

**Državni zavod za radiološku i  
nuklearnu sigurnost**

**Uputa za izradu priručnika za provedbu  
provjere kvalitete kalibratora aktivnosti**

# **Uputa za izradu priručnika za provedbu provjere kvalitete kalibratora aktivnosti**

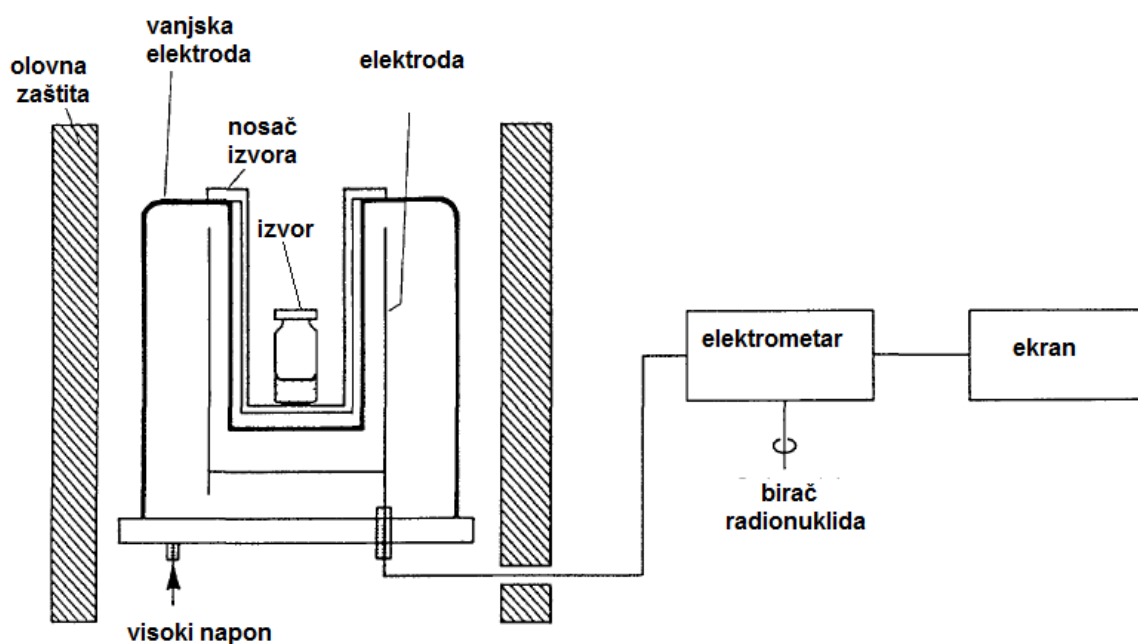
## **Sadržaj:**

Sadržaj: .....	1
1. Kalibrator aktivnosti.....	2
2. Cilj ispitivanja, učestalost ispitivanja i popis mjerila/uređaja koji se koriste .....	4
3. Analiza podataka, uvid odgovorne osobe u rezultate ispitivanja i prikladnost uređaja za kliničku uporabu .....	4
4. Parametri koji se kontroliraju, tolerancija i učestalost kontrole .....	6
5. Literatura .....	7
6. Radni postupci .....	8
6.1 Vizualni pregled uređaja .....	8
6.2 Provjera visokog napona .....	8
6.3 Podešavanje „nule“ .....	8
6.4 Provjera pozadinskog zračenja .....	9
6.5 Provjera preciznosti i postojanosti .....	9
6.6 Provjera kontaminacije .....	11
6.7 Provjera ponovljivosti .....	12
6.8 Test linearnosti .....	12
6.9 Test geometrije mjerenja .....	14

## 1. Kalibrator aktivnosti

Kalibrator aktivnosti je instrument za mjerenje radioaktivnosti u „vrućem“ laboratoriju gdje se radionuklidi pripremaju i injiciraju pacijentima. Osim kalibratora opće namjene (za Tc99m, I131, TI201 ...) postoje i kalibratori za PET i beta emitere. Kalibrator se sastoji od ionizacijske komore u obliku cilindra s udubinom (well-type) u koju stavljamo radioaktivni izvor čiju aktivnost želimo izmjeriti. Ionizacijska komora je punjena plinom (argon, ksenon) pod određenim tlakom (od 1-2MPa) i ima dvije ili više elektroda. Zračenje iz izvora ionizira plin u komori proizvodeći primarne ione. Da nebi došlo do rekombinacije iona napon između elektroda je od 500-1000V. Ioni se skupljaju na katodi odnosno anodi i dobiva se električna struja čija je veličina proporcionalna aktivnosti uzorka. Omjer dobivene struje i aktivnosti uzorka naziva se faktor kalibracije (ili faktor umjeravanja) za određeni radionuklid.

Ionizacijska komora spojena je s upravljačkim modulom, tipkovnicom i ekranom preko kojeg se upravlja uređajem (Slika 1.).



**Slika 1.** Shema kalibratora aktivnosti.

Na tipkovnici je moguće odabrati mjernu jedinicu za aktivnost radioaktivnog izvora, Bequerel (Bq) ili Curie (Ci) i birati vrstu radionuklida. Mjerenje aktivnosti radioaktivnih materijala ovisi o karakterističnim emisijama za određeni radionuklid. Razlike u emisijama između različitih radionuklida računaju se korištenjem različitih postavki biranja (faktor kalibracije) koji je za

većinu radionuklida preporučeno od proizvođača i nalazi se u memoriji uređaja. Pored kalibriranja instrumenta za određeni radionuklid od interesa, također je potrebno korigirati vrijednosti za različite tipove kontejnera koji se koriste za mjerenje ovisno o vrsti materijala i volumenu.

Zbog točnosti mjerenja dobro je ionizacijsku komoru dodatno zaštititi olovnim ciglama.

Temperatura u prostoriji za vrijeme rada instrumenta treba biti od +10 do +30°



**Slika 2.** Primjeri kalibratora aktivnosti.

## **2. Cilj ispitivanja, učestalost ispitivanja i popis mjerila/uređaja koji se koriste**

### **CILJ**

Definirati proces kontrole kvalitete kalibratora aktivnosti: metode, potrebnu opremu, način i učestalost obavljanja procedura. Time se osigurava da se bolesnicima aplicira točno određena radioaktivnost i da značajke uređaja budu, do na propisane granice prihvatljivosti, jednake onima prilikom primopredaje uređaja.

### **UČESTALOST ISPITIVANJA**

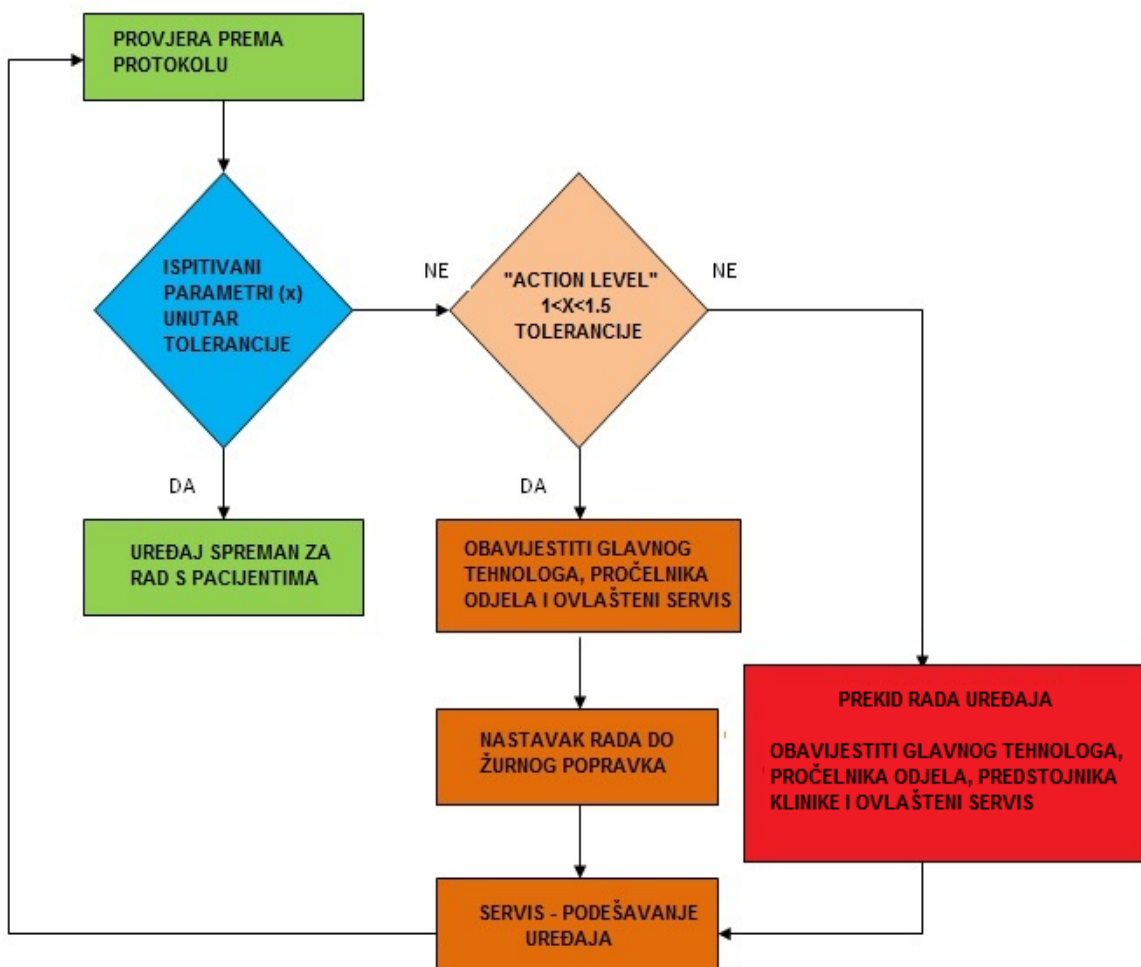
Prema učestalosti procedure su podijeljene na dnevne, tromjesečne i godišnje.

### **POPIS MJERILA/UREĐAJA KOJI SE KORISTE**

- testni radioaktivni izvori Ba133, Cs137 i Co57
- šprice i bočice

## **3. Analiza podataka, uvid odgovorne osobe u rezultate ispitivanja i prikladnost uređaja za kliničku uporabu**

Analizu podataka izvode fizičari. U slučaju da je odstupanje nekog od ispitivanih parametara izvan propisane granice prihvatljivosti postupiti po uputama danim u procesnom dijagramu:



#### 4. Parametri koji se kontroliraju, tolerancija i učestalost kontrole

Pravilnikom su propisane provjere:

PARAMETAR	Prijemni test	Referentni test	GRANICE DOPUŠTENIH ODSTUPANJA	Učestalost ispitivanja		
				dnevno	trmesečno	godišnje
Vizualni pregled	x	x	Ispravan rad	x	x	x
Provjera visokog napona	x	x	140-155V ili vrijednost proizvođača	x	x	x
Podešavanje „nule“	x	x	<0.02GBq ili vrijednost proizvođača	x	x	x
Provjera pozadinskog zračenja	x	x	<± 0,02MBq	x	x	x
Test preciznosti i postojanosti	x	x	± 2-5%	x	x	x
Test kontaminacije	x	x	<0.1MBq	x	x	x
Provjera ponovljivosti	x	x	±5%		x	x
Test linearnosti	x	x	±5%			x
Test geometrije mjerenja	x	x	±5%			x

## **5. Literatura**

1. Pravilnik o uvjetima i mjerama zaštite od ionizirajućeg zračenja za obavljanje djelatnosti s radioaktivnim izvorima NN - 41/2013.
2. EANM Guidelines: Acceptance Testing for Nuclear Medicine Instrumentation (2010)  
Routine Quality Control Recommendations for Nuclear Medicine Instrumentation (2010)
3. IAEA Quality control of nuclear medicine instruments 1991.
4. The Selection, Use, Calibration, and Quality Assurance of Radionuclide Calibrators Used in Nuclear Medicine, Report of AAPM Task Group 181, American Association of Physicists in Medicine, June 2012.
5. The Science of Measurement: a Primer of Radioactivity Dose Calibrators, Volume 15, Lessons 4. Candelaria G., Irwin D. 2010.



## 6. Radni postupci

### 6.1 Vizualni pregled uređaja

Kalibrator aktivnosti treba vizualno pregledati prije svakog početka rada. Potrebno je provjeriti da nije došlo do mehaničkog oštećenja nosača izvora i plastičnog uloška. Pregledati ekran, tipkovnicu, prekidače i kablove. Ustanoviti prisutnost korisničkog priručnika i uputa za održavanje uređaja.

Stanje uređaja	pravilno / nepravilno
----------------	-----------------------

**Kriterij prihvatljivosti:** ispravnost stanja uređaja.

### 6.2 Provjera visokog napona

Uključiti uređaj preko glavnog prekidača i pričekati da se postigne radna temperatura. Potrebno je provjeriti vrijednost napona i usporediti sa propisanim vrijednostima danim od strane proizvođača. Slijediti upute proizvođača. Kod niskih vrijednosti aktivnosti, malo odstupanje u naponu imat će mali utjecaj na mjerenje. Dok isto odstupanje u naponu u slučaju većih aktivnosti može značajno utjecati na mjerenje

**Kriterij prihvatljivosti:** 140-155V ili vrijednost proizvođača.

Napon (V)	
-----------	--

### 6.3 Podešavanje „nule“

Ova provjera se radi po uputama proizvođača. Potrebno je provjeriti da je na ekranu prikazana „nula“ kad nema izvora radioaktivnosti. Spremiti vrijednost „nule“ prije početka rada sa uređajem. Odstupanje u vrijednosti „nule“ upućuje na kvar kalibratora aktivnosti.

Kriterij prihvatljivosti:  $< 0.02 \text{ GBq}$  ili vrijednost proizvođača.

Vrijednost „nule“ (GBq)	
-------------------------	--

#### 6.4 Provjera pozadinskog zračenja

Za ovu provjeru potrebno je odabrati dovoljno dugo vrijeme mjerenja. Vrijednost pozadinskog zračenja potrebno je mjeriti i zabilježiti na dnevnoj bazi. Kriterij prihvatljivosti se određuje serijom mjerenja tokom prihvata uređaja. Za vrijeme provjere pozadinskog zračenja nosač izvora treba biti unutar ionizacijske komore.

Vrijednost pozadinskog zračenja veća od tolerancije ukazuje na kontaminaciju komore/plastičnog nosača izvora/plastičnog uloška ili na prisutnost neželjenog izvora u blizini uređaja.

Kriterij prihvatljivosti:  $< \pm 0.02 \text{ MBq}$

Osnovno zračenje (MBq)	
------------------------	--

#### 6.5 Provjera preciznosti i postojanosti

Provjera služi za kontrolu rada kalibratora aktivnosti i provjere ispravnosti očitavanja za niske, srednje i visoke energije. Za provjeru se koriste standardni testni izvori radioaktivnosti Co57, Ba133 i Cs137 koji se pohranjuju u za to predviđeni olovni sef (Slika 3). Podaci, tj. aktivnost na dan kalibracije izvora, kod novijih kalibratora, pohranjuju se u memoriju uređaja. Jutarnjom kontrolom kalibrator automatski izračunava aktivnost testnih izvora. (Tablica 1).



Slika 3. Testni izvori radioaktivnosti Co57, Ba133 i Cs137 i olovni sef.

**Tablica 1.** Primjer skupa podataka o testnim izvorima radioaktivnosti koji se koriste za provjeru preciznosti i postojanosti kalibratora.

radionuklid	max aktivnost	vrijeme poluraspada $T_{1/2}$	namjena
Co-57	370 MBq	271.8 dana	testiranje kalibratora aktivnosti u obliku bočice
Ba-133	9 MBq	10.5 godina	testiranje kalibratora aktivnosti u obliku bočice
Cs-137	9,4 MBq	30.17 godina	testiranje kalibratora aktivnosti u obliku bočice

Vrijednosti aktivnosti raznih kalibriranih izvora mogu se izračunati iz slijedećih izraza i na taj način provjeriti izračun kalibratora:

$$A = A_0 e^{-\lambda t} ; \quad A = \frac{A_0}{2^{t/T_{1/2}}}$$

gdje je  $A$  tražena radioaktivnost,  $A_0$  početna aktivnost na dan kalibracije (proizvodnje),  $\lambda$  konstanta radioaktivnog raspada,  $T_{1/2}$  vrijeme poluraspada za određeni radionuklid i  $t$  vrijeme koje je prošlo od dana kalibracije do mjerenja.

**Kriterij prihvatljivosti:**  $\pm 2$ -5% odstupanja između izračunate i izmjerene vrijednosti.

Provjera preciznosti	
Izvor: <b>Ba 133</b>	
Izračunata aktivnost (MBq)	
Izmjerena aktivnost (MBq)	
Odstupanje	
Izvor: <b>Cs 137</b>	
Izračunata aktivnost (MBq)	
Izmjerena aktivnost (MBq)	
Odstupanje	
Izvor: <b>Co 57</b>	
Izračunata aktivnost (MBq)	

Izmjerena aktivnost (MBq)	
Odstupanje	

## 6.6 Provjera kontaminacije

Provjera kontaminacije se provodi na kraju radnog dana ili kada postoji sumnja na kontaminaciju kalibratora, npr. uočava se povećana aktivnost na ekranu, a izvor nije u komori. Na početku kontrole provjeriti da nema izvora u nosaču. Odabrati  $^{60}\text{Co}$  i zatim izmjeriti aktivnost. Zapisati aktivnost (a). Nakon toga izvaditi nosač i ponovno izmjeriti i zapisati aktivnost (b).

Vrijednost kontaminacije u nosaču dobiva se oduzimanjem dviju izmjerenih aktivnosti (a-b). Izvaditi uložak i zapisati aktivnost (c). Aktivnost (c) oduzeti od predhodne vrijednosti [(a-b)-c]. To je kontaminacija uložka.

Ako je kontaminacija veća od  $0.1\text{MBq}$  ( $3\ \mu\text{Ci}$ ) tada je potrebno promijeniti plastični nosač i/ili uložak u kalibratoru (Slika 4). Kalibrator je izoliran vlastitim olovnim štitom i dodatno olovnim ciglama kako na mjerenje ne bi utjecala aktivnost iz okoline.



Slika 4. Kalibrator: plastični uložak i nosač.

**Kriterij prihvatljivosti:** vrijednost kontaminacije ne smije biti veća od  $0.1\text{MBq}$  ( $3\ \mu\text{Ci}$ ).

Vrijednost kontaminacije	
--------------------------	--

### 6.7. Provjera ponovljivosti

Provjera služi za kontrolu reproducibilnosti očitavanja uređaja. Za provjeru se koristi jedan testni izvor. Mjerenje se ponavlja pet puta. Vrijednosti se bilježe i izračunava se aritmetnička sredina izmjerenih vrijednosti i odstupanje.

<b>Izmjerene vrijednosti (<math>\mu\text{Ci}</math>)</b>	
<b>Srednja vrijednost (<math>\mu\text{Ci}</math>)</b>	
<b>Maksimalno odstupanje (%)</b>	

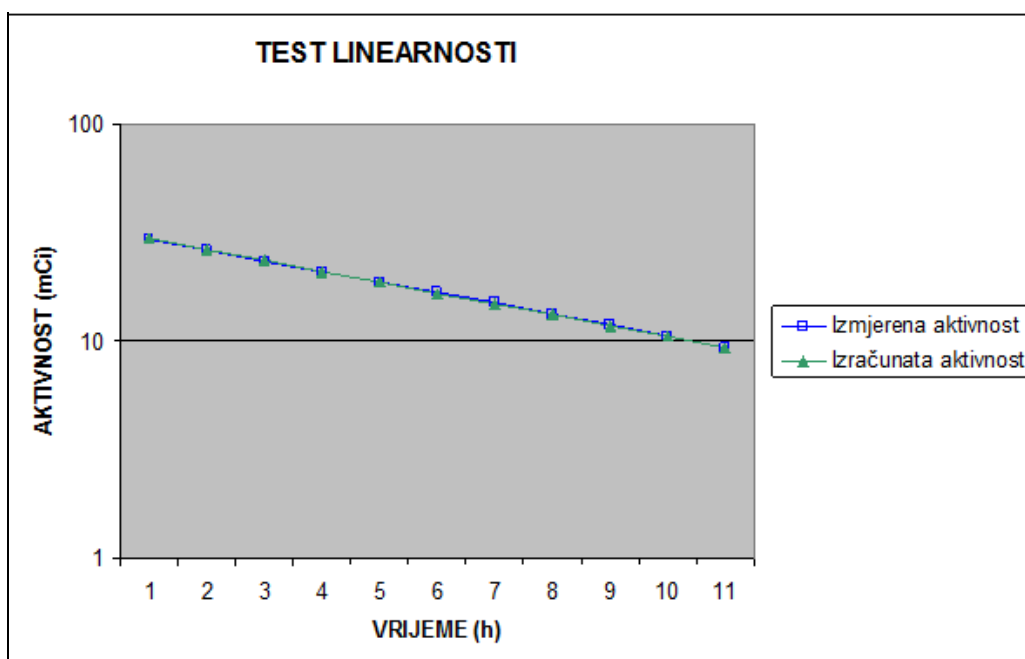
**Kriterij prihvatljivosti:** maksimalno odstupanje ne smije prelaziti  $\pm 5\%$ .

### 6.7 Test linearnosti

Provjera služi za provjeru pravilnog rada kalibratora aktivnosti. Protrebno je provjeriti da je vrijednost očitavanja uređaja linerna za izvore različitih aktivnosti. Jednostavan način provjere je tzv. test radioaktivnim raspadom (decay metod). U tu svrhu je potrebno ujutro uzeti špricu s pripremljenom aktivnosti od 925 -1110 MBq (25-30 mCi) Tc99m. U određenim vremenskim intervalima (npr. svakih sat vremena) izmjeriti aktivnost (u MBq i mCi) i zapisati u tablicu, dok aktivnost ne padne ispod 3.7MBq. Za svaku vrijednost izračunati aktivnost prema gornjem izrazu. Na semi logaritamskom papiru na X-osi staviti vrijeme, na Y-osi aktivnost i grafički analizirati rezultate (Slika 5).

**Kriterij prihvatljivosti:** dozvoljeno je odstupanje od  $\pm 5\%$

Vrijeme	Izmjerena aktivnost (MBq)	Izmjerena aktivnost (mCi)	Izračunata aktivnost (mCi)	Odstupanje (%)
1 (8h)				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

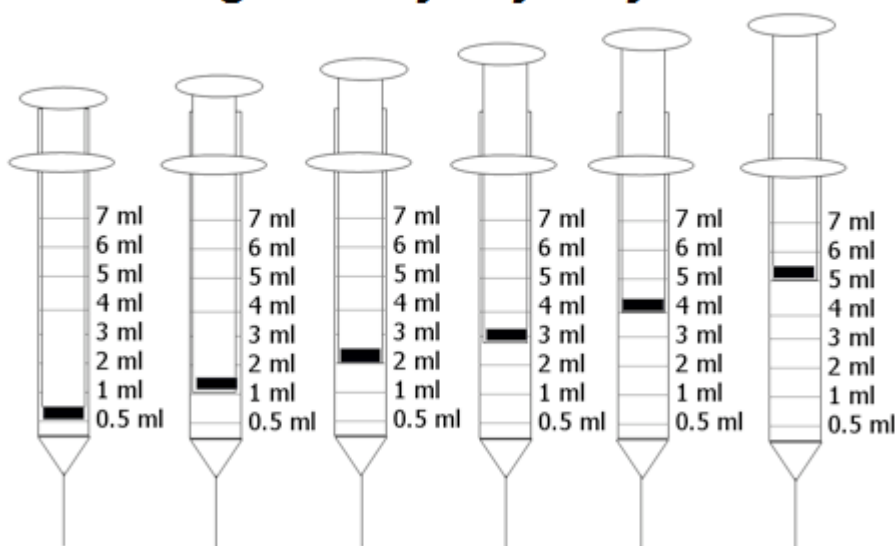


Slika 5. Primjer grafičkog prikaza linearnosti kalibratora aktivnosti.

## 6.8 Test geometrije mjerenja

Ovom provjerom ispituje se kolika je ovisnost mjerenja o obliku i veličini radioaktivnog izvora koji se mjeri. Test je potrebno napraviti nakon svakog popravka uređaja. Potrebno je obaviti mjerenja s različitim bočicama koje se koriste, npr. 10ml, 20ml, 30ml, kao i sa špicama različitih volumena. Ispitivanje neovisnosti o geometriji izvora najčešće se izvodi tako da špicu određene veličine napunimo s radioaktivnosti 555-925MBq Tc99m volumena 0.5 ml. Zatim je potrebno aktivnost razrijediti do 1ml, zatim 2ml, ..., 7 ml kako bi se dobili volumno različiti uzorci radioaktivnosti koji se trebaju izmjeriti (Slika 6). Dobiveni rezultati mjerenja se uspoređuju i potrebno je izračunati odstupanje.

### Test geometrije mjerenja



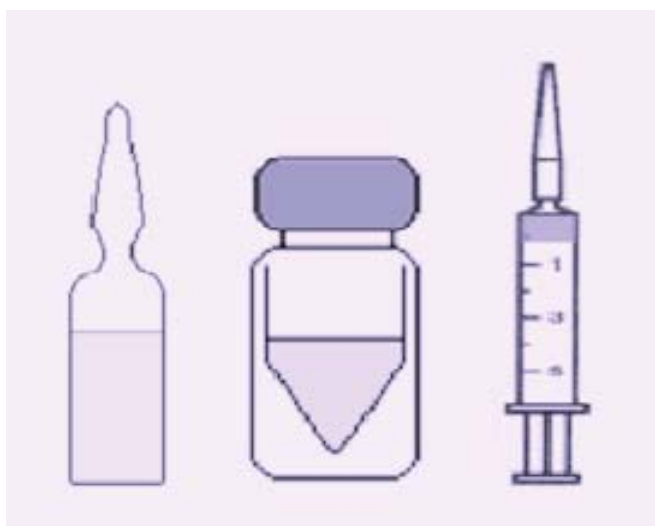
Slika 6. Uzorci volumena šprica za test geometrije mjerenja.

VOLUMEN UZORKA Šprica	IZMJERENA AKTIVNOST (MBq)	VOLUMEN UZORKA Bočica	IZMJERENA AKTIVNOST (MBq)
0.5ml		0.5ml	
1ml		1ml	
2ml		2ml	
3ml		3ml	
4ml		4ml	
5ml		5ml	

6ml		6ml	
7ml		7ml	
Maksimalno odstupanje		Maksimalno odstupanje	

**Kriterij prihvatljivosti:  $\pm 5\%$**

Također je potrebno provjeriti mjerenja izvora određene aktivnosti i volumena za različite vrste bočica i šprica (staklo, plastika) i odrediti koeficijente kalibracije (Slika 7.). Dobivena mjerenja primjeniti u svakodnevnom radu.



**Slika 7.** Različite vrste spremnika