijal:			
<b>Izborno</b>				
540	>>Aplikacijski paket:			
570	>>Servis:			
580	>>Test, Certifikat, Deklaracija:			
590	>>Dodatni certifikati:			
<b>Total</b>		<b>10</b>		

Slika 4.5. Konfiguracija detektora[2]

<b>Gama izvor FSG60</b> <b>71087046</b> <b>FGV</b>		vrijeme	<b>Radiometrija</b> Izotop: Cezij 137. Kapsula: nehrđajući čelik, dvostruko valjani spojevi, otporna na hrđu. Upotreba: montaža u spremnik izvora zračenja. Proizvodnja izvora počinje nakon dobivanja valjane uvozne dozvole.
<b>Potrebno</b>			
100	<b>Aktivnost:</b>		
200	<b>Tip čahure:</b>		
<b>Izborno</b>			
640	<b>&gt;Pakiranje:</b>		
895	<b>&gt;&gt;Oznaka:</b>		
<b>Total</b>		0	



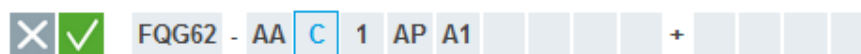
**Slika 4.6. Konfiguracija izvora radijacije[2]**

Prema ovim specifikacijama vidimo da nije odabrana nije jedna opcija za konfiguraciju uređaja. To vidimo prema tome što su sve opcije crvene, a kada se bilo koja opcija odabere ona primi zelenu boju što vidimo prema slici 4.7. Kada se odabere opcija ispod nje piše kako se zove ta opcija i koliko je dana potrebno odnosno za neke opcije je potrebno pitati da li se može napraviti ta opcija na tom uređaju.

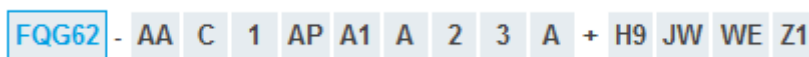
Prema slici 4.8. vidimo broj konfiguracije koji nam govori koje smo opcije odabrali. Ona polja koja su prazna nam govore da nisu još odabrane opcije za taj uređaj.

Kućište FQG62		vrijeme
71087045		10
FGS		
Potrebno		
015	Licenca:	
AA	Nije potrebna	
020	Izvedba:	
C	Lokot fiksiranje ON/OFF + rotacijski držač	
040	Priređeno za punjenje izvorom zračenja:	
1	Cezijum 137, molimo naručiti odvojeno	30
100	Priređeno za aktivnost izvora:	
AP	7.4GBq/200mCi	
200	Priređeno za tip kapsule izvora:	
A1	Spoj d=6,4x16mm, čahura VZ79-001	
210	Kontejner:	
220	Zaštita površine:	
240	Kut zračenja:	
250	Označavanje:	
Izborno		
570	>>Servis:	
580	>Test, certifikat:	
Total		30

Slika 4.7. Djelomična konfiguracija[2]



Slika 4.8. Broj konfiguracije[2]



Slika 4.9. Broj konfiguracije[2]

Prema slici 4.9. vidimo da su odabrane sve opcije za izradu uređaja i neke dodatne opcije koje vidimo poslije znaka plus. Prema slici 4.10. vidimo da su sve opcije poprimile zelenu boju što nam govori da su sve opcije odabrane i možemo otići na sljedeći korak kupovinu tog uređaja sa tom konfiguracijom.

Kućište FQG62		vrijeme
71087045		10
FGS		
020	<b>Izvedba:</b> C Lokot fiksiranje ON/OFF + rotacijski držač	
040	<b>Priređeno za punjenje izvorom zračenja:</b> 1 Cezijum 137, molimo naručiti odvojeno	
100	<b>Priređeno za aktivnost izvora:</b> AP 7.4GBq/200mCi	
200	<b>Priređeno za tip kapsule izvora:</b> A1 Spoj d=6,4x16mm, čahura VZ79-001	
210	<b>Kontejner:</b> A Čelik	
220	<b>Zaštita površine:</b> 2 PUR RAL 1003	
240	<b>Kut zračenja:</b> 3 20 stupnjeva	
250	<b>Označavanje:</b> A Njemački/Engleski	
<b>Izorno</b>		
570	<b>&gt;&gt; Servis:</b> H9 Special version, TSP-no. to be spec.	Pending
580	<b>&gt;Test, certifikat:</b> JW Test brisanja	
<b>NEXT</b>		<b>&gt;&gt;</b>
<b>Total</b>		<b>Pending</b>

Slika 4.10. Potpuna konfiguracija[2]

## 5. BERTHOLD

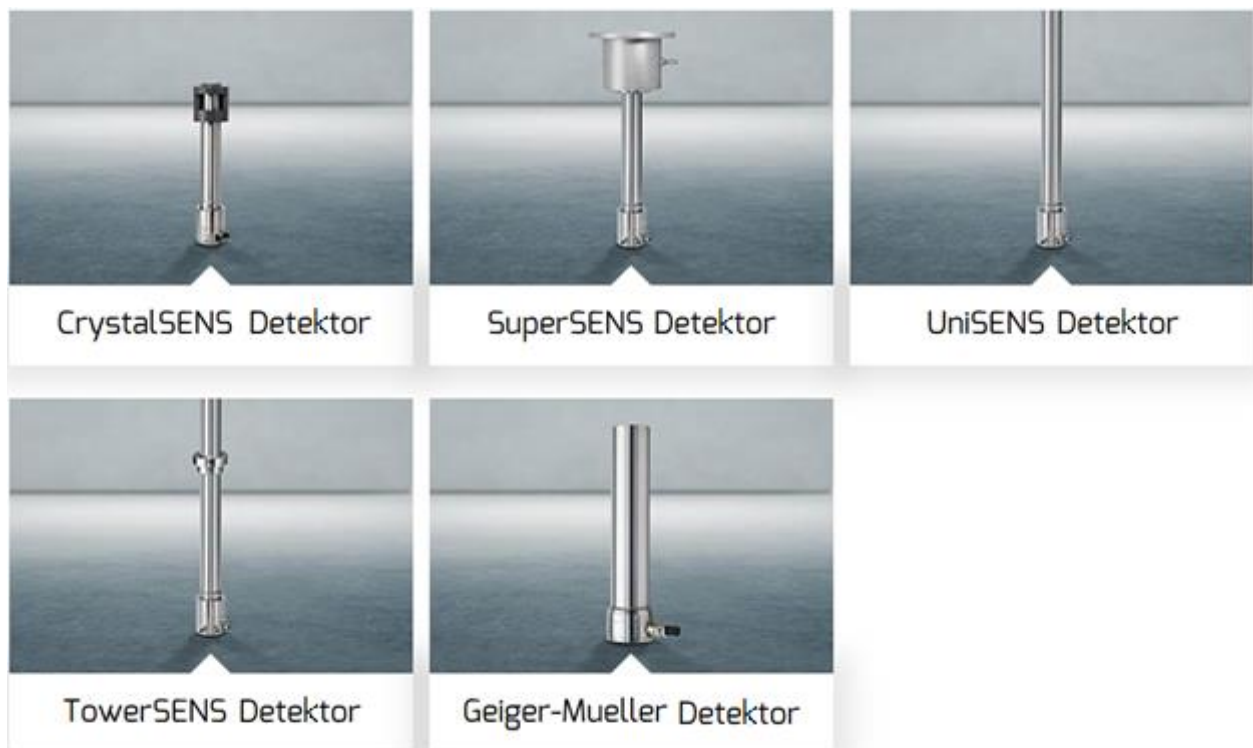
Kompanija Berthold proizvodi različite uređaje za mjerenje temperature, protoka, tlaka, razine tekućine i razne uređaje koji omogućuju komuniciranje sa tim uređajima.

Berthold proizvodi proizvode vezane za industriju i bio analitiku. Proizvodi za bio analitiku su nekakva računala koja služe za očitavanje nekih podataka.

Berthold proizvodi nekoliko vrsta detektora za radiometrijsko mjerenje. Postoje kućišta i radioaktivni elementi samo jedne vrste jer za kućište i radioaktivni element postoji samo jedna tipa tog uređaja.

### 5.1. Detektori

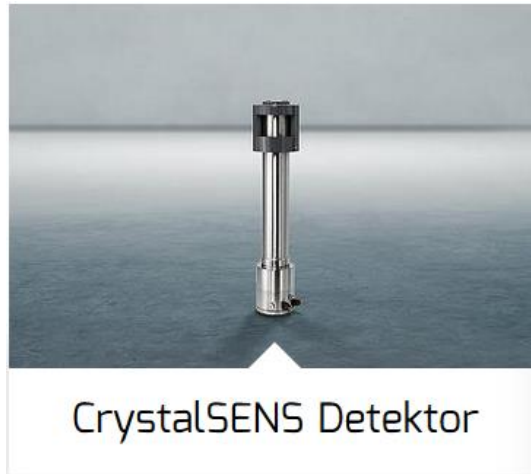
Kod njih postoji različite inačice detektora za različite primjene u industriji. Te različite inačice se razlikuju po tome što neke se primjenjuju tamo gdje su visoki spremnici do 8 metara, a neki se primjenjuju tamo gdje je potrebno mjeriti neku razinu do koje se treba puniti tekućina.



Slika 5.1. Vrste detektora[1]

Prema slici 5.1. vidimo različite inačice detektora koje se primjenjuju na različitim mjestima u industrijama.





**Slika 5.2. CrystalSENS detektor[1]**

Prema slici 5.2. vidimo CrystalSENS detektor koji se koristi za granice u spremnicima koje uključuju ili isključuju druge aktivnosti. Najviše se koristi za mjerenje gustoće. Ovaj detektor daje najbolju osjetljivost na gama zračenje i stoga može raditi s vrlo niskim izvorima radijacije. CrystalSENS detektor kompaktnog je dizajna i prikladan je za korištenje tamo gdje je ograničen prostor veličine.



**Slika 5.3. SuperSENS detektor[1]**

Prema slici 5.3. vidimo SuperSENS detektor sa svojom izvanrednom osjetljivošću omogućuju rad s iznimno niskim izvorom radijacije. Koristi se za mjerenje gustoće i mjerenje razine. Zbog

velike osjetljivosti SuperSENS detektor je u mogućnosti mjeriti spremnike sa debelim stjenkama gdje su ostali detektori zakazali ili trebaju raditi sa velikim izvorom radijacije.



**Slika 5.4. UniSENS detektor[1]**

Prema slici 5.4. vidimo UniSENS detektor koji može biti veličine od 0.5 do 2 metra visine. Zbog takve visine UniSENS detektor se koristi za mjerenje razine. Ako hoćemo pokriti još veće mjerno područje više UniSENS detektora se može staviti u kaskadu.



**Slika 5.5. TowerSENS detektor[1]**

Prema slici 5.5. vidimo TowerSENS detektor koji je specificiran za mjerenje dugačkih mjernih područja do 8 metara. TowerSENS detektor je puno ekonomičniji u odnosu na detektor koje stavljamo u kaskadu.



**Slika 5.6. Geiger-Mueller detektor[1]**

Prema slici 5.6. vidimo Geiger-Mueller detektor služi za jednostavno primjenu sklopke razine u industriji. Njegovo djelovanje je u brzini od 1,5 do 5 sekundi. Najisplativije je rješenje za primjenu sklopke.

## 6. RADIOMETRIJSKIH UREĐAJI U INDUSTRIJI

Radiometrijski uređaju se instaliraju u raznim industrijama neke od njih su; rafinerija, tvornice za proizvodnju metala, tvornice za proizvodnju šećera, nuklearne tvornice. Koriste se u onim industrijama gdje se koriste opasne tekućine kao što su stlačeni plinovi, tekući plinovi, zapaljive tekućine[12] koji mogu naštetiti ljudima. Radiometrijski uređaji svojim mjerenjem mogu proći kroz sve materijale koji se nalaze u nekoj industriji pa su po tom pitanju najsigurniji za mjerenje takvih tvari koje su štetne za ljudsko zdravlje.

Njihova primjena u industriji je od velike važnosti jer neki materijali koji se nalaze u spremnicima moraju biti u zatvorenim spremnicima jer ako ti spremnici imaju nekakve pukotine može doći do curenja otrovnih plinova i naštetiti ljudima koji rade u blizini takvih tvari.

Koriste se na visokim visinama gdje mjere gustoću u cijevima.



**Slika 6.1. Postavljanje radiometrijskog uređaja[2]**

Prema slici 6.1. vidimo kako se radiometrijski uređaj postavlja za mjerenje gustoće tekućine u cijevima. Vidimo da radnici sigurno postavljaju radiometrijski uređaj bez opasnosti od gama zračenja jer se gama zrake zadržavaju u kućištu gdje se nalazi radioaktivni element.



**Slika 6.2. Proučavanje rada radiometrijskog uređaja[2]**

Prema slici 6.2. vidimo kako radnici proučavaju kako radiometrijski uređaj radi te kojih se zaštitnih mjera treba pridržavati ako dođe da radnici trebaju popraviti uređaj.



**Slika 6.3. Primjena radiometrijski uređaja na raznim oblicima spremnika[2]**

Prema slici 6.3. vidimo da se radiometrijski uređaji koriste i na raznim oblicima spremnika. Služe za očitavanje da li je materijal kao što je beton ili nešto slično zapelo na dnu posude gdje se nalazi otvor koji služi da materijal curi kroz taj otvor, ako se otvor začepi koristi se zrak kako bi se pročistio otvor i nastavio normalan rad.

## 7. ZAKLJUČAK

Radiometrijski uređaji služe za mjerenje razine tekućine u spremnicima u industrijskoj proizvodnji. Koriste se na onim mjestima gdje se ostali uređaji za mjerenje razine tekućine ne mogu koristiti zbog prevelikih temperatura ili zbog prevelikih tlakova. Radiometrijski uređaji su štetni za ljudsko zdravlje jer rade na principu gama radijacije. U završnom radu se vidi koji su dijelovi potrebni da bi se koristio princip radiometrijskog mjerenja. Prikazana je usporedba radiometrijskih i konvencionalnih mjerenja te su prikazani rezultati usporedbe mjerena prema parametrima točnosti, temperature medije i tlaka. Vidimo da radiometrijske uređaje proizvode dva proizvođača Endress+Hauser i Berthold. Svaki proizvođač je drugačiji, ali u biti su jednaki po uređajima koje proizvode. Endress+Hauser proizvodi uređaje kako ih je kupac specificirao jer oni omogućuju da se svaki proizvod još može dodatno specificirati po želji kupaca. Za razliku od Endress+Hausera, Berthold ne podržava da kupci specificiraju proizvode jer njihovi proizvodi već u sebi sadrže sve potrebne specifikacije. Na kupcu ostaje odabir proizvođača prema vlastitim potrebama. U radu je prikazana i objašnjena primjena radiometrijskih uređaja u industriji.

## 8. LITERATURA

- [1] Berthold, radiometric measurements. Dostupno na: <https://www.berthold.com/en/> (30.08.2020.)
- [2] Endress+Hauser, flow, level, liquid analysis, pressure, temperature measurement. Dostupno na: <https://www.endress.com/en> (30.8.2020.)
- [3] Radioaktivni otpad. Dostupno na: <https://radioaktivniotpad.org/> (03.9.2020.)
- [4] Zdravko Valter, Procesna mjerenja, Elektrotehnički fakultet Osijek, Osijek 2008.
- [5] Henri Becquerel. Dostupno na [https://hr.wikipedia.org/wiki/Antoine\\_Henri\\_Becquerel](https://hr.wikipedia.org/wiki/Antoine_Henri_Becquerel) (02.07.2020)
- [6] Elektromagnetsko zračenje. Dostupno na: [https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetsko\\_zra%C4%8Denje](https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetsko_zra%C4%8Denje) (02.7.2020.)
- [7] Radiometric Measurements and Practical Applications. Dostupno na: <https://www.avantes.com/applications/application/item/1280-radiometric-applications-and-radiometry> (17.9.2020)
- [8] Radiometry. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/radiometry> (17.9.2020)
- [9] Radiometric Measurement. Dostupno na: <https://www.newport.com/n/radiometric-measurement> (17.9.2020)
- [10] Karen Reinhardt, Werner Kern, Handbook of Silicon Wafer Cleaning Technology (Second Edition), William Andrew, New York, 2008.
- [11] Mac E. Van Valkenburg, Wendy M. Middleton, Reference Data for Engineers (Ninth Edition), Newnes, Boston Oxford Johannesburg Melbourne New Delhi, 2001.
- [12] Klase opasnih tvari. Dostupno na: <https://centarznr.hr/strucni-clanci/hrvatska/klase-opasnih-tvari> (20.9.2020.)



## **SAŽETAK**

U ovom završnom radu bazirao sam se na radu radiometrijskih uređaja. Opisani su svi važni dijelovi za rad radiometrijskih uređaja. Radiometrijske uređaje čine radioaktivni izotop, kućište, detektor. Radiometrijski uređaji su uređaji koji rade na principu gama zračenja. Radiometrijsko mjerenje je mjerenje pomoću radioaktivnih tvari, koriste se radioaktivni izotopi; Cezij CS 137 i kobalt Co 60. Radiometrijski uređaji primjenjuju se još od davne 1896. godine. Značajna osoba u otkrivanju upotrebe radiometrijskih uređaja je Henri Bequerel. Kalibracija prilikom upotrebe radiometrijskih uređaja potrebna je kako bi se smanjilo štetno vanjsko djelovanje na uređaj zbog reakcije s gama zračenjem kako izbjeglo oslabljeni učinak. Prilikom rada radiometrijskih uređaja može doći do slučajne pogreške često uzrokovane ljudskim faktorom te sistematske pogreške nastale zbog neispravnosti mjernih uređaja. Među proizvođačima radiometrijskih uređaja poznajemo Endress+Hauser i Berthold.

Ključne riječi: radiometrija, radiometrijski uređaji, detektor, Berthold, Endress+Hauser, gama zrake.

## **APPLICATION OF RADIOMETRIC SENSORS FOR LEVEL MEASUREMENT IN INDUSTRY**

### **ABSTRACT**

In this final paper work was based on the work of radiometric devices. All relevant parts for the operation of radiometric devices are described. Radiometric equipment consists of radioactive isotopes, casing, detection. Radiometric apparatus are devices operating on gamma radiation. Radiometric measurement is the measurement of the use of radioactive particles, radioactive isotopes; Cesium CS 137 and Cobalt Co 60 shall be used. Radiometric equipment has been applied since back in 1896. A significant person in detecting the use of radiometric equipment is Henri Bequerell. Calibration for the use of radiometric equipment is necessary to reduce harmful external action to a device due to reaction with gamma radiation to avoid a weakened effect. In the operation of radiometric equipment, accidental failures may occur often caused by the human factor and the systematic errors caused by malfunction of the measuring devices. Between manufacturers of radiometric equipment, we know Endress+Hauser and Berthold.

Keywords: radiometric, radiometric device, detector, Berthold, Endress+Hauser, gamma radiation.

## **ŽIVOTOPIS**

Edo Vanjek rođen 07. srpnja 1998. godine u Virovitici. Živi u mjestu Grubišno Polje. Završio Srednju školu Bartola Kašića, smjer Tehničar za računalstvo u Grubišnom Polju 2017. godine. Nakon završetka srednje škole 2017. godine upisuje se na Preddiplomski stručni studij Elektrotehnike, smjer Automatika na Fakultetu elektrotehnike, računalstva i informacijskih tehnologija u Osijeku. Stručnu praksu obavljao je u SELK-u Kutina 2020. godine.