Kontrola kvalitete radiografskih uređaja

Valentić, Marko

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split / Sveučilište u Splitu**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:176:814565

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-27**

Sveučilišni odjel zdravstvenih studija
SVEUČILIŠTE U SPLITU

Repository / Repozitorij:

Repository of the University Department for Health Studies, University of Split

zir.nsk.hr

UNIVERSITY OF SPLIT

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTA U SPLITU
Podružnica
SVEUČILIŠNI ODJEL ZDRAVSTVENIH STUDIJA
DIPLOMSKI STUDIJ
RADIOLOŠKA TEHNOLOGIJA

Marko Valentić

KONTROLA KVALITETE RADIOGRAFSKIH UREĐAJA

Diplomski rad

Split, 2022.

SVEUČILIŠTA U SPLITU
Podružnica
SVEUČILIŠNI ODJEL ZDRAVSTVENIH STUDIJA
DIPLOMSKI STUDIJ
RADIOLOŠKA TEHNOLOGIJA

Marko Valentić

KONTROLA KVALITETE RADIOGRAFSKIH UREĐAJA
QUALITY CONTROL OF RADIOGRAFIC DEVICES

Diplomski rad/Master's Thesis

Mentor:
Doc. dr. sc. Ivana Štula

Split, 2022.

SAŽETAK

U ovome radu ponajprije ću se baviti postupcima propisanim Zakonom i pravilnicima, te mišljenjima struke vezanim za provjeru kvalitete radiografskih uređaja. Svrha rada je pokazati da je posebno reguliranim postupcima osigurana kvaliteta radiografskih uređaja putem postupka provjere kvalitete. Osiguranje kvalitete, a samim time i provjera kvalitete kao sastavnog dijela osiguranja kvalitete radiografskih uređaja nužna je zbog unaprjeđenja kliničkih rezultata, održavanja standarda usluge, smanjenje ozračenja i na kraju udovoljavanja pozitivnim propisima.

Razni parametri poput uređaja i opreme, dopuštenih odstupanja, izvora zračenja ili rokova koji se ispituju prilikom provjere kvalitete izvora ionizirajućeg zračenja propisani su raznim zakonskim i podzakonskim regulativama. Nositelj odobrenja provjere kvalitete koji je dužan reagirati u slučaju da se utvrdi ne udovoljavanje propisanim zahtjevima kvalitete ujedno i vodi brigu o poštivanju spomenutih regulativa.

Kako bi se proces provođenja provjere kvalitete odradio u skladu sa zakonskim propisima i pravilima struke, klinički bolnički centri i ostale institucije propisuju pravilnike kojima su jasno naznačene odgovorne osobe, vremenski okviri provjera, parametri i dopuštenja odstupanja. Upravo je teorijski i praktični izgled navedenoga ono o čemu će biti govora u nastavku rada.

ABSTRACT

In this Masters thesis I will primarily deal with the procedures prescribes by law and regulations and the opinions of the profession related to quality control of radiographic devices. The purpose of this theses is to show that specially regulated porcedures ensure the quality of radiografic devices throught the quality control procedure. Quality assurance, over time, and quality control as an integral part pf ensuring quality radiographic devices are necessary due to improvements of clinical results, maintenance of service standards, reduction of radiation and ultimately compliance with positive regulations.

The parameters that are tested as part of the quality control of ionizing radiation sources, devices and equipment, the limits of permissible deviations and the test deadlines for certain parameters are prescribed by the Ordinance on conditions and measures of protection against ionizing radiation for performing activities with sources of ionizing radiation (Official Gazette 53/18).

The aforementioned is taken care of by the holder of the quality control approval, who is also obliged to react in the event that non-compliance with the prescribed quality requirements is determined.

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. IONIZIRAJUĆE ZRAČENJE 2
2.1. VRSTE I NASTANAK IONIZIRAJUĆEG ZRAČENJA 2
2.2. IZVORI IONIZIRAJUĆEG ZRAČENJA 3
2.3. MJERENJE ZRAČENJA I MJERNE JEDINICE 4
2.4. INSTRUMENTI ZA MJERENJE ZRAČENJA 4
2.5. KLASIČNI RTG UREĐAJI I DIGITALNI RECEPTORI U RADIOLOGIJI 5
2.5.1. Kontrola kvalitete filma 7
2.5.2. Kontrola kvalitete digitalnog receptora 8
2.6. DOZVOLJENE KOLIČINE ZRAČENJA 9
2.7. OSIGURANJE KVALITETE 10
3. PROVJERA KVALITETE RADIOGRAFSKOG UREĐAJA 11
3.1. FANTOM ZA PROVJERU KVALITETE 12
3.2. MULTIMETAR 13
3.3. UČESTALOST PROVJERE KVALITETE 14
3.3.1. Dnevna 15
3.3.2. Mjesečna 15
3.3.3. Godišnja 20
3.4. OSOBE ZADUŽENE ZA PROVOĐENJE KVALITETE 21
3.4.1. Radiološki tehnolog 21
3.4.2. Medicinski fizičar 22
3.4.3. Serviser 22
3.5. KONTROLA KVALITETE RENDGENSKOG UREĐAJA 22
3.5.1. Podudaranje polja zračenja i svjetlosnog polja 22
3.5.2. Vrijeme ekspozicije 24
3.5.3. Kolimacija 24
3.5.4. Rešetka 25
3.5.5. Testovi za jakost struje 27
3.5.6. AEC senzori 30
3.5.7. Testovi kontrole napona rendgenske cijevi 33
3.5.8. Kontrola filtracije rendgenskog snopa- debljina poluapsorpcije HVL (half value layer) 35
3.5.9. Razlučivost 37
3.5.10. Zacrnjenje 41
4. DNEVNA, MJESEČNA I GODIŠNJA KONTROLA KVALITETE ZA DIGITALNU RADIOGRAFIJU NA PRIMJERU KBC OSIJEK 43
4.1. DNEVNA KONTROLA KVALITETE ZA DIGITALNU RADIOGRAFIJU NA PRIMJERU KBC OSIJEK 43

4.1.1. Cilj ... 43
4.1.2. Učestalost ispitivanja i davanje na uvid mjerenih podataka ... 43
4.1.3. Parametri koji se kontroliraju i učestalost kontrole ... 44
4.1.4. Artefakti i rešetka ... 44
4.1.5. Ponovljivost doznog indeksa ... 46
4.2. MJESEČNA KONTROLA KVALITETE ZA DIGITALNU RADIOGRAFIJU NA PRIMJERU KBC OSIJEK 48
4.2.1. Parametri koji se kontroliraju, način i učestalost kontrole ... 48
4.2.2. Radni postupci mjesečne kontrole kvalitete ... 49
4.3. GODIŠNJA KONTROLA KVALITETE ZA DIGITALNU RADIOGRAFIJU NA PRIMJERU KBC OSIJEK 55
4.3.1. Ambijentalno svjetlo ... 57
4.3.2. Kalibracija monitora ... 57
4.3.3. Geometrijsko iskrivljenje (distorzija) ... 58
4.3.4. Difuzna i spekularna refleksija ... 59
4.3.5. Provjera odziva svjetline ... 60
4.3.6. Jednoličnost osvijetljenosti monitora ... 61
4.3.7. Rezolucija (samo za CRT monitore) ... 62
4.3.8. Šum ... 63
4.3.9. Veiling glare ... 64
4.3.10. Uniformnost ... 65
4.3.11. Opća provjera ... 66
4.3.12. Subjektivna provjera usklađenosti monitora ... 68
4.4. OSTALI TESTOVI ... 68
5. ZAKLJUČAK ... 70
POPIS KRATICA ... 74
POPIS TABLICA ... 75
POPIS SLIKA ... 76

1. UVOD

Danas, kada je znanost toliko napredovala da nam njezina dostignuća spašavaju živote dajući toliko precizne dijagnoze koje su samo prije nekoliko desetaka godina skoro pa bile nezamislive. Danas, gotovo da je nemoguće zamisliti život bez radioloških i nuklearnih djelatnosti, a posebice u medicinskoj dijagnostici gdje se prve naznake teških bolesti upravo dijagnosticiraju putem radiografskih uređaja. Koliko god ionizirajuće zračenje nalazi primjenu u današnjoj medicini trebamo imati na umu sigurnost i provjeru tih uređaja koji unatoč tome što spašavaju živote uz zanemarivanje mogu donijeti više štete nego koristi, jer na kraju krajeva i samo zračenje je biranje manjeg zla. Klasična radiologija je dijagnostička metoda u kojoj se posredstvom ionizirajućeg zračenja dobiva slikovni prikaz dijelova tijela ili organa.

S obzirom da ljudska osjetila ne mogu osjetiti ionizirajuće zračenje, čovjek može primiti smrtonosnu dozu bez da to osjeti jer su reakcije zakašnjele od nekoliko sati, dana pa čak i godina. Otuda postoji čovjekov strah od zračenja i volja da se upozna s osnovnim svojstvima istoga kako bi to naučio primjenjivati i koristiti u granicama koje nisu smrtonosne.

U ovome radu ponajprije ću se baviti postupcima propisanim Zakonom i pravilnicima, te mišljenjima struke vezanim za provjeru kvalitete radiografskih uređaja. Svrha rada je pokazati da je posebno reguliranim postupcima osigurana kvaliteta radiografskih uređaja putem postupka provjere kvalitete. Osiguranje kvalitete, a samim time i provjera kvalitete kao sastavnog djela osiguranja kvalitete nužna je zbog unaprjeđenja kliničkih rezultata, održavanja standarda usluge, smanjenje ozračenja i na kraju udovoljavanju pozitivnim propisima.

2. IONIZIRAJUĆE ZRAČENJE

Ionizirajuće zračenje definira se kao prenošenje energije u obliku čestica ili elektromagnetskih valova dužine 100 anometara ili manje (frekvencije 3 puta 10^{15} herza ili veće), a koji mogu izravno ili neizravno proizvoditi ione.“ (1)

U članku iz časopisa „Kemija u industriji“ govori se o zračenju kao o energiji koju prenose elektromagnetski valovi ili čestice u gibanju koji se razlikuju prema valnoj duljini i energiji koju nose. Elektromagnetski valovi kratke duljine ponašaju se kao nabijene čestice i nazivaju se fotoni. Elektromagnetsko zračenje pokazuje i valna i čestična svojstva. Atomi su čestice koje također nose energiju zračenja, a sastavljeni su od elektrona nazvanih beta česticama negativnog naboja, protona pozitivnog naboja i neutrona bez naboja. Alfa čestice su stabilne skupine dva neutrona i dva protona. (2)

2.1. Vrste i nastanak ionizirajućeg zračenja

Dvije osnovne vrste zračenja su čestično i elektromagnetsko. Čestično zračenje čine alfa i beta čestice i nastaju raspadom izotopa. Elektromagnetsko zračenje su RTG i gama zrake. Gama zrake nastaju emisijom energije iz jezgre radioaktivnog izotopa i veće su energije od RTG zraka. Rendgenske zrake nastaju kočenjem ubrzanih elektrona na anodi pri čemu se kinetička energija pretvara u RTG zrake.

Stoljećima su biolozi proučavala svijet prirode, tražili neidentificirane biljke i životinje, klasificirali ih i proučavali njihovu anatomiju i kako se ponašaju u prirodi. Zatim su 1700-ih znanstvenici otkrili kemijske i fizikalne osnove živih bića. Ubrzo su shvatili da je kemijska organizacija svih živih bića nevjerojatno slična.

Sva živa bića na Zemlji sastavljena su od osnovnih građevnih blokova materije koji se nazivaju elementi. Poznato je da postoji više od 100 elemenata, uključujući one koje je napravio čovjek. Element je tvar koja se ne može kemijski razgraditi. Kisik, željezo, kalcij, natrij, vodik, ugljik i dušik primjeri su elemenata. Svaki element se sastoji od jedne posebne vrste atoma. Atom je najmanji dio elementa koji može ulaziti u kombinacije s atomima drugih elemenata.

Atomi se sastoje od pozitivno nabijenih čestica zvanih protoni okruženih negativno nabijenim česticama zvanim elektroni. Treća vrsta čestica, neutron, nema električni naboj; ima istu težinu

kao proton. Protoni i neutroni čvrsto prianjaju tvoreći gustu, pozitivno nabijenu jezgru atoma. Elektroni se vrte oko jezgre.

Raspored elektrona u atomu igra bitnu ulogu u kemiji atoma. Atomi su najstabilniji kada njihova vanjska jezgra elektrona ima punu kvotu. Prva elektronska jezgra ima najviše dva elektrona. Druga i sve druge vanjske jezgre imaju najviše osam elektrona. Atomi imaju tendenciju dobivanja ili gubitka elektrona sve dok njihove vanjske jezgre nemaju stabilan raspored. Dobivanje ili gubljenje elektrona, ili dijeljenje elektrona, doprinosi kemijskim reakcijama u kojima sudjeluje atom.

Postizanje radioaktivnosti moguće je samo zahvaljujući atomima s nestabilnom jezgrom zato što ono stvara i emitira energiju u obliku fotona (elektromagnetsko zračenje) ili čestica koje odnose na energiju. Emitiranje elektromagnetskog zračenja posljedica je spontanog mijenjanja atomske jezgre na koji se ne može utjecati već tek odrediti na koliko će se jezgri atom raspasti nakon nekog vremena.

Kako bi se ljudi zaštitili od zračenja potrebno je znati koliko je ukupan broj raspada po jedinici vremena te to prikazati kao fizikalnu veličinu. 1 becquerel koristi se kao jedinica za aktivnost, a skraćena oznaka je 1Bq što u formuli izgleda ovako:

$$1\text{Bq} = \frac{1raspad}{1sekunda}$$

2.2. Izvori ionizirajućeg zračenja

Ionizirajuće zračenje je oblik energije koji djeluje uklanjanjem elektrona iz atoma i molekula materijala koji uključuju zrak, vodu i živo tkivo. Ionizirajuće zračenje može putovati nevidljivo i proći kroz te materijale.

Izvori ionizirajućeg zračenja se dijele na: radioaktivne izvore i električne uređaje koji proizvode ionizirajuće zračenje. Ionizirajuće zračenje koje dolazi iz prirodnih izvora obično je na niskim razinama. To znači da je uobičajena količina (doza) ionizirajućeg zračenja iz prirodnih izvora koju apsorbira naše tijelo mala. (3)

Glavna izloženost ionizirajućem zračenju u izvorima koje je stvorio čovjek je korištenjem dijagnostičkih medicinskih pregleda, a to su: X-zrake, CT ili CAT (kompjutorizirana tomografija), PET (pozitronska emisijska tomografija) skeniranja, fluoroskopija te ostali postupci nuklearne medicine.

2.3. Mjerenje zračenja i mjerne jedinice

Mjerenje zračenja vrši se isključivo neizravnim pute jer je nedostupno ljudskim osjetilima. Mjera zračenja naziva se ekspozicijska doza, označava se znakom [X] što je mjera za ionizaciju zraka mase 1kg. Određena mjera za elektromagnetska zračenja primjenjuje se samo za energije manje od 3 MeV, a formulom se ekspozicija doza označava u obliku [X]=C/kg.

Postupak mjerenja smatra se deponiranjem radijacije, a apsorbirana doza je pak količina deponirane energije po jedinici mase u materijalu. Mjerna jedinica za apsorbiranu dozu jest J/kg, odnosno 1 Gray, oznake 1 Gy. Kada se apsorbirana doza podijeli s vremenom u kojem je materija primljena, tada se kao rezultat dobiva brzina apsorbirane doze koja se prikazuje kao Gy/sat. Ime je dobilo po fizičaru L.H. Grayju koji se ujedno smatra i osnivačem radiologije zbog svojih otkrića i doprinosa.

Svako zračenje razlikuje se po brojnim parametrima zato što nisu sva tkiva jednako osjetljiva pa apsorbirane doze nemaju iste učinke čak i ako se primjenjuju u istim dozama. Slična usporedba može se primijeniti na sposobnost nekih materijala da bolje ili lošije provode ili zadržavaju struju, toplinu, tekućinu itd. Iz tog razloga važno je znati što je ekvivalentna doza (engl. RBE, *Relative Biological Effectiveness*), a riječ je o onoj dozi koja predstavlja apsorbiranu dozu korigiranu s faktorom relativne učinkovitosti uzrokovanja biološke štete. Ona se računa za tkivo tako da se apsorbirana doza množi s faktorom linearnog prijenosa energije Q (on ovisi o vrsti radijacije) i s faktorom N (ovisi o ostalim faktorima). Jedinica ekvivalentne doze je Sv (sievert), također J/kg. Jedinica Sl naziva se po fizičaru i liječniku R. Sievertu koji je poznat brojnim istraživanjima vezanim uz područje radioaktivnosti i zaštite od posljedica zračenja.

2.4. Instrumenti za mjerenje zračenja

Novo poglavlje u području medicinske dijagnostike započelo je značajnim otkrićem koje je omogućilo ljudima da zapišu trag rendgenskog zračenja na filmu. Otkriće zraka, koje datira s kraja 19. stoljeća, dobilo je ime po znanstveniku Röntgenu kojemu pripadaju najveće zasluge za spomenuto otkriće. To je dakako bio i glavni okidač za daljnji razvoj i napredak u području radiografije (koje omogućuje snimanje raznih dijelova tijela) te sličnih područja kao što su

dijaskopija i fluoroskopija koje omogućuju promatranje pokreta organa koji nemaju prirodni kontrast prema svojoj okolini.

Kako bi se navedeni procesi što bolje proveli cilj je dakako bio proizvesti instrumente koji će na što bolji način omogućiti primjenu ionizirajućeg X-zračenja. Želja za uspjehom uzela je nažalost brojne živote znanstvenika prije reda s obzirom na malu ili nikakvu svjesnost o rizicima i posljedicama zračenja. Danas je sustav mjerenja i zaštite doveden do vrlo visoke razine koja omogućava pacijentima, ali i bolničkom osoblju da se izlaže zračenju samo u onim količinama koje neće imati negativnih posljedica na njihovo zdravlje.

U radiološkoj dijagnostici zrače uređaji za rendgensko snimanje, uređaji za dijaskopiju te kompjutorsku tomografiju (CT). Uređaji za magnetsku rezonanciju i UZV s druge strane nemaju štetno ionizirajuće zračenje, no mogu biti opasni ukoliko u tijelu postoje ugrađena strana metalna tijela ili primjerice *pace-makeri*.

Uređaji za angiografiju i kompjutoriziranu tomografiju te magnetska rezonancija i ultrazvuk danas se najčešće koriste kao slikovne metode i predstavljaju razinu suvremenog radiološkog dostignuća. (4)

2.5. Klasični RTG uređaji i digitalni receptori u radiologiji

Klasični rendgenski aparat stvara sliku izravnim prodiranjem zraka na rendgenski film ili fluorescentni zaslon rendgenskog uređaja. Kada je riječ o digitalnim receptorima, slika nastaje obradom digitaliziranih, ulaznih, analognih signala.

Fosforne ploče bile su početna tehnologija, a mogle su se koristiti umjesto klasičnih kazeta s filmovima jer su bile istih dimenzija, a latentna slika koja je nastala djelovanjem RTG zraka očitala se u digitalnom čitaču. Nakon toga s korištenjem je započelo korištenje digitalnih receptora koji se nalaze u današnjim digitalnim aparatima.

Postoje dvije vrste digitalnih receptora – indirektni i direktni. Kod indirektnih detektora izraženo je raspršeno zračenje zato što dolazi od procesa scinitlacije. Slika se dobiva putem električnog signala generiranog od strane fotodiode te putem raznih programa i senzora omogućuju točan i osjetljiv digitalni prikaz rendgenske slike. S obzirom da dolazi do procesa scinitlacije izraženo je raspršeno zračenje. (5)

Direktni ravni detektori ne koriste takav proces već tzv. foto provodnike gdje se signal očitava pomoću osnovne elektronike za očitavanje, obično pomoću tankoslojnog tranzistorskog (TFT) niza. (6, 7)

Digitalni receptori imaju veću učinkovitost konverzije RTG zraka u signal od filma. Prostornom rezolucijom se približavaju filmu, a kontrastnost im je znatno bolja. Bolja učinkovitost konverzije RTG zraka koje se mogu pretvoriti u signal u širem rasponu te mogućnost naknadne obrade slike smanjuju dozu zračenja. Klasični RTG uređaj ima tri primarne kontrole u upravljačkoj konzoli, napon (kVp), struja (mA) i vrijeme (s). Napon kontrolira kvalitetu X-zraka, dok struja i vrijeme kontroliraju količinu. Izgled i funkcije na upravljačkoj konzoli ovise o sustavu i implementiranim funkcijama. (8)

Slika 1 Kontrolna ploča RTG uređaja Siemens Luminos

Slika 2 RTG uređaja Siemens Luminos

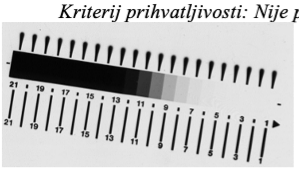
Izvor: KBC Osijek(Autorova arhiva)

Radnje osiguranja kvalitete uključuju i tehnike kontrole kvalitete (QC, engl. Quality Control) i postupke upravljanja kvalitetom. QC je obično dio QA programa i tehnika kontrole kvalitete te onih tehnika koje se koriste u praćenju (ili testiranju) i održavanju tehničkih elemenata ili komponenti rendgenskog sustava.

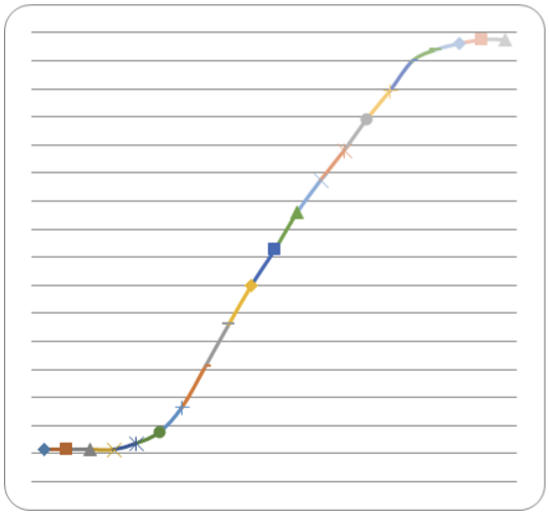
2.5.1. Kontrola kvalitete filma

Osnovna oprema za kontrolu kvalitete filma je senzitometar, a kontrola se uobičajeno vrši na dnevnoj razini. Neki od parametara koji su kontroliraju su: osnovno zacrnjenje, indeks osjetljivosti i indekst kontrasta filma koji se osvjetljuje spomenutim senzitometrom kako je i prikazano slikom dolje. Dnevnim provjerama se kontrolira vrijednost i stabilnost parametara čije su početne vrijednosti izračunate iz S-krivulje zacrnjenja. (9)

*Oprema: **Senzitometar***
Kriterij prihvatljivosti: Nije primjenljivo



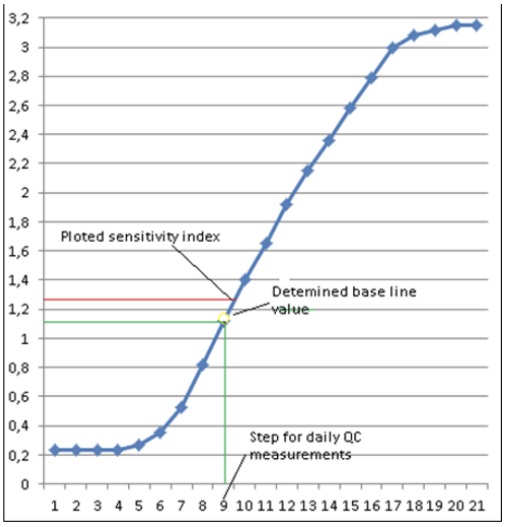
Slika 3 Primjer razvijenog filma osvijetljenog senzitometrom



Primjer S-krivulje zacrnjenja dobivenog osvijetljenjem filma senzitometrom

Postupak ispitivanja

- Postaviti prekidač senzitometra na tip filma (zeleni ili plavi) kako je to preporučeno u priručniku za korištenje senzitometra.
- U tamnoj komori eksponirati najčešće korišteni film senzitometrom. Sigurnosna svjetla moraju biti ugašena tijekom eksponiranja filma i postavljanja filma u uređaj za razvijanje. Ukoliko se radi o jednoslojnom filmu, pri eksponiranju filma senzitometrom potrebno je film okrenuti tako da sloj bude osvijetljen lampom sa različitim nijansama osvijetljenja senzitometra. Film je moguće osvijetliti više puta (najbolje dva puta) na različitim dijelovima kako bi na filmu imali više nizova zacrnjenih polja nakon razvijanja.
- Razviti film.
- Denzitometrom izmjeriti zacrnjenje (OD) dijela neosvijetljenog filma (najbolje na tri mjesta na filmu, te uzeti srednju vrijednost). Ova vrijednost je **osnovno zacrnjenje** (OD_{min}).
- Izmjeriti denzitometrom zacrnjenja (OD) svih 21 zacrnjenih polja i nacrtati S-krivulju zacrnjenja kako je to prikazano na Slici 2.
- Označiti zacrnjenje 1,0 + OD_{min} na S-krivulju. Vidi sliku 3 (OD=1,23).
- Izabrati polje sa zacrnjenjem najbližim označenoj vrijednosti na S-krivulji. Pogledaj sliku 3. (OD_1 =1,15).
- Zacrnjenje ovog polja predstavlja početnu vrijednost indeksa osjetljivosti. Zapisati broj polja, jer će se ista mjerenja ponavljati svaki dan.
- Tijekom dnevnih kontrola uspoređuje se zacrnjenje izabranog polja s početnom vrijednosti.
- Ista vrijednost (OD_1), odnosno zacrnjenje izabranog polja, koristiti će se i za određivanje početne vrijednosti indeksa kontrasta:



Određivanje početne vrijednosti indeksa osjetljivosti koji će se koristiti za dnevna QC mjerenja

- Označiti zacrnjenje 2,0 + OD_{min} na S-krivulju. Pogledaj sliku 4. (OD=2,23).
- Izabrati najbliže polje i denzitometrom odrediti njegovo zacrnjenje. To će biti vrijednost OD_2. Pogledaj sliku 4 (OD_2 = 2,15).
- Odrediti indeks kontrasta kao razliku OD_2-OD_1. Ovo će biti početna vrijednost indeksa kontrasta. Zapisati brojeve polja zacrnjenja na kojima su određeni OD_1 i OD_2 kako bi se mogli koristiti pri usporedbi s dnevnim QC mjerenjima.
- Zabilježiti određene početne vrijednosti zajedno s brojevima polja zacrnjenja u Dodatak A.

U pravilu je potrebno provesti testiranje na minimalno tri filma da bi se dobila prosječna vrijednost mjerenja.

2.5.2. Kontrola kvalitete digitalnog receptora

Kod kontrole kvalitete digitalnog receptora čest je slučaj fizičkog oštećenja u kojemu se gubi rubni dio slike zbog neprimjerenog pritiska na algoritme za obradu slike. Ta je situacija poznata pod nazivom artefakt visoke gustoće ili jednostavno izostanak piksela.

Digitalizatori su posebni uređaji koji se koriste za kazete s fosfornim pločama, inače vrlo slične kazetama s klasičnim radiološkim filmom. Putem spomenutih digitalizatora dobiva se očitanje latentne slike. (10)

Kako bi se dobila slika u ovoj vrsti snimanja fosfornu je ploču potrebno izložiti rendgenskim zrakama čime se dobiva latentna analogna slika koja se zatim digitalizira preko čitača koji tu sliku zatim projicira na zaslon. Korištenjem aplikacijskog softvera omogućuje se obrada slike. (10)

Kontrola digitalnih receptora vrši se provođenjem ova četiri testa: (10)

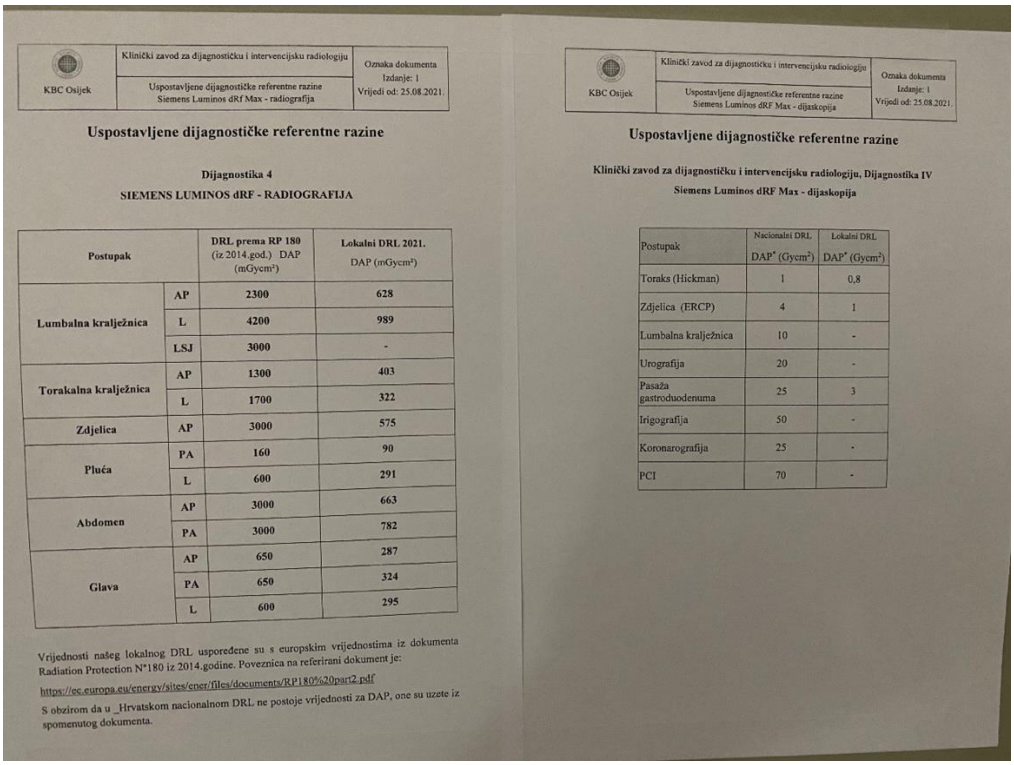
1. Test prostorne razlučivosti (utvrđivanje broja linijski parova na snimci fantoma),
2. Test za kontrast (odstupanja u pragu vidljivosti kontrasta nasuprot dobivenim vrijednostima početnog mjerenja)
3. Test zacrnjenja (MPV) i šuma (odstupanja u zacrnjenju i šumu homogenog dijela fantoma u odnosu na početno mjerenje),
4. Test rešetke (utvrđivanje vidljivosti rešetke ili drugih artefakata na radiološkoj rešetki).

2.6. Dozvoljene količine zračenja

Reguliranje i praćenje dozvoljenih količina zračenja igra ključnu ulogu u očuvanju ljudskih života, kako samih pacijenata koji se direktno izlažu radiološkom zračenju, tako i medicinskom osoblju koje prima zračenje obavljajući poslove vezane uz radiološku struku. Razvojem ovoga područja postupno se razvijala i svijest i znanje o štetnostima ionizirajućeg zračenja, ali isto tako i o metodama zaštite od istoga. Omjer energije koja se prolazom zračenja kroz materiju predaje toj materiji naziva se apsorbirana doza. U biološkim sustavima zračenje ovisi o količini apsorbirane energije i o njenoj prostornoj raspodjeli dok osjetljivost pojedine vrste tkiva ovisi o diobi stanica u tom tkivu. (11)

Kako je ranije spomenuto, količine zračenja koja osoba smije primiti bez štetnog utjecaja na zdravlje regulirana je pravilnikom. (12) Bitan korak u regulaciji ovoga područja dogodio se 1977. godine kada je Međunarodna komisija za radiološku zaštitu (ICRP) donijela pravilnik o zaštiti od ionizirajućeg zračenja koji je temelj za daljnje pravilnike. Kako je već pojašnjeno u uvodnom dijelu rada, različita tijela različito upijaju radiološko zračenje što znači da svako tkivo ima svoju ekvivalentu dozu (označava se slovom t). Zračenje općenito daje dvije vrste znakova, jedni koji daju jasne i vidljive učinke odmah te one koji se manifestiraju nakon nekog vremena te se nazivaju stohastički zbog karakteristike nepredvidivosti. Kada je ozračeno cijelo tijelo onda je rizik (štetnost) od stohastičkih učinaka 1 (100%). Faktor rizika – težinski faktor za pojedine dijelove tijela: (13)

Slikom 4. su prikazane dijagnostičke referentne razine doza u KBC Osijek za Simens Luminos dRF koje se kreću od najmanjih 90 mGyem^2 za pluća do 989 mGyem^2 za lumbalnu kralježnicu.



KBC Osijek | Klinički zavod za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju | Uspostavljene dijagnostičke referentne razine Siemens Luminos dRF Max - radiografija | Oznaka dokumenta Izdanje: 1 Vrijedi od: 25.08.2021.

Uspostavljene dijagnostičke referentne razine

Dijagnostika 4
SIEMENS LUMINOS dRF - RADIOGRAFIJA

Postupak		DRL prema RP 180 (iz 2014.god.) DAP (mGycm²)	Lokalni DRL 2021. DAP (mGycm²)
Lumbalna kralježnica	AP	2300	628
	L	4200	989
	LSJ	3000	-
Torakalna kralježnica	AP	1300	403
	L	1700	322
Zdjelica	AP	3000	575
Pluća	PA	160	90
	L	600	291
Abdomen	AP	3000	663
	PA	3000	782
Glava	AP	650	287
	PA	650	324
	L	600	295

Vrijednosti našeg lokalnog DRL uspoređene su s europskim vrijednostima iz dokumenta Radiation Protection N°180 iz 2014.godine. Poveznica na referirani dokument je:
https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/RP180%20part2.pdf
S obzirom da u _Hrvatskom nacionalnom DRL ne postoje vrijednosti za DAP, one su uzete iz spomenutog dokumenta.

KBC Osijek | Klinički zavod za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju | Uspostavljene dijagnostičke referentne razine Siemens Luminos dRF Max - dijaskopija | Oznaka dokumenta Izdanje: 1 Vrijedi od: 25.08.2021.

Uspostavljene dijagnostičke referentne razine

Klinički zavod za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju, Dijagnostika IV
Siemens Luminos dRF Max - dijaskopija

Postupak	Nacionalni DRL DAP* (Gycm²)	Lokalni DRL DAP* (Gycm²)
Toraks (Hickman)	1	0,8
Zdjelica (ERCP)	4	1
Lumbalna kralježnica	10	-
Urografija	20	-
Pasaža gastroduodenuma	25	3
Irigografija	50	-
Koronarografija	25	-
PCI	70	-

Slika 3 Dijagnostičke referentne razine doza u KBC Osijek za Simens Luminos dRF

2.7. Osiguranje kvalitete

S obzirom na brojne negativne posljedice koje radiološka medicina može imati na osoblje i pacijente od neizmjerne je važnosti voditi računa o osiguranju kvalitete uređaja i procesa kako bi se osigurala maksimalna kvaliteta usluge. Glavni čimbenici koji utječu na kvalitetu radioloških usluga su briga za pacijente, redovita i dosljedna kontrola uređaja te njihovo servisivanje, poštivanje protokola, analiza procesa, usavršavanje itd. (14)

Uspostavljen sustav kontrole uređaja i procesa mora osiguravati točnost dijagnostičkih informacija i najbolji terapijski učinak, uz najniže moguće troškove i optimalne doze koje pacijent mora primiti. Osiguranje kvalitete predmnijeva cijeli niz mjera i postupaka usmjerenih na organizaciju rada, edukaciju profesionalnog osoblja, stupanj uvježbanosti u radu, te njihovu profesionalnu odgovornost; te cijeli niz mjera i postupaka usmjerenih na kontrolu kvalitete opreme i protokola postupaka. (14)

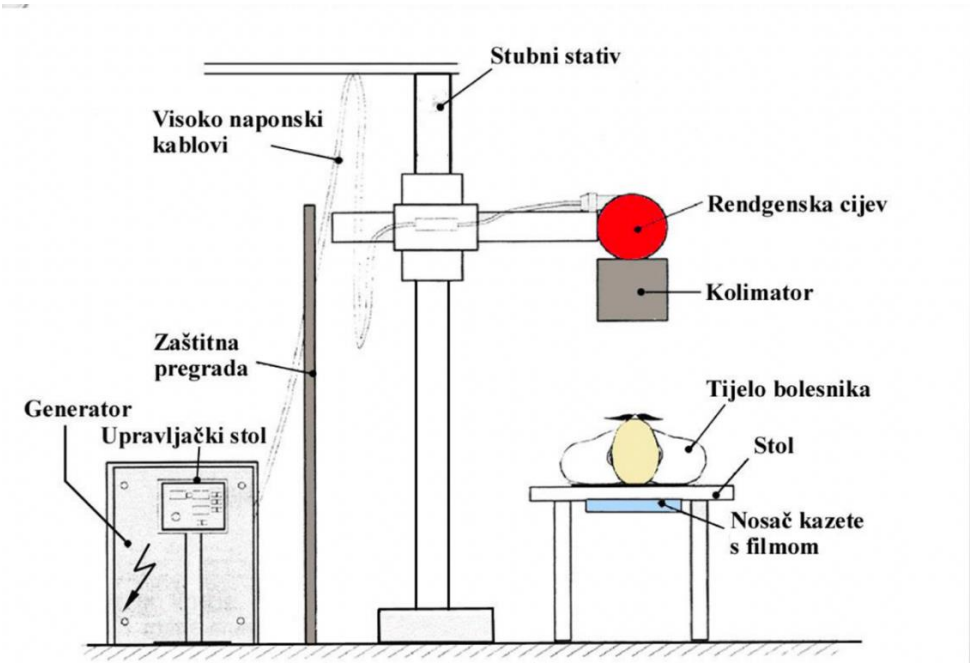
U Republici Hrvatskoj osiguranje kvalitete regulirano je Zakonom o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti (»Narodne novine«, br. 141/13, 39/15, 130/17, 118/18, 21/22, 114/22).

3. PROVJERA KVALITETE RADIOGRAFSKOG UREĐAJA

Uspostavljen sustav kontrole uređaja i procesa mora osiguravati točnost dijagnostičkih informacija i najbolji terapijski učinak, uz najniže moguće troškove i optimalne doze koje pacijent mora primiti. Da bi se isto ostvarilo kontrolom uređaja važno je utvrditi dozu zračenja, kvalitetu radiološke slike i konzistentnost radiološkog prikaza. Ti parametri su osnova brze i točne dijagnoze kako bi se ostvarila najbolja radiološka metoda na pravi način i u pravo vrijeme.

Na sustav kvalitete u radiologiji utječu dva važna čimbenika: čovjek i tehnika, odnosno tehnološka oprema. Ljudski čimbenici koji utječu na kvalitetu su: znanje, motivacija, sposobnost i stupanj raspoloženja za rad. (14)

Kada se govori i provjeri odnosno kontroli kvalitete u medicinskoj radiologiji radi se o dvije vrste provjera: provjere kvalitete rada uređaja i provjera kvalitete procesa.



Slika 4 Shematski prikaz rendgenskog uređaja za snimanje

Slikom je prikazan shematski prikaz rendgenskog uređaja za snimanje koje s lijeve strane prikazuje generator i upravljački stroj putem kojega se provodi visoki napon. Crvenom bojom označena je rendgenska cijev ispod koje se nalazi kolimator, odnosno naprava od apsorbirajućega materijala, kao što su olovo ili volfram, za ograničivanje, određivanje smjera i površine snopa zračenja. Ispod toga nalazi se tijelo bolesnika na stolu ispod kojega je nosač kazete s filmom. Prilikom testiranja uređaja tijelo bolesnika imitira tzv. fantom koji mjeri je li količina zračenja prigodna te pokazuje li uređaj sliku bez oštećenja.

Nekoliko je stvari koje utječu na kvalitetu slike:

- Svojstva RTG snopa
- Namještaj
- Građa objekta
- Raspršeno zračenje
- Karakteristike receptora
- Obrada slike

3.1. Fantom za provjeru kvalitete

4.1.a Fantomi za provjeru kvalitete:

- Kolimaciju
- Konstrastnu rezoluciju
- Prostornu rezoluciju
- Artefakte
- zacrnjenje

Slika 5 Pure 18 fantom

Izvor: https://www.pureimagingphantoms.com/product/pure-18/

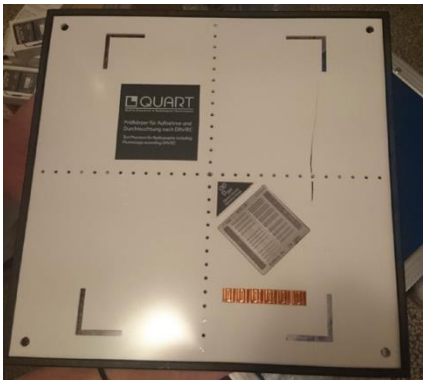
Ovo je jednostavan i učinkovit fantom za rutinsko testiranje medicinskih slika koji se svakodnevno koristi za procjenu performansi snimanja fluoroskopskih sustava. Može jednostavno provjeriti sivu skalu, izbrojati detalje kontrasta i razriješiti uzorke linija. Ako ti

brojevi ikada odstupe od norme, to može ukazivati na pogoršanje kvalitete slike u sustavu za fluoroskopsko snimanje.

Ovaj fantom podešavanje svjetline i kontrasta: Cu za jako svjetlo & Pb za detalje pri slabom osvjetljenju; provjeru kružne geometrije: skeniranje linearnosti; kontrast slike: 18 detalja niskog i visokog kontrasta s vrijednostima kontrasta od 0,9 do 16,7% @70kVp 1 mm Cu, promjer 8 mm; razlučivost: 0,5 do 5,0 parova linija/mm; oznake za provjeru geometrije i kolimacije. (15)

Fantom QUART SP VARIO

Fantom QUART SP VARIO jedan je od onih koji se upotrebljava u konvencionalnoj radiografiji/dijaskopiji, a njegova je glavna prednost homogena struktura što je posebno bitno kod procjene prostorne rezolucije i artefakata.



Slika 6 Fantom QUART SP VARIO

Redovita provjera kvalitete jamči i kvalitetnu sliku što znači vjerniji prikaz stvarnog objekta. To uključuje(14):

- oštrinu (prostorno razlučivanje detalja),
- kontrastnost (kontrastno razlučivanje detalja) i
- šum/artefakte (prikaz nepostojećeg na objektu).

3.2. Multimetar

Multimetar ili Unimer je uređaj koji se koristi za mjerenje električnih svojstava kao što su napon, struja, otpor ili kapacitet. Razlikuju se digitalni i analogni, a jedan od najpoznatijih je Piranha mjerač prikazam idućom slikom.

Slika 7 RTI Piranha mjerač

RTI Piranha mjerač identificira svaku sondu koja se poveže i odabire optimalne postavke. Spojeno PC, tablet ili prijenosno računalo radit će kao interaktivni zaslon koji prikazuje samo one informacije koje su vam potrebne. Kada se test završi, sve je pohranjeno i izvješće je spremno za ispis.

3.3. Učestalost provjere kvalitete

Učestalost provjere kvalitete ovisi o ispitivanom uređaju i testu koji se provodi, a ista je propisana Pravilnikom o uvjetima i mjerama zaštite od ionizirajućih(16):

- Visoki napon na rendgenskoj cijevi,
- Sloj poluapsorpcije (HVL),
- Dozimetrijske karakteristike,
- Vrijeme ekspozicije,
- Geometrija polja zračenja,
- Kolimacija polja zračenja,
- Rešetka,
- Automatska kontrola ekspozicije (AEC),
- Kvaliteta slike pri 80 kV,
- Konvencionalna tomografija.

Testovi se vrše na dnevnoj, mjesečnoj ili godišnjoj bazi prema zadanim parametrima i protokolima kojima je točno navedena i odgovorna osoba koja vrši svaki od navedenih testova.

3.3.1. Dnevna

Testovi dnevne kontrole za sve uređaje su:

- Testovi rešetke:
    - pokretljivost i
    - artefakti.

Kod uređaja film/folija dnevno se kontrolira optičko zacrnjenje referentne snimke, referentna snimka fantoma te ima li vidljivih oštećenja na sistemu film-folija.

Kod kompjuterizirane radiografije dnevno se kontrolira ponovljivost AEC i ponovljivost doznog indeksa. Kod digitalne radiografije ponovljivost doznog indeksa.

Prije početka rada s radiografskim uređajem radiološki tehnolog bi morao napraviti vizualni pregled samog uređaja kako bi uočio eventualna oštećenja na kablovima, oštre rubove, otežanu pomičnost stola, rendgenske cijevi, eventualne prepreke u prostoriji, provjerio kazete i filmove te napraviti dva testa iz Tablice 1. Tablicom su prikazani parametri, granice dopuštenih odstupanja, učestalost ispitivanja te eventualna napomena.

Ponovljivost AEC kod Automatske kontrole ekspozicije (AEC) jedini je parametar koji se provjerava samo na dnevnoj razini, a ne i mjesečnoj ili godišnjoj, a za odstupanje doznog indeksa kod ponovljivosti AEC uzima se < 40% prosječne vrijednosti svih odrađenih mjerenja.

3.3.2. Mjesečna

Mjesečni protokol kontrole kvalitete rendgenskih uređaja za radiografiju sadrži većinu dnevnih testova plus navedene dodatne testove iz Tablice 2. Tablicom su prikazani parametri, granice dopuštenih odstupanja, učestalost ispitivanja te eventualna napomena.

Testovi koji se obavljaju na mjesečnoj razini su:

- Geometrija polja zračenja: Sukladnost svjetlosnog polja i polja zračenja; Okomitost snopa zračenja i prijemnika slike
- Kolimacija polja zračenja: Automatska kolimacija

Slika 8 Testovi za rendgenski uređaj

PARAMETAR	GRANICE DOPUŠTENIH ODSTUPANJA	Učestalost ispitivanja			
		Godišnje	Mjesečno	Dnevno	Napomena
Visoki napon na rendgenskoj cijevi					
Točnost	< 10 % ili 10kVp, štogod je manje	X			
Varijacija sa strujom kroz rendgensku cijev	< 10 %	X			
Ponovljivost	< 5 %	X			
Sloj poluapsorpcije (HVL)					
50 kV	>1,8 (1,5*) mm Al	X			
60 kV	>2,2 (1,8*) mm Al	X			
70 kV	>2,5 (2,1*) mm Al	X			
80 kV	>2,9 (2,3*) mm Al	X			
90 kV	>3,2 (2,5*) mm Al	X			
100 kV	>3,6 (2,7*) mm Al	X			
110 kV	>3,9 (3,0*) mm Al	X			
120 kV	>4,3 (3,2*) mm Al	X			
Dozimetrijske karakteristike					
Vrijednost doze po mAs pri 80 kV i filtraciji 2,5 mm Al na 1 m udaljenosti (Y)	25 µ Gy/mAs < Y 80 µ Gy/mAs > Y	X			Nominalni napon mora biti što je moguće bliže 80 kV
Postojanost doznog izlaza uz nepromijenjene postavke	Odstupanje od srednje vrijednosti mjerenja manje od 20%	X			
Ponovljivost doznog izlaza u µGy/mAs za raspon mA i mAs vrijednosti	Odstupanje od srednje vrijednosti mjerenja manje od 20%	X			Nepromjenjivi kV
Vrijeme ekspozicije					
Točnost	< 20 % za t > 100 ms < 30% za t < 100 ms	X			
Geometrija polja zračenja					
Sukladnost svjetlosnog polja i polja zračenja	Suma u glavnim smjerovima < 3 % udaljenosti žarište-prijemnik slike	X	X		

Okomitost snopa zračenja i prijemnika slike	< 1,5º otklona od okomitog položaja	X	X		
Kolimacija polja zračenja					
Automatska kolimacija	< 2 % udaljenosti žarište – prijemnik slike u svim smjerovima. Unutar granica prijemnika slike.	X	X		
Rešetka					
Artefakti	Neprihvatljivi	X	X	X	
Pokretljivost	Ne smije biti vidljiva	X	X	X	
Indikator doze					
Kalibracija integriranog «indikatora doze« (točnost DAP/KAP metra)	Ukupna nesigurnost < ±25%	X			
Propuštanje zračenja					
Propuštanje zračenja	Ka (1m) < 1 mGy/h na maksimalnoj ekspoziciji specificiranoj od proizvođača	X			

Izvor: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2022_01_6_53.html

Testovi koji se rade za sustave film/folija su:

- Automatska kontrola ekspozicije (AEC): Ujednačenost komorica AEC, Kompenzacija atenuacije u snopu zračenja, Kompenzacija visokog napona na cijevi
- Kvaliteta slike: Razlučivanje
- Kaseta, folija i film: Ponovljivost optičkog zacrnjenja

Isti su prikazani i Slikom 10 koja sadrži tablični popis svih testova navedenih testova iz kojih je razvidna i njihova učestalost provjere koja je u ovom slučaju mjesečna.

Slika 9 Testovi za Film/folija sustave

FILM/FOLIJA SUSTAVI					
Automatska kontrola ekspozicije (AEC)					
Ograničenje naboja kroz rendgensku cijev	< 600 mAs	X			
Ograničenje vremena ekspozicije	< 6 s	X			
Ponovljivost doze u snopu	< 10 %	X			
Ujednačenost komorica AEC	< 0,5 optičke gustoće (OD) od srednje vrijednosti za sve komorice	X	X		Iznimka ako su komorice kalibrirane različito zbog izvedbe uređaja
Kompenzacija atenuacije u snopu zračenja	< 0,3 OD od srednje vrijednosti za sve mjerene debljine	X	X		
Kompenzacija visokog napona na cijevi	<0,2 OD od srednje vrijednosti za sve mjerene vrijednosti kV	X	X		Korak 20 kV pri 20 cm tkivno ekvivalentnog materijala
Kvaliteta slike					
Razlučivanje	> 1,6 lp / mm	X	X		Test se izvodi sa 20 cm PMMA između testnog objekta i receptora slike ili s atenuacijskim materijalom prema preporuci proizvođača
Kaseta, folija i film					
Optičko zacrnjenje referentne snimke	0.9 < OD < 1.4	X	X	X	
Referentna snimka fantoma	Odstupanje od referentne vrijednosti mAs ± 10%	X	X	X	
Ponovljivost optičkog zacrnjenja	Odstupanje < 0,3 od referentne vrijednosti	X	X		
Kaseta i folija	Nema vidljivih oštećenja	X	X	X	
Kontakt film/folija	Jednolika gustoća bez gubitka oštrine	X			

Izvor: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2022_01_6_53.html

Za testove kompjuterizirane radiografije (CR) rade se sljedeći testovi:

- Automatska kontrola ekspozicije (AEC): Kompenzacija atenuacije u snopu zračenja
- Kaseta i PSP folija: Stanje kasete i folije
- Kvaliteta slike: Razlučivanje, Kontrast

Isti su prikazani Slikom 11 koja sadrži tablični prikaz navedenih testova.

Slika 10 Kompjuterizirana radiografija

KOMPJUTORIZIRANA RADIOGRAFIJA (CR)						
Automatska kontrola ekspozicije (AEC)						
Ograničenje naboja kroz rendgensku cijev	< 600 mAs	X				
Provjera doze na prijamniku slike u AEC načinu rada	< 10 µGy	X				
Ponovljivost AEC	Odstupanje doznog indeksa ili mjerene kerme < 40% od srednje vrijednosti svih mjerenja			X		
Kompenzacija atenuacije u snopu zračenja	Odstupanje doznog indeksa ili mjerene kerme < 40% od srednje vrijednosti svih mjerenja	X	X			
Kaseta i PSP folija						
Stanje kasete i folije	Nema vidljivih oštećenja	X	X			
Kvaliteta slike						
Tamni šum (dark noise)	Prema uputama proizvođača CR sustava	X				
Signal transfer properties (STP)	Veza ne smije biti nepoznata ili složena	X				
Efikasnost brisanja	< 1%	X				
Ponovljivost doznog indeksa	Odstupanje od referentne vrijednosti < 20%	X	X	X		
Provjera točnosti udaljenosti na snimci	Odstupanje < 4%	X				
Razlučivanje	>2,8 lp/mm za dozu<10µGy >2,4 lp/mm za dozu<5µGy	X	X			
Kontrast	Prema preporuci proizvođača fantoma	X	X			

Izvor: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2022_01_6_53.html

Za digitalnu radiografiju (DR) rade se sljedeći testovi:

- Automatska kontrola ekspozicije (AEC): Ponovljivost AEC
- Kvaliteta slike: Razlučivanje, Kontrast,

Isti su prikazani u tabličnom obliku Slikom 12.

Slika 11 Testovi za digitalnu radiografiju

DIGITALNA RADIOGRAFIJA (DR)					
Automatska kontrola ekspozicije (AEC)					
Granica prekoračenja ekspozicije	600 mAs				
Verifikacija receptora zrak – kerma	< 10 µGy				
Ponovljivost AEC	Odstupanje doznog indeksa ili mjerene kerme < 40% od srednje vrijednosti svih mjerenja	X	X		
Kvaliteta slike					
Tamni šum (dark noise)	Ne smije biti pretjeranog šuma u sistemu	X			Ukoliko je primjenjivo
Signal transfer properties (STP)	Veza ne smije biti nepoznata ili složena	X			Ukoliko je primjenjivo
Zadržavanje slike (ghost image)	< 1%	X			Ukoliko je primjenjivo
Ponovljivost doznog indeksa	Odstupanje od referentne vrijednosti < 20%	X	X	X	
Provjera točnosti udaljenosti na snimci	Odstupanje < 4%	X			
Razlučivanje	>2,8 lp/mm za dozu ≤ 10µGy >2,4 lp/mm za dozu ≤ 5µGy	X	X		
Kontrast	Prema preporuci proizvođača fantoma	X	X		

Izvor: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2022_01_6_53.html

Kod testa Automatske kontrole ekspozicije (AEC) za kompjuteriziranu radiografiju (CR) ograničenje naboja kroz rendgensku cijev je < 600 mAs.

3.3.3. Godišnja

Godišnji testovi većinom uključuju gotovo sve testove iz Tablica 1 i 2 kojima je prikazana dnevna i mjesečna kontrola, ali i dodatne testove iz Tablice 3 koji se pak provode samo na godišnjoj razini. Kao i u prethodnim tablicama, prikazani su parametri, granice dopuštenih odstupanja, učestalost ispitivanja te eventualna napomena.

Testovi koji se obavljaju na godišnjoj razini su:

- Visoki napon na rendgenskoj cijevi: Točnost, Varijacija sa strujom kroz rendgensku cijev, Ponovljivost
- Sloj poluapsorpcije (HVL)
    - Dozimetrijske karakteristike: Vrijednost doze po mAs pri 80 kV i filtraciji 2,5 mm Al na 1 m udaljenosti (Y), Postojanost doznog izlaza uz nepromijenjene postavke, Ponovljivost doznog izlaza u µGy/mAs za raspon mA i mAs vrijednosti
    - Vrijeme ekspozicije: Točnost, Sukladnost svjetlosnog polja i centra rešetke

3.4. Osobe zadužene za provođenje kvalitete

Osobe zadužene za provođenje kvalitete u medicinskim ustanovama su:

- radiološki tehnolog,
- medicinski fizičar te
- serviser.

Ispitivanja se provode po unaprijed zadanim parametrima i učestalostima, a svaka od navedenih osoba vrši svoj dio provjere kako bi se na dnevnoj, mjesečnoj i godišnjoj bazi izvršile sve potrebne kvalitativne provjere.

Dozni izlaz rendgenske cijevi	Dosljednost s kV bolja od 20 %

Svim navedenim protokolima prikazuje se općeniti pristup provjerama osnovnih parametara uređaja za radiografiju. S obzirom da su metode provjere vezane su uz opremu za mjerenje ili fantome važno je provjeriti preporuke proizvođača uređaja i opreme za mjerenje.

3.4.1. Radiološki tehnolog

Radiološki tehnolozi zaduženi su za dnevnu i mjesečnu kontrolu kvalitete.

3.4.2. Medicinski fizičar

Vrši kontrolu kvalitete na godišnjoj razini te prema potrebi kada se radi istraživanje za projekt. Medicinski tehničari svoje parametre za provjeru kvalitete vrše u pravilu jednom godišnje dok se samo rezolucija visokog i niskog kontrasta sustava vrši i na mjesečnoj razini kako je prikazano tablicom.

3.4.3. Serviser

Vrši kontrolu kvalitete godišnje ili svakih 6 mjeseci ovisi kako je dogovorno sa servisom i garantnom roku uređaja.
Na uređaju u KBC Osijek vrši se servis svakih 6 mjeseci a tada i kontrola kvalitete od strane servisera.
Posljednji u nizu testova mjeri se pomoću Fluke mjerača koji ima ionsku komoru pod tlakom, pružajući poboljšanu osjetljivost (µR rezoluciju) i poboljšani energetski odgovor za mjerenje brzine zračenja i doze iz rendgenskih i gama izvora. Izvorno je dizajniran za mjerenje propuštanja i raspršivanja oko dijagnostičkih rendgenskih i radioterapijskih apartmana. Propuštanje rendgenskog uređaja bilježi se na udaljenosti od 1 m od žarišne točke do prednje, stražnje, desne i lijeve strane stroja koristeći maksimalnu veličinu polja. (16)

Tablica 1 Dozni izlaz rendgenske cijevi i vrijeme eskpozicije

Dozimetrijske karakteristike				
Maksimalna vrijednost doze po mAs pri 80 kV i filtraciji 2,5 mm Al na 1 m udaljenosti	< 25 µGy/mAs	X		
Dozni izlaz rendgenske cijevi	Dosljednost s kV bolja od 20 %	X		
Vrijeme ekspozicije				
Točnost	< 10 % za t > 100 ms	X		

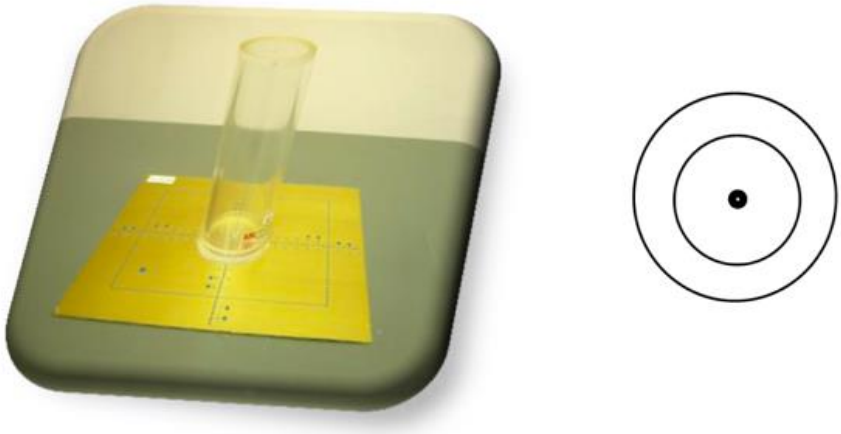
3.5. Kontrola kvalitete rendgenskog uređaja

3.5.1. Podudaranje polja zračenja i svjetlosnog polja

Glavni parametar kod provođenja ovoga testa jest dakle podudaranje polja zračenja i svjetlosnog polja. Ispitivanje se može provesti fantomom **QUART SP vario** ili 6 metalnih markera (npr. kovanice), kazeta (npr. 24×30 cm^2), film, ravnalo.

Parametar: podudaranje polja zračenja Oprema: Fantom QUART SP Vario Kriterij prihvatljivosti: Zbroj odstupanja polja zračenja u odnosu na svjetlosno polje u smjeru osi x, odnosno osi y ne smije biti veće od 3% vrijednosti udaljenosti od fokusa do filma. Markeri (kovanice) mogu se postaviti na rub svjetlosnog polja s unutarnje ili s vanjske strane polja.	➢ Postupak ispitivanja vrši se na način da se napunjenu kazetu postavlja na ležat pacijenta te podešava udaljenost od fokusa do filma na 100 cm. Otvor polja postavlja se tako da bude manji od kazete (npr. 20×20 cm^2) dok se metalni markeri (npr. kovanice) postavljaju na svaki rub polja te jednim markerom označiti orijentaciju (vidi sliku). ➢ Potrebno je odabrati približno 80 kV i 5 mAs i eksponirati nakon čega se razvije film i mjere razmaci između markera i ruba polja zračenja u smjeru osi x i y. U konačnici je potrebno izračunati odstupanja na način opisan kod prve metode. Te rovjeriti jesu li odstupanja unutar kriterija prihvatljivosti.

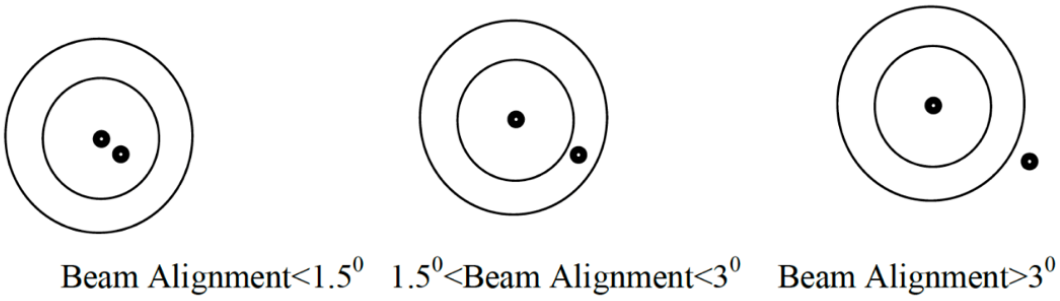
Ako se središte snopa ne podudara sa svjetlosnim poljem, polje zračenja može se pomaknuti iz područja kliničkog interesa. To može biti pronalaženje pomoću alata za ispitivanje poravnanja snopa. Ako alat za ispitivanje poravnanja snopa okomito na gredu, slika na kaseti mora biti sljedeća.



Slika 12 Podudarnost svjetlosnog polja

Izvor: http://www.worldscientificnews.com/wp-content/uploads/2017/08/WSN-90-2017-11-30.pdf

U normalnoj situaciji poravnanje snopa nije uvijek sto posto točno. Ali, ako slika pokazuje kako slijedi, tj. ako je poravnanje snopa manje od $1,5^0$ ili između $1,5^0$ i 3^0, okomitost (poravnanje) snopa X-zraka je u prihvatljivoj granici. Ako se kreće preko 3^0, nije unutar prihvatljivog ograničenja.



Slika 13 Moguće vrijednosti poravnanja

Izvor: http://www.worldscientificnews.com/wp-content/uploads/2017/08/WSN-90-2017-11-30.pdf

3.5.2. Vrijeme ekspozicije

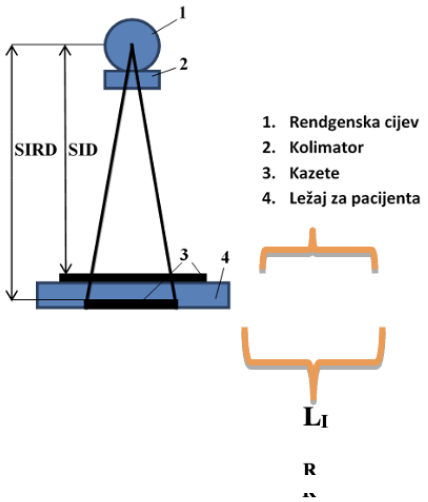
Parametar vremena ekspozicije je točnost, a granice dopuštenih odstupanja kako je prikazano:

Vrijeme ekspozicije					
Točnost	< 20 % za t > 100 ms < 30% za t < 100 ms				
Sukladnost svjetlosnog polja i centra rešetke	Odstupanje centra svjetlosnog polja i centra rešetke < 1% udaljenosti žarište-prijamnik slike	X			
Okomitost snopa zračenja i prijemnika slike	< 1,5º otklona od okomitog položa				

3.5.3. Kolimacija

Kada je riječ o kolimaciji ako se snop X-zraka ne podudara sa svjetlosnim poljem, polje zračenja može biti pomaknuto od područja kliničkog interesa, što će pridonijeti nepotrebnoj

dozi za pacijenta. To se može pronaći pomoću alata za testiranje kolimacije. Ako je kolimacijski ispitni alat okomit na snop i slika na kaseti mora se podudarati s veličinom polja alata za kolimacijsko ispitivanje. (8)

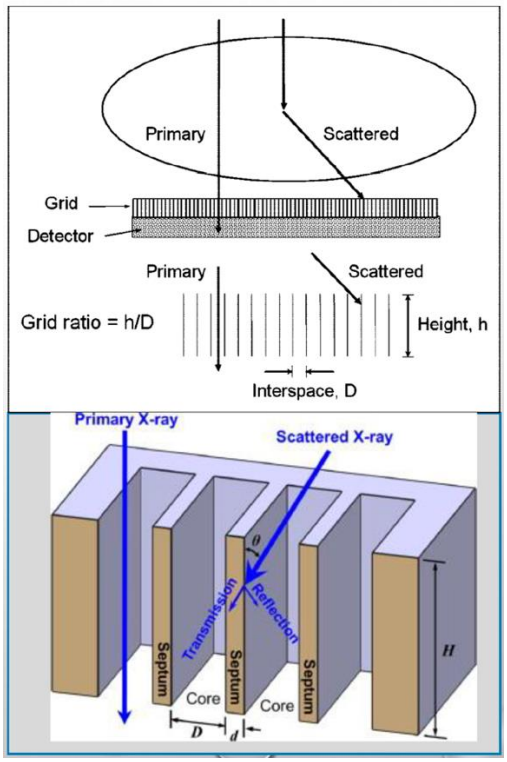
Parametar: kolimacija Oprema: alat za testiranje kolimacije (kazete, film i ravnalo) Kriterij prihvatljivosti: rubovi snopa x-zraka vidljivi na filmu, odnosno detektoru slike. manje od 2% udaljenosti od fokusa do filma	POSTUPAK ISPITIVANJA ➢ Postaviti nenapunjenu kazetu u nosač i postaviti udaljenost od fokusa do nosača kazete (SIRD) na 100 cm. ➢ Napraviti automatsku kolimaciju snopa. ➢ Drugu, napunjenu, kazetu postaviti na ležaj za pacijenta u centar svjetlosnog polja. Format kazete na ležaju za pacijenta treba biti veći od one u nosaču kazete. ➢ Izmjeriti udaljenost od fokusa do površine ležaja za pacijenta. ➢ Postaviti približno 80 kV i 5 mAs i eksponirati. ➢ Razviti film i izmjeriti stranice ozračene površine. ➢ Izračunati veličinu stranica na udaljenosti od fokusa do nosača kazete, gdje su: ➢ L – duljina stranice slike na udaljenosti fokus-nosač kazete, ➢ LI – duljina stranice na filmu, ➢ SIRD – udaljenosti od fokusa do nosača kazete,
	➢ SID – udaljenost od fokusa do filma (površine ležaja za pacijenta). ➢ Odstupanje u x i y smjeru izračunavati pomoću izraza, gdje su: LIR –duljina stranice filma postavljenog u nosač, ➢ L – izračunata duljina stranice na udaljenosti fokus-nosač kazete, ➢ SIRD – source to image receptor distance (receptor-focus distance), Uspoređivane vrijednosti L i LIR trebaju biti duljine u istom smjeru. Usporediti dobivene vrijednosti s kriterijem prihvatljivosti. Provjeru treba ponoviti za sve formate kazete.

3.5.4. Rešetka

Rešetka predstavlja omjer između visine olovnih pregrada i prostora između njih koji se naziva faktor rešetke. Rešetka se sastoji od serije tankih olovnih pregrada između kojih se nalazi radiolecentni prostor (zrak).

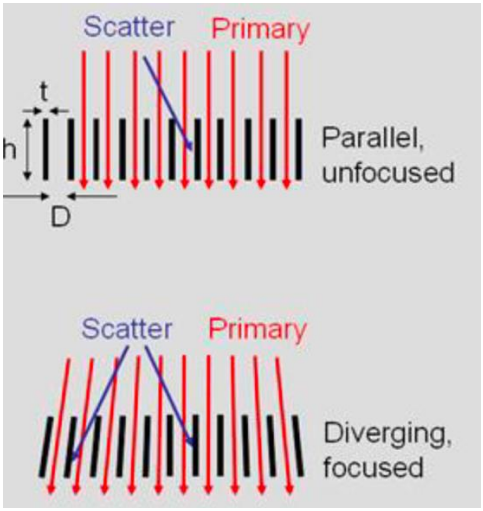
Omjer između visine olovnih pregrada i prostora između njih zove se faktor rešetke. Što je veći faktor rešetke to prolazi manje raspršenog zračenja ali i manje primarnog snopa tako da je

potrebna veća doza zračenja. Rešetka se sastoji od serije tankih olovnih pregrada između koji se nalazi radiolucetni prostor. (Slika 11)



Slika 14 Faktor rešetke

Rešetka može imati paralelne pregrade ili centralno paralelne uz konvergenciju prema periferiji u skladu s divergencijom rendgenskog snopa. (14)

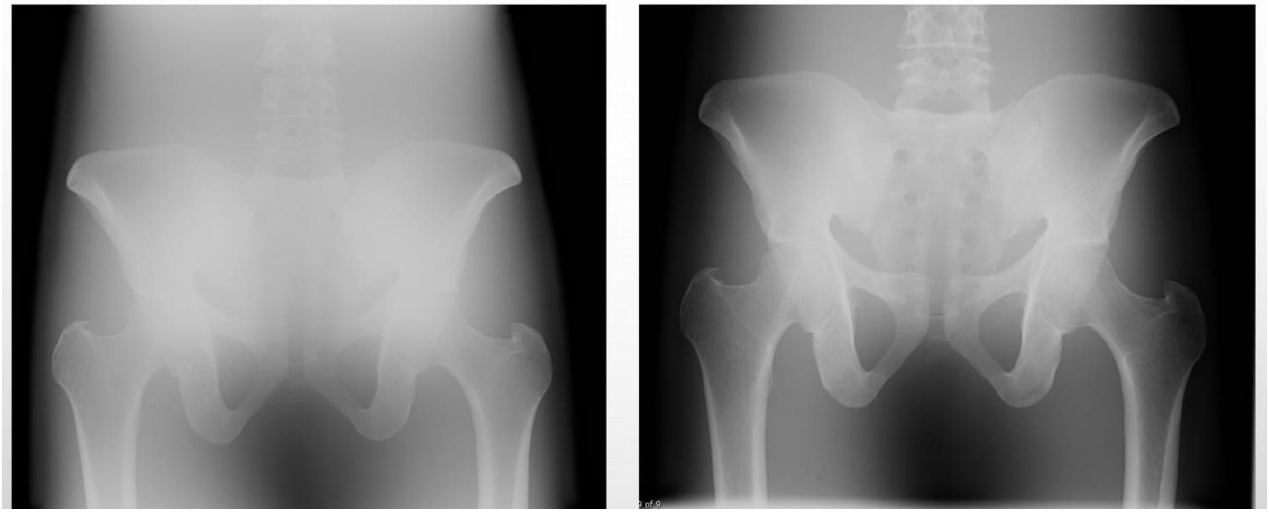


Slika 15 Paralelna i fokusirana rešetka

Kod provjere rešetke važno je utvrditi pomiče li se rešetka te vide li se artefakti na snimci, a ključno je da oni ne budu vidljivi jer ukoliko jesu vidljivi znači da slika uređaja nije ispravna. Kako bi se to utvrdilo napunjena kazeta postavlja se u nosač, odabira se AEC način rada koji omogućava odabir napona na cijevi (postavlja se najviše na 50 kV). Prilikom ekspozicije

odabira se najkraće moguće vrijeme koje se klinički koristi nakon čega se razvija film i utvrđuju spomenuti parametri koji uključuju vizualnu procjenu postojanja ili nepostojanja rešetke i artefakata na snimci.

Rezultati u skladu s kriterijem prihvatljivosti: DA/NE

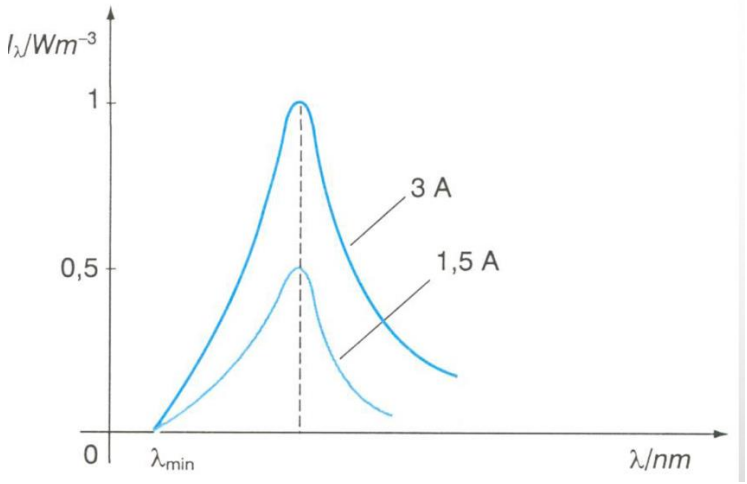


Slika 16 Fantom zdjelice bez rešetke (lijevo) i s rešetkom (desno)

Obje snimke na slici 15 napravljene su uz isti napon, ali uz veću jakost struje kod korištenja rešetke.

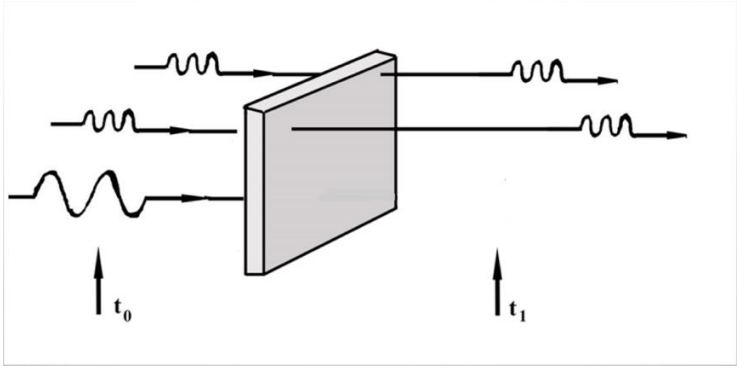
3.5.5. Testovi za jakost struje

Jakost struje grijanja katode utječe na rendgenski spektar tako što uzrokuje povećanje intenziteta rendgenskoga snopa raste iλ za svaki λ. Tvrdoća snopa (minimalna valna duljina) ne mijenja. Navedeno je prikazano grafički slikom 14.



Slika 17 Utjecaj jakosti struje na rendgenski spektar

Doza zračenja ovisi o intenzitetu zračenja i prodornosti zračenja. Stoga se mjeri pri točno određenom naponu i filtraciji koji utječu na kvalitetu zraka pri različitim jakostima struje grijanja katode odnosno količini zračenja. Rendgenske zrake manjih energija, većih valnih duljina i manje frekvencije većinom se u potpunosti apsorbiraju, dok se zrake većih energija, tj. kraćih valnih duljina i veće frekvencije manjim dijelom apsorbiraju, a većim dijelom prolaze kroz materiju. Navedeno je prikazano slikom 15.



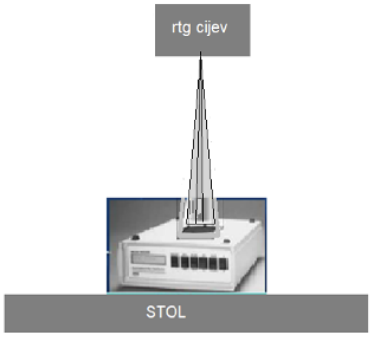
Slika 18 Rendgenske zrake i intenzitet zračenja

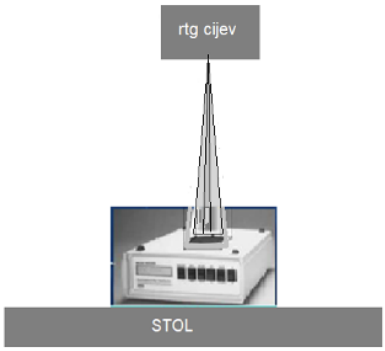
Slika 19 Testovi za jakost struje

PARAMETAR	GRANICE DOPUŠTENIH ODSTUPANJA	Učestalost ispitivanja			Napomena
		Godišnje	Mjesečno	Dnevno	
Vrijednost doze po mAs pri 80 kV i filtraciji 2,5 mm Al na 1 m udaljenosti (Y)	25 µ Gy/mAs < Y 80 µ Gy/mAs > Y	X			Nominalni napon mora biti što je moguće bliže 80 kV
Postojanost doznog izlaza uz nepromijenjene postavke	Odstupanje od srednje vrijednosti mjerenja manje od 20%	X			
Ponovljivost doznog izlaza u µGy/mAs za raspon mA i mAs vrijednosti	Odstupanje od srednje vrijednosti mjerenja manje od 20%	X			Nepromjenjivi kV

Jakost struje

Vrijednost doze po mAs pri 80 kV i filtraciji 2,5 mm Al na 1 m udaljenosti (Y)
Postojanost doznog izlaza uz nepromijenjene postavke
Ponovljivost doznog izlaza u µGy/mAs za raspon mA i mAs vrijednosti

Parametar: **dozni izlaz rendgenske cijevi** *Oprema:* **multimetar** *Kriterij prihvatljivosti:* ***vrijednost doznog izlaza/mAs mjerena na udaljenosti od 100 cm treba biti između 25 uGy/mAs i 80 uGy/mAs pri 80 kV i ukupnoj filtraciji snopa od 2.5 mm Al***  	Postupak ispitivanja ➢ Detektor postaviti na ležaj za pacijenta na udaljenosti 100 cm od fokusa (>50cm) ➢ Detektor postaviti okomito na os katoda/anoda , u središte polja. Veličinu polja zračenja namjestiti tako da bude malo veće od veličine detektora (cca. 3×4 cm2) ➢ U izborniku izabrati mode u kojem je moguće mjeriti dozu samostalno ili zajedno s drugim parametrima. ➢ Postaviti približno 20 mAs i 80 kV. ➢ Eksponirati detektor i očitati izmjerene vrijednosti doze

Parametar: **postojanost doznog izlaza rendgenske cijevi** *Oprema:* **multimetar** *Kriterij prihvatljivosti :* ***odstupanje od inicijalnih vrijednosti < 20 %***  	Postupak ispitivanja • Detektor postaviti na ležaj za pacijenta na udaljenosti 100 cm od fokusa (>50cm) • Detektor postaviti okomito na os katoda/anoda., u središte polja. Veličinu polja zračenja namjestiti tako da bude malo veće od veličine detektora (cca. 3×4 cm^2) • U izborniku izabrati mode u kojem je moguće mjeriti dozu samostalno ili zajedno s drugim parametrima. • Postaviti približno 20 mAs i 80 kV. • Eksponirati detektor i očitati izmjerene vrijednosti doze • U slučaju kada je moguće promijeniti dodatnu filtraciju rendgenske cijevi, za ukupnu filtraciju postaviti približno 2.5 mmAl. • Procjena se radi na temelju najmanje tri ekspozicije (preporuča se 5 ekspozicija) s različitim vrijednostima jakosti struje (mA) i vremenima ekspozicije (ms) na načina da njihov umnožak (mAs) bude konstantan

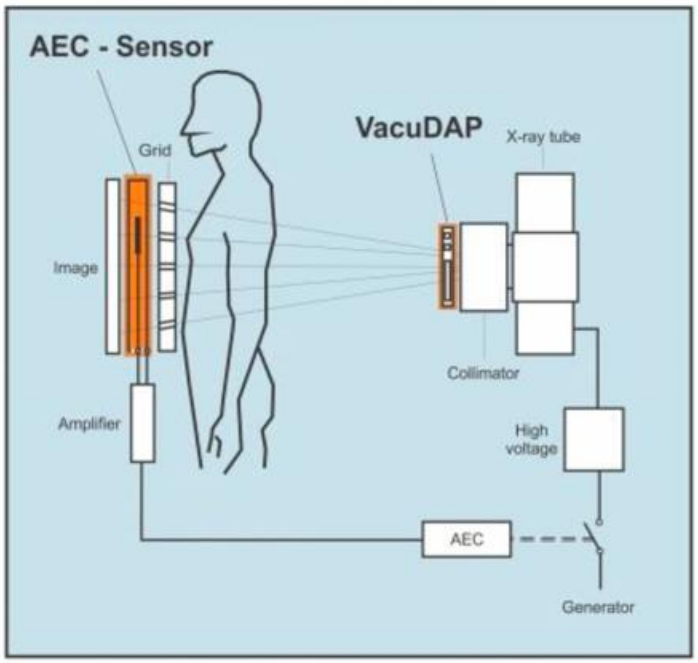
Uputa za izradu priručnika za provjeru kontrole kvalitete rendgenskog uređaja koji se koristi za konvencionalnu radiografiju (travanj 2014.) Ministarstvo unutarnjih poslova, Ravnateljstvo civilne zaštite: Dostupno na: https://civilna-zastita.gov.hr/podrucja-djelovanja/radioloska-i-nuklearna-sigurnost/sluzba-za-radiolosku-sigurnost/kontrola-kvalitete/129 (1.12.2022)

Doza zračenja opada sa kvadratom udaljenosti od izvora zračenja stoga je udaljenost mjerenja doznog izlaza uvijek ista.

3.5.6. AEC senzori

AEC (engl. Automatic Exposure Control) senzori predstavljaju uređaje koji se koriste za određivanje trajanja ekspozicije. Drugim riječima, to su uređaji čiji senzori prekidaju ekspoziciju kada se dosegne određena količina zračenja. Ti uređaji također automatski postavljaju napon i jakost struje rendgenske cijevi. AEC uređaj postavljen je za linearnost u zacrnjenju, a kada ionizacija dosegne zadanu vrijednost prekida se zračenje preko X zraka koje dovode do ionizacije u AEC senzoru. Većina AEC sustava ima neku praktičnu granicu izvan koje ne rade optimalno. Na primjer, fluoroskopski sustavi oslikavanja ograničeni su na 100 mGy/min kao maksimalna stopa fluoroskopske izloženosti. Ako sustav zahtijeva brzinu doze

veću od 100 mGy/min, AEC ne može isporučiti veću brzinu doze i kvaliteta slike se značajno pogoršava. To se događa kod većih pacijenata ili kod kosih kutova slike. (17)



Slika 20 Funkcioniranje AEC senzora

Sustavi automatske kontrole ekspozicije (AEC) dizajnirani su za podešavanje kilonapona, miliamperaže ili vremena ekspozicije kako bi se dobila slika dijagnostičke kvalitete, bilo za radiografiju ili fluoroskopiju. Ovi sustavi osjećaju količinu zračenja neposredno ispred receptora slike i prilagođavaju dozu ili brzinu doze pacijentu kako bi se osiguralo da dovoljno fotona stigne do receptora slike. Međutim, ovi sustavi također mogu rezultirati visokim dozama za pacijente, osobito s digitalnim slikovnim receptorima.

AEC sustavi mogu biti poznati i pod drugim nazivima uključujući automatsku kontrolu doze (ADC), automatsku kontrolu brzine doze (ADRC) i automatsku kontrolu svjetline (ABC).

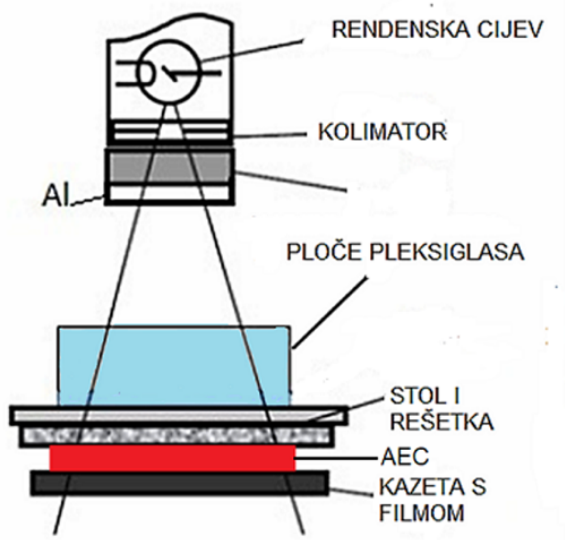
AEC sustavi rade na različitim principima, prvenstveno temeljenim na projektnim ciljevima proizvođača. Neki sustavi mogu preferencijalno prilagoditi vrijeme ekspozicije ili struju cijevi, dok drugi mogu preferencijalno prilagoditi kilonapon. Neki sustavi ubacuju dodatnu filtraciju (obično bakreni filtar) u zraku kako bi filtrirali dodatno meko zračenje i na taj način smanjili dozu za pacijenta.

Automatska kontrola ekspozicije može se postaviti po parametru ponovljivosti doze ili uniformnosti AEC senzora. Kada je riječ o ponovljivosti doze od opreme se koristi multimetar, ploče od pleksiglasa minimalne debljine od 12 centimetara ili pak bakreni lim debljine jednog

milimetra. Odstupanje od srednje vrijednosti prihvatljive su od 10%, a postupak se provodi godišnje.

Kada je pak riječ o uniformnosti AEC senzora koristi se QUART AEC R(AD) fantom i densinometar, a prihvatljivo odstupanje od srednje vrijednosti zacrnjenja je do 0,2 OD. Provodi se na mjesečnoj i godišnjoj razini.

Postupak ispitivanja:

Parametar: ***Uniformnost ACE senzora*** *Oprema:* **QUARRT AEC R(AD) fantom i densinometar** *Kriterij prihvatljivosti:* **odstupanje od postavljene vrijednosti napona < 0.2 OD**	Postupak ispitivanja
	• Sustav automatske kontrole ekspozicije treba biti podešen prilikom prihvatnih testova. Preporuča se da zacrnjenje u referentnoj točki bude jednako 1,0 OD-tosnovno zacrnjenje. Sustav također može biti podešen u skladu s preporukama proizvođača. Zacrnjenje u referntnoj točki nakon inicijalnog podešavanja treba biti uzeto kao temeljna (base line) vrijednost. • Postaviti ploče od pleksiglasa debljine najmanje 15 cm na ležaj za pacijenta. Voditi računa da AEC senzori budu zasjenjeni pločama • Umetnuti napunjenu kazetu u nosač. • Odabrati središnji AEC senzor. • Odabrati AEC način rada i postaviti napon na cijevi na približno 80 kV. • Postaviti najveće polje i eksponirati. • Razviti film. • Denzitometrom odrediti nivo zacrnjenja što je bliže moguće sredini filma. Tu točku ubuduće uzimati kao referentnu za određivanje nivoa zacrnjenja. • Ponoviti proceduru uz odabir drugih AEC senzora i usporediti izmjerene nivoe zacrnjenja s temeljnom vrijednošću. • Upisati parametre rendgenske cijevi, kao i izmjerene i uspoređene vrijednosti nivoa zacrnjenja u QC obrazac.

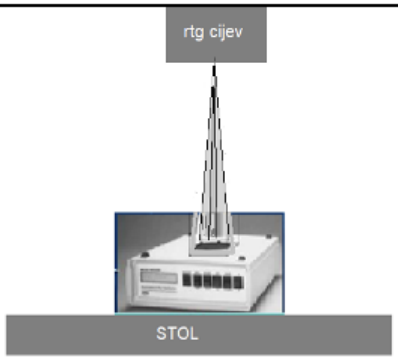
Uputa za izradu priručnika za provjeru kontrole kvalitete rendgenskog uređaja koji se koristi za konvencionalnu radiografiju (travanj 2014.) Ministarstvo unutarnjih poslova, Ravnateljstvo civilne zaštite: Dostupno na: https://civilna-zastita.gov.hr/podrucja-djelovanja/radioloska-i-nuklearna-sigurnost/sluzba-za-radiolosku-sigurnost/kontrola-kvalitete/129 (1.12.2022)

Vrijeme je vrlo važan parametar rendgenskog aparata. Male vremenske varijacije uzrokuju velike varijacije doze koje utječu na pacijenta i sliku. Više vremena daje veću ekspoziciju pacijentu, a manje vremena manje ekspozicije daje sliku loše kvalitete. Ako je postotak pogreške timera između +/-5, postavka vremena stroja je prihvatljiva. (17)

3.5.7. Testovi kontrole napona rendgenske cijevi

Napon rendgenske cijevi utječe na energiju i količinu rendgenskog zračenja. Veći anodni napon uzrokuje pomak l_{min} prema kraćoj valnoj duljini, pa je snop tvrđi, Ujedno se i srednja valna duljina također se pomiče se prema kraćoj l a raste i intenzitet za sve l i raspon valnih duljina emitiranih fotona. Najveći mogući napon cijevi rendgenskog uređaja koji se koristi za dijagnostiku u medicini ne smije prelaziti 150 kV. Postoji optimalni potencijal cijevi za svaku ekspoziciju X-zrakama. kVp izlaz rendgenskog uređaja pri danoj postavci trebali bi biti ponovljiv, točan i postojan kada su svi ostali parametri fiksni. Savršene postavke gore navedenih parametara osiguravaju optimalnu dozu pacijentima i kvalitetu slike. Ako vršna energija izlaznog snopa nije ista kao zadani kVp, važni detalji slike mogu biti izgubljeni i rezultirati ponovnim snimanjem slike, što pacijentu daje više doza.Točnost i postojanost napon na rendgenskoj cijevi ne bi smijeli odstupati za više od 10%, a varijacija izlaznog napona ne bi smijela biti veća od 5%. Parametri točnosti, ponovljivosti i postojanosti napona na cijevi kontroliraju se jednom godišnje ili kod promjena cijevi i uređaja. Kontrolu vrši medicinski fizičar. Napon na cijevi se mjeri mulitmetrom i mora biti untar raspona redgenskog uređaja, ponovljiv i postojan.

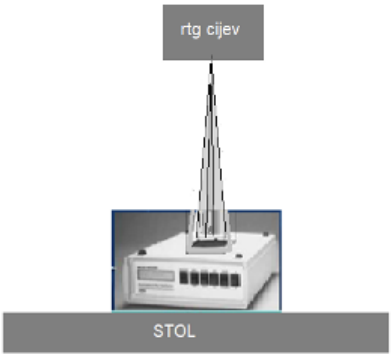
Oprema: **multimetar**
Parametar: **točnost napona**
Kriterij prihvatljivosti: **odstupanje od postavljene vrijednosti napona < 10 %**



Postupak ispitivanja

- Detektor postaviti na ležaj za pacijenta ili stalak na udaljenosti 100 cm od fokusa (minimalno 50 cm)
- Detektor postaviti u središte svjetlosnog polja , okomito na os katoda/anoda.
- Veličinu polja zračenja namjestiti tako da bude malo veće od veličine detektora (cca. 3×4 cm^2).
- Odabrati manualni način rada radiografskog uređaja.
- Postaviti približno 20 mAs
- Postaviti napon na cijevi na 70 kV
- Eksponirati detektor
- Očitati izmjerenu vrijednost napona na cijevi.
- Ponoviti mjerenja za najmanje pet vrijednosti napona na cijevi uređaja u rasponu od 50 do 125 kV
- Izračunati odstupanje od očekivane vrijednosti: x odstupanje= (izmjerena vrijednost napona-očekivana vrijednost napona)/očekivana vrijednost napona
- Upisati tražene vrijednosti u QC obrazac

Parametar: **postojanost napona na cijevi**
Oprema: **multimetar**
Kriterij prihvatljivosti: **odstupanje < 10 %**



Odstupanje (od srednje vrijednosti) izračunati pomoću izraza:

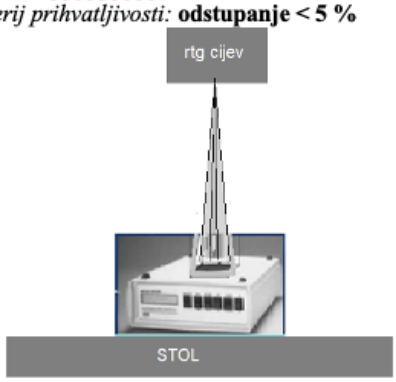
$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}}$$

X_i izmjerene vrijednosti napona i=1,..,5
$\bar{X}$ srednja vrijednost izmjerenog napona
n broj mjerenja
Vrijednosti upisati u QC obrazac.

Postupak ispitivanja:

- Detektor postaviti na ležaj za pacijenta ili stalak na udaljenosti 100 cm od fokusa (>50cm)
- Detektor postaviti okomito na os katoda/anoda., u središte svjetlosnog polja
- polje zračenja namjestiti tako da bude malo veće od veličine detektora (cca. 3×4 cm^2).
- U izborniku izabrati mode u kojem je moguće mjeriti debljinu poluapsorpcije pojedinačno ili zajedno s drugim parametrima snopa.
- Odabrati manualni način rada radiografskog uređaja.
- Postaviti približno 20 mAs
- Postaviti napon na cijevi na ≈ 80 kV i vrijeme ekspozicije na ≈ 0.1 s.
- Eksponirati detektor do 5 puta uz različite vrijednosti jakosti struje (mA) i očitati izmjerene vrijednosti napona za svaku ekspoziciju. Preporučene vrijednosti jakosti struje su: 25, 50, 100, 200 i 400 mA

Parametar:**ponovljivost napona na cijevi**
Oprema: **multimetar**
Kriterij prihvatljivosti: **odstupanje < 5 %**



Odstupanje izračunati pomoću izraza

$$\Delta = \frac{\sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}}}{\bar{X}} \cdot 100\%$$

X_i izmjerene vrijednosti napona i=1,..,5
$\bar{X}$ srednja vrijednost izmjerenog napona
n broj mjerenja
Vrijednosti upisati u QC obrazac.

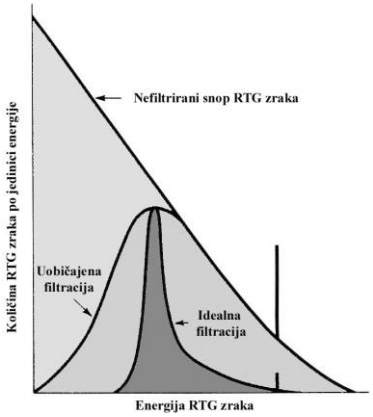
Postupak ispitivanja

- Detektor postaviti na ležaj za pacijenta ili stalak na udaljenosti 100 cm od fokusa (minimalno 50 cm)
- Detektor postaviti u središte svjetlosnog polja , okomito na os katoda/anoda.
- Veličinu polja zračenja namjestiti tako da bude malo veće od veličine detektora (cca. 3×4 cm^2).
- Odabrati manualni način rada radiografskog uređaja.
- U izborniku (Piranha multimetar) izabrati **Radiography Mode**
- Postaviti približno 20 mAs.
- Postaviti napon na cijevi na 80 kV.
- Napraviti pet ekspozicija, za svaku od ekspozicija napraviti očitanje izmjerenog napona na cijevi

Uputa za izradu priručnika za provjeru kontrole kvalitete rendgenskog uređaja koji se koristi za konvencionalnu radiografiju (travanj 2014.) Ministarstvo unutarnjih poslova, Ravnateljstvo civilne zaštite: Dostupno na: https://civilna-zastita.gov.hr/podrucja-djelovanja/radioloska-i-nuklearna-sigurnost/sluzba-za-radiolosku-sigurnost/kontrola-kvalitete/129 (1.12.2022)

3.5.8. Kontrola filtracije rendgenskog snopa- debljina poluapsorpcije HVL (half value layer)

Rendgeski snop je heterogena grupa elektromagnstkog zračenja koje se većim dijelom sastoji od zakočnog zračenja, a manjim dijelom je karakteristično zračenje koje ovisi o građi anode. Maksimalna energija redgenske zrake ne može biti veća od 80% kinetičke energije elektrona.Rendgenske zrake male energije resorbiraju se brzo u površnim dijelovima , one ne sudjeluju u nastanku slike a povečavaju primjljenu dozu. Iz tog razloga rendegnki snop se uvijek filtrira pri izlasku iz cijevi obično filtrima od bakra i aluminija. Ionizirajuće zračenje emitirano iz rendgenske cijevi mora biti filtrirano prije ulaska u tijelo pacijenta.



Debljina poluapsorpcije HVL (half value layer) definira se kao debljina materijal kroz koju prodire polovica rendgenskog snopa a izražava se u mm ili cm i ovisna je o filtraciji. Određivanje debljine poluapsorpcije rendgenskog snopa prihvatljiva je metoda za određenu kvalitetu snopa X-zraka. Za dati kVp mjerenje HVL-a daje informaciju o ukupnoj filtraciji u snopu rendgenskih zraka. Što je veći napon na cijevi biti će potreban deblji filter da bi apsorbirao polovinu rendgenskog snopa. Za zadane uvjete jakosti struje i udaljenosti detektora točno je zadana debljina filtra koji vrši apsorpciju polovine rendgenskog snopa.

Parametar: **debljina poluapsorpcije (HVL)**

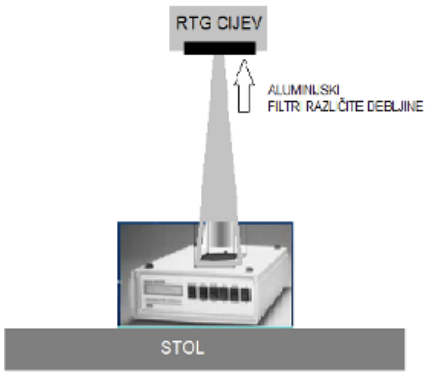
Oprema: **multimetar**

Kriterij prihvatljivosti

Napon na cijevi/kV	HVL/mmAl
50	>1.8
60	>2.2
70	>2.5
80	>2.9
90	>3.2
100	>3.6
110	>3.9
120	>4.3

Postupak ispitivanja:

- Multimetar postaviti na ležaj za pacijenta na udaljenosti oko 100 cm od fokusa. ukoliko to nije moguće postići, udaljenost od fokusa do detektora može biti i manja, no ne manja od 50 cm.
- Detektor postaviti okomito na os katoda/anoda. pomoću svjetlosnog polja postaviti ga u središte polja. veličinu polja zračenja namjestiti tako da bude malo veće od veličine detektora (cca. 3×4 cm^2).
- U izborniku izabrati mode u kojem je moguće mjeriti debljinu



poluapsorpcije pojedinačno ili zajedno s drugim parametrima snopa

- Postaviti približno 20 mas i odabrati napon na cijevi.
- Eksponirati detektor i očitati vrijednost debljine poluapsorpcije i upisati je u formular.
- Ponoviti mjerenja s različitim vrijednostima napona na cijevi u rasponu od 50 do 120 kv u koracima od 10 kv.

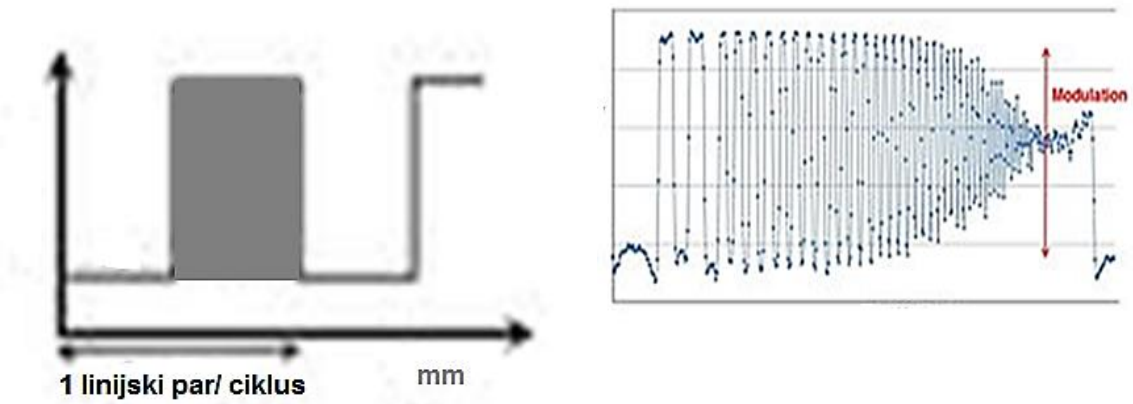
Usporediti izmjerene vrijednosti s kriterijem prihvatljivosti

Uputa za izradu priručnika za provjeru kontrole kvalitete rendgenskog uređaja koji se koristi za konvencionalnu radiografiju (travanj 2014.) Ministarstvo unutarnjih poslova, Ravnateljstvo civilne zaštite: Dostupno na: https://civilna-zastita.gov.hr/podrucja-djelovanja/radioloska-i-nuklearna-sigurnost/sluzba-za-radiolosku-sigurnost/kontrola-kvalitete/129 (1.12.2022)

3.5.9. Razlučivost

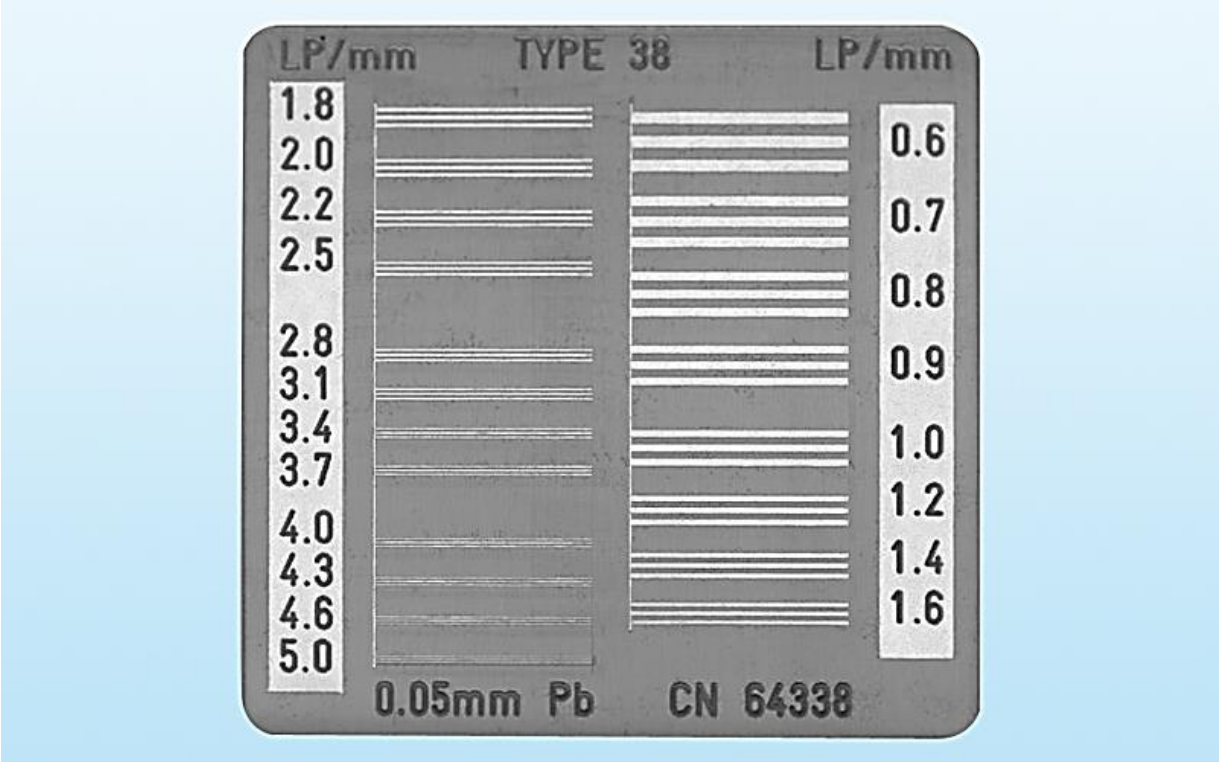
Kvalitetna slika znači što vjerniji prikaz stvarnog objekta. Kvalitetna slika je oštra sa dobrim kontrastom uz što manji šum na slici. Oštrina predstavlja prostornu rezoluciju. Prostorna rezolucija je sposobnost da se diferenciraju vrlo blisko smješteni objekti. Prostorna rezolucija je najmanja distanca na slici na kojoj je moguće uočiti dvije susjedne tačke kao odvojene. izražava se u linijskim parovima po milimetru (lp/mm) Digitalni uređaju imaju manju prostornu rezoluciju od konvencionalnih uređaja (standardni film 5-7 lp/mm, indiretni digitalni receptor 2,5-5 lp/mm).Razlučivost /test viskog kontrasta

Prostorna razlučivost se mjeri u linijski par po mm, koji predstavljaju olovne lamele na fantomu između kojeg se nalazi radiolucentni materijal. Lamele postaju sve tanje sa sve manjim prostorom između kako se povećava broj linijskih parova po mm. Drugi način prikaz prostorne razlučivosti je broj ciklusa u sekundi.



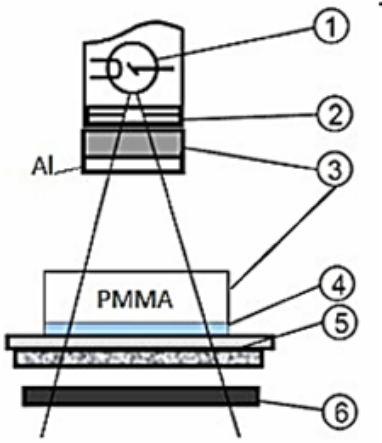
Slika 21 Specijalna frekvencija ciklus /mm = lp/mm

Kod ispitivanja prostorne razlučivosti gleda se ona skupina linijskih parova gdje se linije još vide u cijelosti.



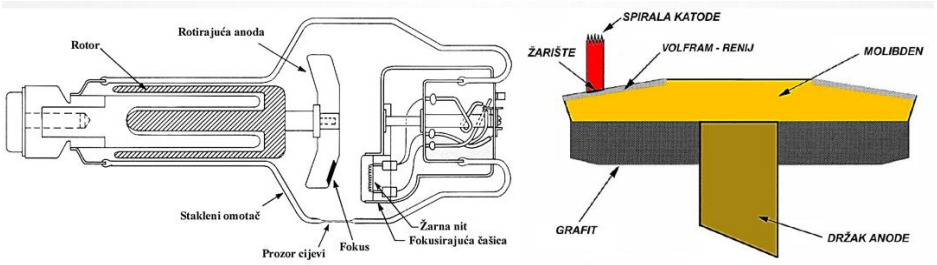
Slika 22 Linijski parovi kod ispitivanja prostorne razlučivosti

Izvor: https://www.activeradsys.com/tp/it/righello-e-oggetti-a-patterns/line-pair-patterns.html

Parametar: prostorna razlučivost Oprema: Fantom QUART SP Vario Kriterij prihvatljivosti: Razlučivost bolja od 2,4 lp/mm	Postupak ispitivanja:
 **1 Rendgenska cijev** **2 Kolimator** **3 Aluminijski lim debljine 25 mm ili ploče od pleksiglasa** **4 QUART SP Vario fantom** **5 Stol i rešetka** **6 Kazeta s filmom**	➢ Postaviti fantom na ležaj za pacijenta. ➢ Pozicionirati fantom koristeći svjetlosno polje i oznake na fantomu. ➢ U procjep na kolimatoru metnuti aluminijski lim debljine 25 mm ili na ležaj za pacijenta ispred fantoma postaviti odgovarajuću debljinu pleksiglasa (25 mmAl~12 cm PMMA) ➢ Postaviti napunjenu kazetu u nosač. ➢ Odabrati AEC način rada s mogućnošću odabira napona na cijevi. ➢ Postaviti napon na cijevi~70 kV ➢ Eksponirati kazetu i razviti film. ➢ Ocijeniti razlučivost na temelju vidljivih linijskih parova. Napomena: Linijski parovi moraju biti vidljivi duž cijele dužine da bi ih se moglo smatrati 'vidljivima'. ➢ Očitati razlučivost pridruženu posljednjem vidljivom linijskom paru i usporediti je s kriterijem prihvatljivosti. Izmjerena prostorna razlučivost: lp/mm

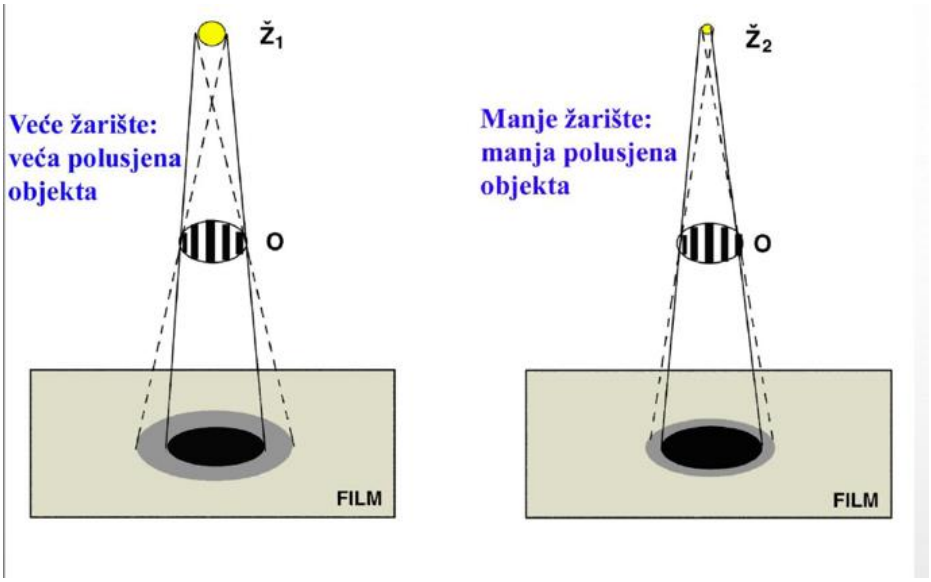
Uputa za izradu priručnika za provjeru kontrole kvalitete rendgenskog uređaja koji se koristi za konvencionalnu radiografiju (travanj 2014.) Ministarstvo unutarnjih poslova, Ravnateljstvo civilne zaštite: Dostupno na: https://civilna-zastita.gov.hr/podrucja-djelovanja/radioloska-i-nuklearna-sigurnost/sluzba-za-radiolosku-sigurnost/kontrola-kvalitete/129 (1.12.2022)

Ovdje je važno spomenuti i fokalnu točka, tj. dio anode na koji udaraju elektroni.



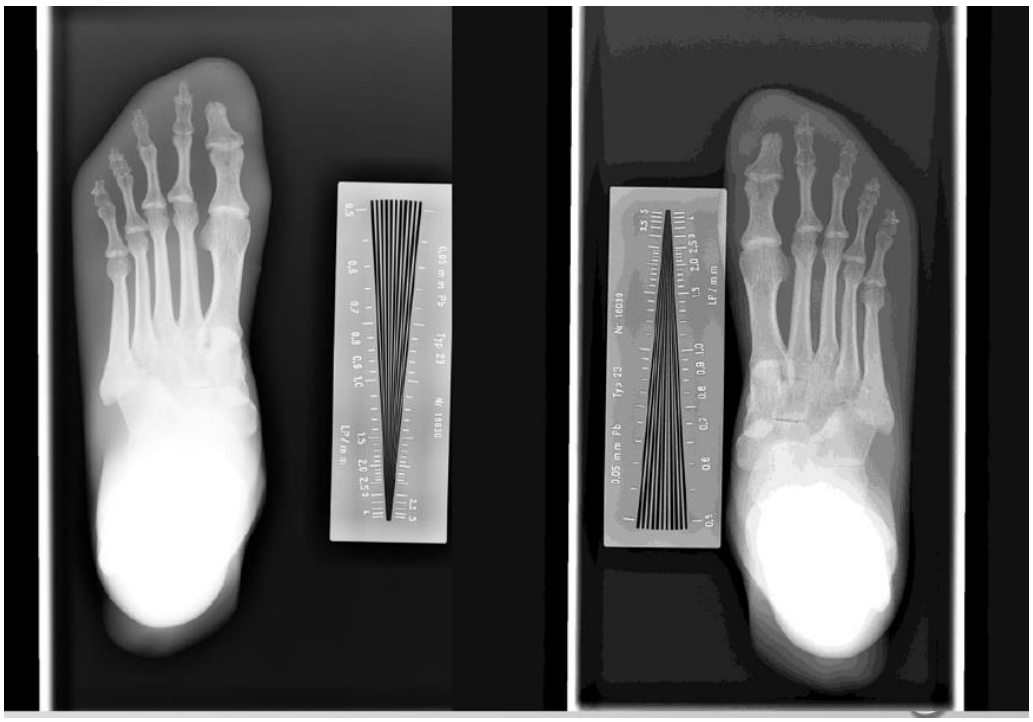
Slika 23 Fokalna točka

Što je manja fokalna točka bolja je prostorna rezolucija. Problem malih fokalnih točaka je pregrijavanje.



Slika 24 Veće i manje žarište

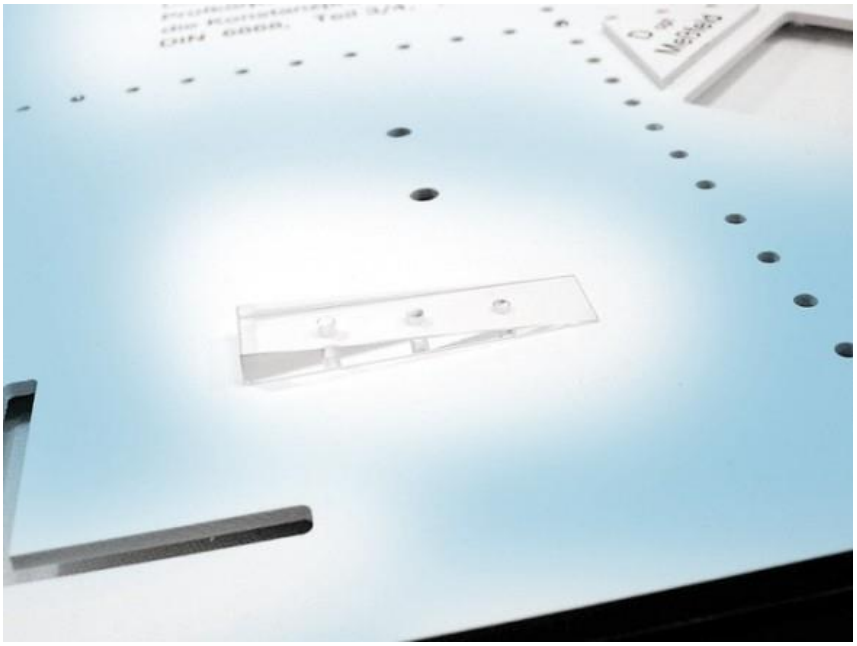
Kod radiografskog uređaja veličine je od 0.6 2mm. Veće fokalne točke mogu se koristiti kod snimanja pluća, abdomena dok se kod snimanja kostiju koriste se cijevi sa manjom fokalnom točkom. Kod mamografskog uređaja 0.3 0.6mm. Izmjerena veličina fokalne točke mora odgovarati broju koji je naveden na rendgenskoj cijevi. Grafički je to prikazano sljedećom slikom gdje se s lijeve strane može vidjeti fokalna točka 1.2 mm, a s desne fokalna točka 0.6 mm.



Slika 25 Fokalna točka od 1.2 mm naprama 0.6 mm

3.5.10. Zacrnjenje

Nastanak rendgenske slike se temelji na apsorpciji zračenja. Za istu valnu duljinu rendgenske zrake i istu debljinu objekta apsorpcija zračenja ovisi o gustoći atoma i njihovom atomskom broj. Objekti veće gustoće i višeg atomskog broja pokazuje veću apsorpciju zračenja. Zacrnjenje na detektoru slike ovisno je o količini zračenja koje dođe do detektora odnosno obrnuto je proporcionalno apsorbiranom zračenju. Objekti građeni o tkiva različite gustoće i različitog atomskog broja pokazuju vrlo veliku razliku u apsorpciji zračenja i imaju prirodno veliku kontrastnost npr. kost, pluća. Objekti građeni o tkiva slične gustoće i atomskog broja imaju nisku kontrastnost, uređaj koji može razlikovati takva tkiva ima dobru kontrastnu rezoluciju. Kontrastna rezolucija predstavlja sposobnost razlučivanja susjednih tkiva koja imaju sličnu masenu gustoću i atomske brojeve, opisuje svojstvo razlikovanja sličnih tkiva. Svi digitalni uređaju imaju značajno bolju kontrastnu rezoluciju u komparaciji s konvencionalnim radiogramima. Testom zacrnjenja mjerimo kontrastnu rezoluciju uređaja, ovaj test poznat je i kao test niskog kontrasta.



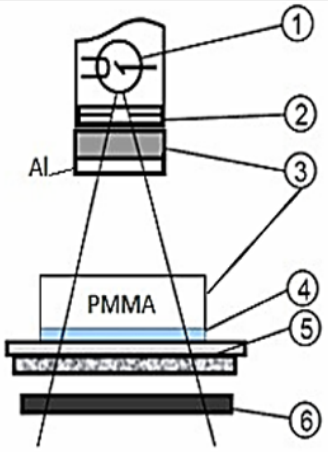
Slika 26 Test zacrnjenja

Izvor: https://quart.de/en/products/test-phantoms/radiography/quart-nkk

Za test zacrnjenja na fantomu postoje stupići različite debljine, nakon ekspozicije gleda se do koje razine se stupići jasno vide i da je to prihvatljivo. Kriterij prihvatljivosti je prag vidljivog kontrasta < 4%. Postupak i uvjeti snimanja su standardizirani i uvijek isti. Rezultati se bilježe

u tablicu. Test zacrnjenja provodi radiološki tehnolog dnevno i mjesečno te medicinski fizičar jednom godišnje.

<table>
<tr>
<td>Parametar: optička gustoća (OD)
Oprema: Fantom QUART SP Vario
Kriterij prihvatljivosti: 1 < OD < 1,5</td>
<td rowspan="2">Postupak ispitivanja:
➢ Postaviti fantom na ležaj za pacijenta.
➢ Pozicionirati fantom koristeći svjetlosno polje i oznake na fantomu.
➢ U procjep na kolimatoru metnuti aluminijski lim debljine 25 mm ili na ležaj za pacijenta ispred fantoma postaviti odgovarajuću debljinu pleksiglasa (25 mmAl~12 cm PMMA)
➢ Postaviti napunjenu kazetu u nosač.
➢ Odabrati AEC način rada s mogućnošću odabira napona na cijevi.
➢ Postaviti napon na cijevi~70 kV.
➢ Eksponirati kazetu i razviti film.
➢ Pomoću denzitometra odrediti nivo zacrnjenja (OD) u dijelu fantoma namijenjenom toj provjeri.

Dobivena vrijednost u skladu s kriterijem prihvatljivosti: DA/NE</td>
</tr>
<tr>
<td> 

1 Rendgenska cijev
2 Kolimator
3 Aluminijski lim debljine 25 mm ili ploče od pleksiglasa
4 QUART SP Vario fantom
5 Stol i rešetka
6 Kazeta s filmom</td>
</tr>
</table>

Uputa za izradu priručnika za provjeru kontrole kvalitete rendgenskog uređaja koji se koristi za konvencionalnu radiografiju (travanj 2014.) Ministarstvo unutarnjih poslova, Ravnateljstvo civilne zaštite: Dostupno na: https://civilna-zastita.gov.hr/podrucja-djelovanja/radioloska-i-nuklearna-sigurnost/sluzba-za-radiolosku-sigurnost/kontrola-kvalitete/129 (1.12.2022)

4. DNEVNA, MJESEČNA I GODIŠNJA KONTROLA KVALITETE ZA DIGITALNU RADIOGRAFIJU NA PRIMJERU KBC OSIJEK

Kod primjera dnevne, mjesečne i godišnje kontrole kvalitete za digitalnu radiografiju u KBC Osijek, s obzirom da nisu mogli biti obuhvaćeni svi testovi koji se u teoriji provode, naglasak je stavljen na testove kvalitete slike digitalnog uređaja. Svi ostali testovi nisu prikazani s obzirom da su detaljno prikazani u ranijem tekstu, a da se provode prema pravilniku.

4.1. Dnevna kontrola kvalitete za digitalnu radiografiju na primjeru KBC Osijek

U KBC Osijek dnevna kontrola kvalitete za digitalnu radiografiju provodi se na uređaju Siemens Luminos dRF Max. Cilj provjere je potvrda funkcioniranja opreme na odgovarajući način kroz pregled mehaničkih dijelova jedinica. Provjera se vrši prema Priručniku za dnevnu kontrolu kvalitete za digitalnu radiografiju KBC-a Osijek, a njime su opisani: opis i cilj; parametri ispitivanja; oprema; postupak; učestalost i odgovorna osoba; analiza i interpretacija te korektivne mjere. (18)

4.1.1. Cilj

Priručnik je pisan sa ciljem identifikacije procesa kontrole kvalitete uređaja za dijaskopiju i snimanje Siemens Luminos dFR MAX, način i vremenske intervale obavljanja određenih procedura i procesa. Konačni cilj postojanja jest dakako osiguranje kvalitete provođenja procesa, odnosno jednake značajke funkcioniranja uređaja.

4.1.2. Učestalost ispitivanja i davanje na uvid mjerenih podataka

Za provedbu procesa kontrole kvalitete definiranog navedenim dokumentom odgovoran je liječnik, voditelj Kliničkog zavoda za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju KBC Osijek. Proces kontrole kvalitete oblikuje fizičar Odjela medicinske fizike u suradnji sa supervizorom

i izvršiteljem Kliničkog zavoda. Procese iz protokola obavljaju inženjeri medicinske radiologije, te daju na uvid odgovornoj osobi jednom mjesečno, odnosno po potrebi, u slučaju odstupanja uređaja od standarda koje je nemoguće ukloniti bez velikih zahvata na uređaju.

Vremenski intervali za obavljanje procedura kontrole kvalitete su: dnevni, mjesečni i godišnji. Nakon svakog redovnog servisa uređaja od strane ovlaštenog servisera potrebno je prije nastavka rada s bolesnicima obaviti procedure označene kao godišnje.

4.1.3. Parametri koji se kontroliraju i učestalost kontrole

Parametri koji se kontroliraju kao i njihova učestalost su:

1. Popis digitalne opreme (dnevno),
2. Artefakti i rešetka (dnevno),
3. Ponovljivost doznog indeksa (dnevno).

Postupak se vrši na sljedeći način: (18)

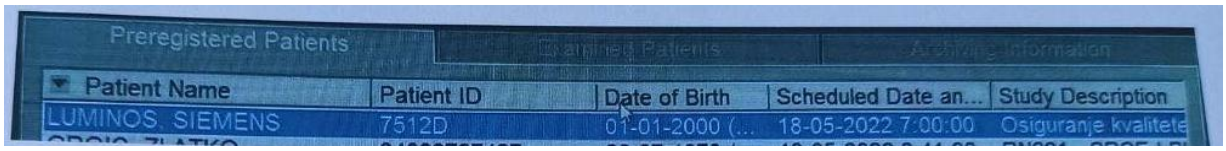
1. Vizualni pregled jedinice za olabavljenim dijelovima, pukotinama, čistoća Bucky-a i cjelokupni integritet.
2. Provjeriti jesu li sva crijeva i kablovi bez prijeloma, nabora i čvorova. Crijeva i kablovi ne bi smjeli biti smješteni ispod teške opreme.
3. Uvjeriti se je li postavljen grafikon s metodama rada (postupnik rada).
4. Uvjeriti se jesu li sredstva za čišćenje detektora i stola dostupna.
5. Zabilježiti stanje u pripadajuću tablicu.

Testiranje se provodi svakodnevno, a odgovorna osoba je inženjer radiologije. Da bi uređaj prošao pregled mehanički dijelovi moraju biti bez oštećenja i prijeloma, a ako kriteriji preporučeni za dnevnu provjeru nisu ispunjeni potrebno je obavijestiti izvršitelja i supervizora za taj modalitet te tehničku podršku na nivou bolnice.

4.1.4. Artefakti i rešetka

Ovo ispitivanje za cilj ima procjenu stupnja i izvora artefakata vidljivih na slikama digitalne radiografije. Jednostavan način osiguranja jednolikosti slike u pogledu signala i šuma. Za provedbu kontrole koristi se 10 cm PMMA ploča debljine 2 cm tipa QUART GmbH.

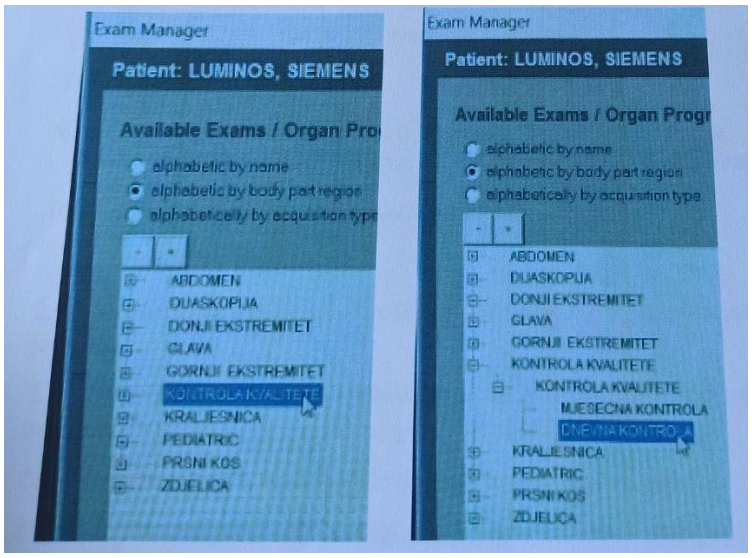
Postupak ispitivanja provodi se odabirom upisanog pacijenta Siemens Luminos ID-a 7512D odnosno pacijenta za dnevnu kontrolu kvalitete povlači se s popisa pacijenata kako je prikazano slikom.



Slika 27 Odabir upisanog pacijenta za dnevnu kontrolu na Siemens Luminos

Izvor: Priručnik za dnevnu kontrolu kvalitete za digitalnu radiografiju, KBC Osijek, Sustav osiguranja osiguranja i poboljšanja kvalitete. Oznaka dokumenta: PKK-KZDIR-2-5-1, Izdanje: 2, primjena od 19.5.2022.

Nakon toga u novootvorenoj kartici Exam Manager odabrati program KONTROLA KVALITETE → DNEVNA KONTROLA. Kliknuti na Add (slika). Nakon odabranog protokola za dnevnu kontrolu kliknuti na Examination.



Slika 28 Odabir dnevne kontrole u Exam manageru

Izvor: Priručnik za dnevnu kontrolu kvalitete za digitalnu radiografiju, KBC Osijek, Sustav osiguranja osiguranja i poboljšanja kvalitete. Oznaka dokumenta: PKK-KZDIR-2-5-1, Izdanje: 2, primjena od 19.5.2022.

SID je postavljen na 115 cm, a na stol za pacijenta postavlja se 10 cm PMMA ploča u središte polja zračenja, tj. središte svjetlosnog polja. Otvoriti kolimatore na veličinu svjetlosnoga snopa

30x30cm. Ekspozicija mora biti postavljeno na 70 kV i središnju komoricu. Vrši se eksponiranje kako bi se vizualnog pregledalo ima li slika artefakata (mrlja, točkica, linija…) i je li jednolika (da nema tamnijih i svjetlijih dijelova). Rešetka također ne smije biti vidljiva na snimci. Rezultati se nakon testiranja upisuju u pripadajuću tablicu.

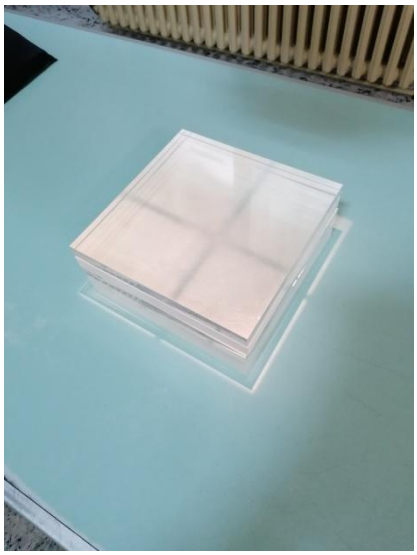
Da bi se kontrola mogla smatrati uspješnom potrebno je dakle pratiti sljedeći protokol:

a) Analiza i interpretacija: vrši se vizualni pregled kako bi se utvrdila prisutnost eventualnih artefakata te provjerilo je li snimka jednolična
b) Osnovne vrijednosti i tolerancija: Ne bi trebalo biti vidljivih artefakata ili velikih nejednolikih područja, tj. rešetka ne smije biti vidljiva.
c) Učestalost i odgovorna osoba: dnevno, inženjer radiologije.
d) Korektivne mjere: Ako kriteriji preporučeni za dnevnu provjeru nisu ispunjeni, ponoviti mjerenje. Ukoliko kriteriji ponovno nisu ispunjeni obavijestiti izvršitelja i supervizora za taj modalitet te tehničku podršku na nivou bolnice i pozvati servis.

4.1.5. Ponovljivost doznog indeksa

Ponovljivost doznog indeksa provodi se na sljedeći način:

1. **Opis i cilj:** Kako bi se osiguralo da je zabilježena DDI dosljedna između uzastopnih ekspozicija koristeći iste postavke AEC uređaja.
2. **Oprema:** 10 cm PMMA ploča (debljine 2 cm), type: QUART GmbH
3. **Postupak:** sa snimke iz prethodne provjere očitati vrijednosti EXI i mAs (koje se nalaze u donjem lijevom kutu snimke) te ih upisati u tablicu.
4. **Analiza i interpretacija:** usporediti mAs i EXI vrijednosti sa srednjom vrijednosti mAs i EXI.
5. **Osnovne vrijednosti i tolerancija:** vrijednosti mAs i DDI se razlikuju <20% od referentnih vrijednosti.
6. **Učestalost i odgovorna osoba:** dnevno, inženjer radiologije.
7. **Korektivne mjere:** ako su granične vrijednosti prekoračene ponoviti test, kako bi se isključila mogućnost pogreške. Ako su granične vrijednosti i dalje prekoračene obavijestiti izvršitelja i supervizora za taj modalitet te tehničku podršku na nivou bolnice i pozvati servis.



Slika 29 Fantom za provjeru kvalitete

Fantom prikazan slikom emitira debljinu tkiva čovjeka te se stavlja između rendgenske cijevi i detektora kako bi se utvrdila ispravnost uređaja. Prema debljini fantoma određuje se količina doze zračenja.

Slika 30 Radiografski uređaj u KBC Osijek Siemens Luminos DRF Max i fantom na uređaju.

4.2. Mjesečna kontrola kvalitete za digitalnu radiografiju na primjeru KBC Osijek

Kako bi se provela mjesečna kontrola kvalitete potrebno je definirati proces kontrole kvalitete uređaja Siemens Luminos DRF Max, način i vremenske intervale obavljanja određenih procedura iz procesa. Cilj procesa je u svakom trenutku rada s bolesnicima osigurati značajke uređaja jednake onima prilikom primanja uređaja na Zavod, dakle jednake onima iz acceptance testa.

4.2.1. Parametri koji se kontroliraju, način i učestalost kontrole

Za provedbu procesa kontrole kvalitete definiranog ovim dokumentom odgovoran je liječnik, voditelj Kliničkog zavoda za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju KBC Osijek. Proces kontrole kvalitete oblikuje fizičar Odjela medicinske fizike u suradnji sa supervizorom i izvršiteljem Kliničkog zavoda. Procese iz protokola obavljaju inženjeri medicinske radiologije,

te daju na uvid odgovornoj osobi jednom tjedno, odnosno po potrebi, u slučaju odstupanja uređaja od standarda koje je nemoguće ukloniti bez velikih zahvata na uređaju.
Parametri koji se kontroliraju i učestalost kontrole prikazani su u Tablici 9.

Tablica 2 Parametri i učestalost kontrole

Parametri	Učestalost
1) Razlučivost visokog kontrasta	mjesečno
2) Razlučivost niskog kontrasta	mjesečno

Kako je prikazano tablicom, provjerava se razlučivost visokog i niskog kontrasta na mjesečnoj razini prema ciljevima i uputama iz priručnika.
Razlučivost za digitalne uređaje je >2,8 lp/mm za dozu ≤ 10μGy, >2,4 lp/mm za dozu ≤ 5μGy.
Kod granice dopuštenih odstupanja kontrast za digitalne uređaje je prema preporuci proizvođača fantoma.

4.2.2. Radni postupci mjesečne kontrole kvalitete

4.2.2.1. Razlučivost visokog kontrasta

Prilikom provođenja kontrole razlučivosti visokog kontrasta potrebno je provjeriti prostorno razlučivanje kroz zadane parametre i opremu kako bi se utvrdio kriterij prihvatljivosti. Kontrola se provodi mjesečno, a upute se sastavljaju na sljedeći način:

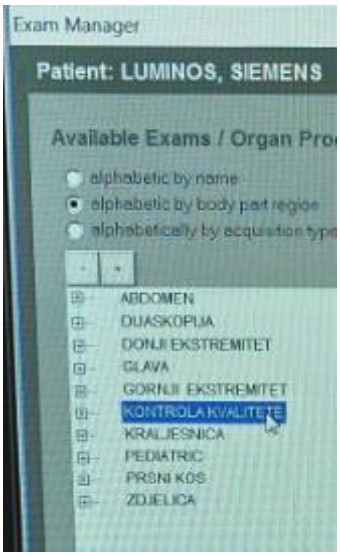
- Opis i cilj: Provjeriti prostorno razlučivanje pomoću linijskog para po milimetru.
- Parametar: linijski par po milimetru (lp/mm)
- Oprema: Pure 18 fantom, 1 mm Cu, ljepljiva vrpca
- Kriterij prihvatljivosti: prostorno razlučivanje > 1 lp/mm
- Učestalost i odgovornost za provedbu: mjesečno (radiološki tehnolog)

Postupak ispitivanja je sljedeći:

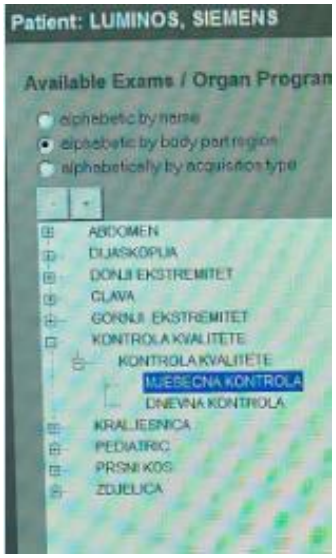
1. Odabrati upisanog pacijenta **Siemens Luminos** ID-a **7512M** odnosno pacijenta za mjesečnu kontrolu kvalitete povući s popisa pacijenata kako je prikazano na slici 17.

Slika 31 Odabir pacijenta za mjesečnu kontrolu

2. U novootvorenoj kartici Exam Manager odabrati program ***KONTROLA KVALITE → MJESEČNA KONTROLA*.** Kliknuti na ***Add*** (*slika 18-20*)**.**



Slika 32 Kontrola kvalitete



Slika 33 Mjesečna

Slika 34 Add

3. Nakon odabranog protokola za mjesečnu kontrolu kliknuti na **Examination.**
4. Stol postaviti u horizontalni položaj, a rendgen cijev na udaljenost ***115 cm*** od stola.
5. Na ležaj za pacijenta postaviti fantom Pure 18 i pozicionirati ga u središte svjetlosnog polja pomoću oznaka unutar svjetlosnog polja i lasera. Svjetlosno polje otvoriti na veličinu fantoma (*slika 21*).

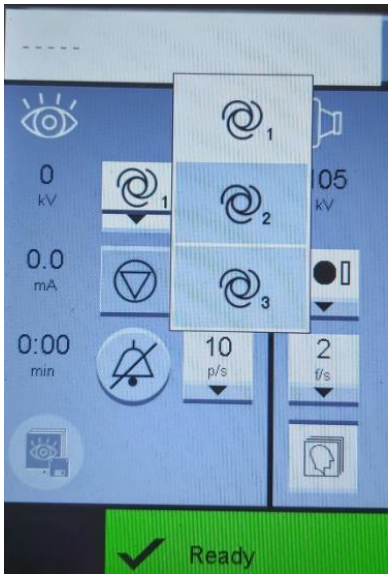
Slika 35 Otvaranje svjetlosnog polja na veličinu fantoma

6. Test objekt za razlučivanje visokog kontrasta mora se nalaziti približno u sredini slike na monitoru. Slika linijskih parova mora biti ukošena pod 45°.

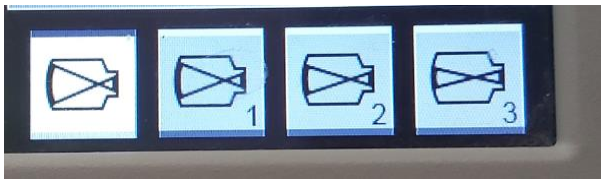
7. Na izlaz rendgen cijevi postaviti (zalijepiti) 1 mm Cu kao što je prikazano na slici 21.

Slika 36 Izlaz rendgen cijevi

8. Postaviti dijaskopski uređaj u “normal dose” način rada tako da na konzoli odaberemo **1** (*slika 23*) te bez uvećanja slike odnosno **1:1** (*slika 24*).



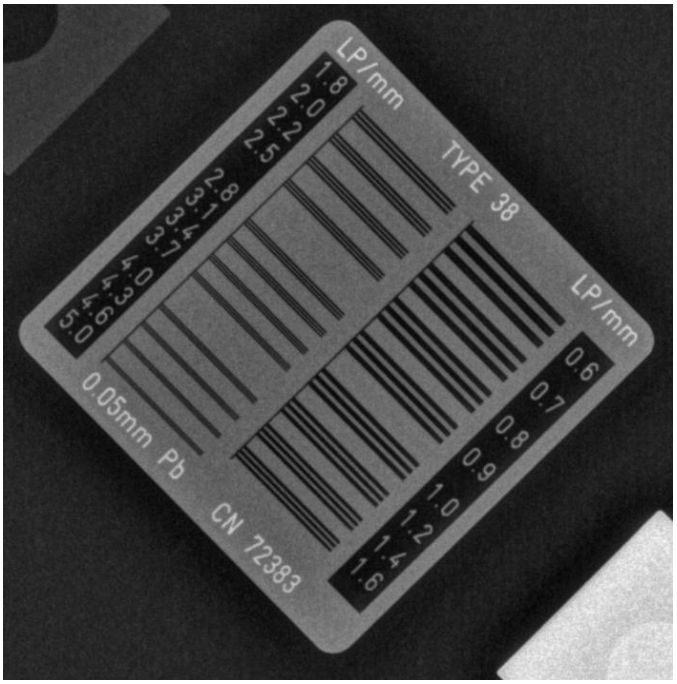
Slika 37 Normal dose 1



Slika 38 Odabir 1:1 bez uvećanja

9. Uključiti dijaskopiju do postizanja stabilne slike na monitoru.

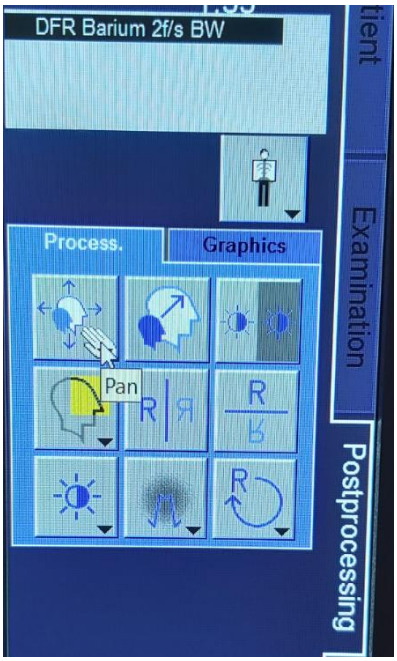
10. Očitati prostorno razlučivanje na glavnom klinički korištenom monitoru promatranjem grupa linijskih (*slika 25).* Kao granična vrijednost odabire se grupa kod koje je najmanje 70% prostora između linija još uvijek vidljivo.



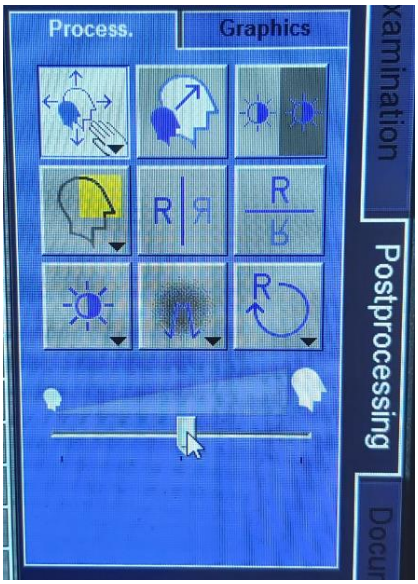
Slika 39 Očitavanje prostornog razlučivanja

11. Linijske parove po potrebi uvećati korištenjem alata Zoom. U aktivnom prozoru ***Examination*** kliknuti na **Image** te odabrati **Store image** (*slika 26*). Na desnoj bočnoj strani monitora kliknuti na ***Postprocessing,*** u kartici ***Proces*** te kliknuti na prikazanu ikonu Zoom (*slika 27*). Otvori se opcija za zumiranje te povlačenjem prikazanog kursora (*slika 28*) povećati sliku i očitati linijske parove.

Slika 40 Store image



Slika 41 Zoom



Slika 42 Očitanje

12. Očitane vrijednosti upisati u tablicu (*slika 29*) koja se nalazi u privitku.

	Rezolucija (lp/mm)		
	Dose rate		
FOV	1	2	3
1:1			
1			
2			
3			
Datum:	Potpis:		

Slika 43 Tablica za upis očitanih vrijednosti

13. Usporediti rezultat s kriterijem prihvatljivosti.
14. Ponoviti ispitivanje za sva dostupna uvećanja slike na uređaju ***1, 2*** **i** ***3*** (*slika 22*) te za sve dostupne brzine doze **1, 2 i 3** (*slika 21*).

Korekcijske mjere: Ako su granične vrijednosti prekoračene, ponoviti test, kako bi se isključila mogućnost pogreške. Ako su granične vrijednosti i dalje prekoračene, obavijestiti izvršitelja i supervizora za taj modalitet te tehničku podršku na nivou bolnice i pozvati servis.

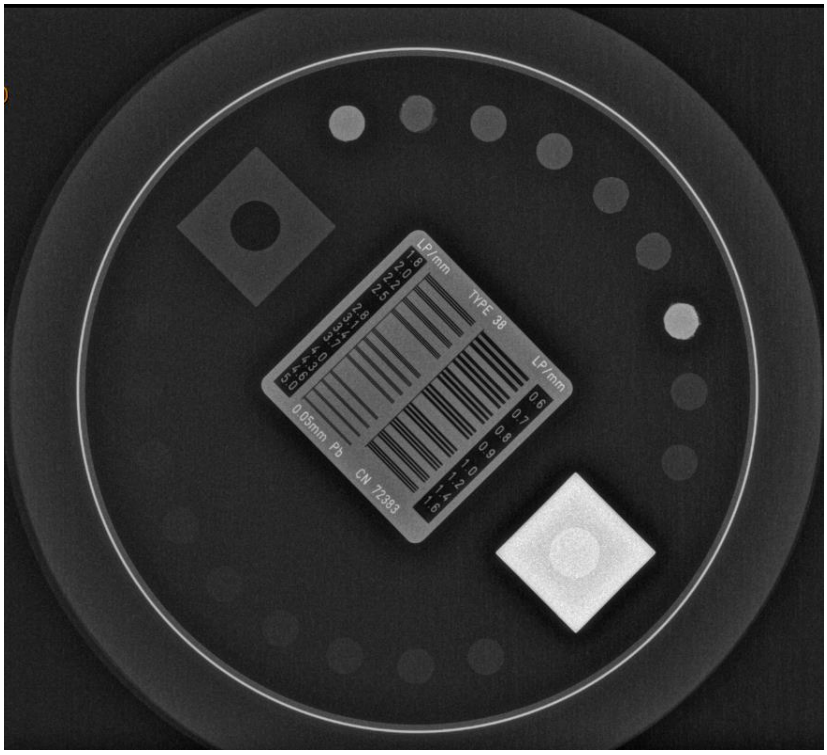
4.2.2.2. Razlučivost niskog kontrasta

Prilikom kontrole razlučivosti niskog kontrasta potrebno je provjeriti prag vidljivosti niskog kontrasta kroz zadane parametre i korištenjem zadane opreme iz priručnika kako bi se utvrdio zadovoljavajući kriterij prihvatljivosti.

- Opis i cilj: Provjeriti prag vidljivog niskog kontrasta.
- Parametar: razlučivanje niskog kontrasta (%)
- Oprema: Pure Imaging fantom, 1 mm Cu, ljepljiva vrpca
- Kriterij prihvatljivosti: Prag vidljivog kontrasta < 4%
- Učestalost i odgovornost za provedbu: mjesečno (radiološki tehnolog)

Postupak ispitivanja provodi se na sljedeći način:

1) Postavke uređaja su iste kao za prethodnu provjeru. Na dobivenim slikama za razlučivost visokog kontrasta istovremeno očitati i rezoluciju niskog kontrasta.
2) Uključiti dijaskopiju do postizanja stabilne slike na monitoru te tijekom dijaskopije očitati razlučivost niskog kontrasta, odnosno broj vidljivih kružića (*slika 30*).



Slika 44 Očitavanje razlučivosti niskog kontrasta kroz broj vidljivih kružića

3) Očitane vrijednosti upisati u tablicu (*slika 31*) koja se nalazi u privitku.

	Kontrast (%)		
	Dose rate		
FOV	1	2	3
1:1			
1			
2			
3			
Datum:	Potpis:		

Slika 45 Tablica za upis očitanih vrijednosti

4) Usporediti rezultat s kriterijem prihvatljivosti.
5) Ponoviti ispitivanje za sva dostupna uvećanja slike na uređaju ***1:1, 1, 2*** **i** ***3*** (*slika 23*) te za sve dostupne brzine doze **1, 2 i 3** (*slika 22*).

Korekcijske mjere: Ako su granične vrijednosti prekoračene, ponoviti test, kako bi se isključila mogućnost pogreške. Ako su granične vrijednosti i dalje prekoračene, obavijestiti izvršitelja i supervizora za taj modalitet te tehničku podršku na nivou bolnice i pozvati servis.

Napomena: Slike poslati u Sectru (server na kojem se arhiviraju radiološke slike)

4.3. Godišnja kontrola kvalitete za digitalnu radiografiju na primjeru KBC Osijek

Godišnja kontrola kontrola kvalitete u KBC Osijek vrši se na temelju Priručnika za provjeru kvalitete dijagnostičkih monitora, a odgovorne osobe prikazane su Tablicom.

Tablica 3 Zadužene osobe za provedbu godišnje kontrole kvalitete u KBC Osijek

Osoba zadužena za provedbu programa osiguranja kakvoće na nivou ustanove: **Pomoćnik ravnatelja za kvalitetu** Osoba zadužena za provedbu programa osiguranja kakvoće: **Voditelj Kliničkog zavoda za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju** Osoba zadužena za provedbu priručnika: **Voditelj Odjela medicinske fizike**

Izvor: PKK-KZDIR-2-6, Priručnik za provjeru kvalitete dijagnostičkih monitora, KBC Osijek, Izdanje: 4, primjena od 9.1.2022.

Testiranja uključuju sljedeće provjere: (19)

a) Ambijentalno svjetlo
b) Kalibracija monitora
c) Geometrijsko iskrivljenje (distorzija)
d) Difuzna i spekularna refleksija
e) Provjera odziva svjetline
f) Jednoličnost osvijetljenosti monitora
g) Rezolucija (samo za CRT monitore)
h) Šum
i) Veiling glare
j) Uniformnost
k) Opća provjera

Prije početka mjerenja, monitori bi trebali biti uključeni barem 30 minuta. Prašina i zamazani ekran monitora može davati netočne rezultate uslijed emitirane svjetlosti koja se apsorbira, odbija ili lomi, stoga bi se trebali očistiti prema uputama proizvođača.
Provjere monitora su visoko osjetljive na ambijentalno svjetlo, stoga bi sve trebale biti napravljene prema optimalnim kliničkim uvjetima (svjetlost u prostoriji niska, treba izbjeći direktno usmjerene vanjske intenzivne izvore svjetla). Razina ambijentalnog svjetla bi trebala biti niska (osvjetljenje < 20 lux-a) za optimalnu opažanje, posebnu u odnosu na niski kontrast objekta.

Svi testni uzorci trebaju biti prikazani u punoj rezoluciji 1:1 (točno jedan piksel ekrana za svaki piksel na digitalnoj slici). Neki od testova su za ekrane od katodne cijevi (CRT-Cathode Ray Tube) a neki za ekrane od tekućeg kristala (LCD-Liquid Crystal Displays).

Tipke na monitoru za kontrast i svjetlinu trebaju biti onesposobljene nakon kalibracije monitora, kako bi se izbjegle proizvoljne promjene na odgovor monitora. Ako to nije moguće, tada se treba zamoliti osoblje da te tipke ne koriste. (19)

Provjere za monitor se izvode pomoću prikazanih test uzoraka na ekranu.

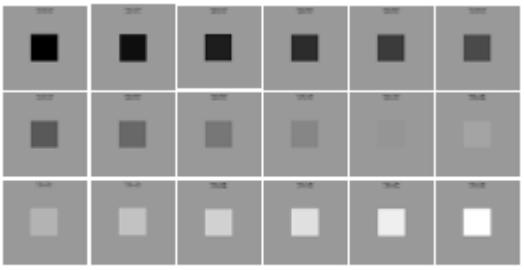
Test uzorci se mogu skinuti s TG18 web stranice na poveznici: http://deckard.mc.duke.edu/~samei/tg18#_DOWNLOAD_THE_TG18.

4.3.1. Ambijentalno svjetlo

Svrha i cilj: provjera osvijetljenosti prostorije u kojoj se nalaze monitori za gledanje slike. **Parametar:** osvjetljenje u lux-ima **Kriteriji prihvatljivosti:** - osvijetljenost CR/DR radne stanice za očitanje 2 – 10 lux - osvijetljenost mamografske radne stanice za očitanje < 15 lux - osvijetljenost CT/MR/NM radne stanice za očitanje 15 - 60 lux - osvijetljenost hitna medicina 150 - 300 lux - osvijetljenost kliničkih stanica za gledanje 200 - 250 lux **Učestalost:** godišnje, medicinski fizičar. **Oprema:** mjerni uređaj za osvjetljenje (multimetar s nastavkom Light Probe).	Postupak ispitivanja: • Svjetlo u prostoriji kao i svi uređaji u prostoriji trebaju biti na istoj razini osvjetljenja kao i u kliničkim uvjetima. • Isključiti monitor, na multimetar spojiti uređaj za očitanje ambijentalnog svjetla Light Probe. • Okrenuti i udaljiti Light Probe od monitora 30 cm. Light Probe do trenutka očitanja ambijentalnog svjetla mora biti prekriven dok se ne dovede u poziciju za očitavanje. • Kad smo doveli Light Probe u određeni položaj uklanjamo zaštitu s dijela pomoću kojeg očitavamo ambijentalno svjetlo i pritisnemo prekidač za očitanje. • Očitana mjerenja upisujemo u tablicu i uspoređujemo s zakonskom regulativom. Korektivne mjere: ako vrijednost nije u toleranciji, zamračiti prostoriju i ponoviti mjerenje.

4.3.2. Kalibracija monitora

Svrha i cilj: Radi osiguranja konzistencije slike kada se slike prikazuju na različitim radnim stanicama i monitorima. I radi računanja omjera kontrasta. **Parametar: GSDF** (Grayscale standard display function)	**Postupak ispitivanja:** • Učitati TG18-LN12-i (i=1,2,...18) testni uzorak (**slika 2.**). • Prikazati testni uzorak jedan po jedan koristeći isti software kao za prikaz kliničkih slika.

Kriteriji prihvatljivosti: za primarne i sekundarne monitore 10 % od inicijalnih vrijednosti (L_{max} ≥170 cd/m^2) **Učestalost:** godišnje, medicinski fizičar. **Oprema:** mjerni uređaj za osvjetljenje (multimetar i nastavak Light Probe), test uzorak TG18LN  TG18LN test patterns	• Otvorite prvu sliku TG18-LN testnog uzorka, TG18-LN12-01, koja prikazuje crni kvadrat u sredini lijevog monitora. • Postaviti Light Probe u centar kvadrata i pritiskom na prekidač mjeriti svjetlinu. Treba paziti, posebno s prvom slikom (minimalna svjetlina), da se pričeka dok mjerni uređaj ne pokaže stabilni broj. Unijeti očitanu vrijednost u tablicu. • Ponoviti postupak za slijedeće slike TG18-LN12-02, sve do zadnje slike TG18-LN12-18. • Ponoviti sve korake i za desni monitor. Testni uzorak sastoji se od 18 slika (**slika lijevo**) definirane kodom tipa TG18-LNx-y gdje x označuje dubinu u bit-ovima dok y je broj slike u setu. Svaki uzorak sastavljen je od centralnog dijela (testna zona) koji sadrži određeni broj pixela i zauzima 10% površine slike. Vrijednost pixela jednog seta je ekvidistantna: npr. u 18 uzorka jednog seta od 8 bita pixeli testne zone imaju vrijednosti 0, 15, 30, …., 255; u setu od 12 bita vrijednosti su 0, 240, 480, …, 4080. Pomoću luksmetra izmjeriti osvjetljenost L(p) svakog od 18 uzoraka i zapisati dobivene vrijednosti koristeći i kod detalja. Nakon toga izmjeriti osvjetljenost Lpr zbog prostornog svijetla na ugašen ekran. Procijeniti $L'_{max} = L_{max} + L_{pr}$; $L'_{min} = L_{min}$ + L_{pr} e $L'R = L'_{max} / L'_{min}$ Test je prošao ako je faktor kontrasta ($C= L_{max} / L_{min}$) veći od 250. Izmjereni odgovor monitora uspoređuje se s GSDF. Tolerira se interval razlike od ± 10 % u odnosu na GSDF. **Korektivne mjere:** ako ima samo malo nekalibriranih točaka monitor se može koristiti, a ako postoji više nekalibriranih točaka tada se treba pozvati proizvođača za rekalibraciju uređaja.

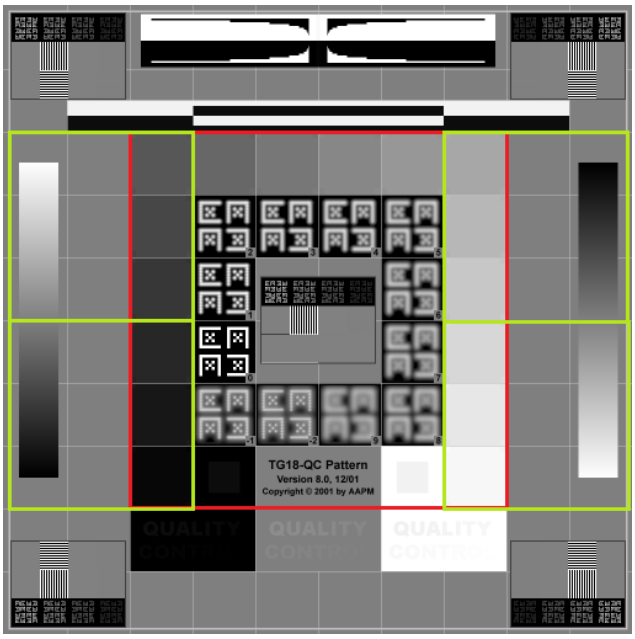
4.3.3. Geometrijsko iskrivljenje (distorzija)

Svrha i cilj: provjerava se jesu li linije ravne, aktivno područje centrirano. **Parametar:** ravne linije.	**Postupak ispitivanja:** • Otvoriti testni uzorak TG18-QC, i pomoću ravnala izmjeriti linije rubova označenih kvadarata

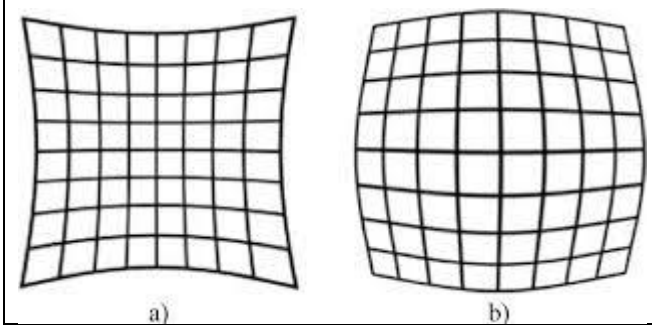
Kriteriji prihvatljivosti: granice trebaju biti potpuno vidljive, linije trebaju biti ravne, aktivno područje ekrana treba u centru ekrana. Razlike duljina moraju biti manje od 2% za dijagnostičke monitore i 5% za akvizicijske monitore.

Učestalost: godišnje, medicinski fizičar.

Oprema: testni uzorak **TG18-QC**, ravnalo.



Slika

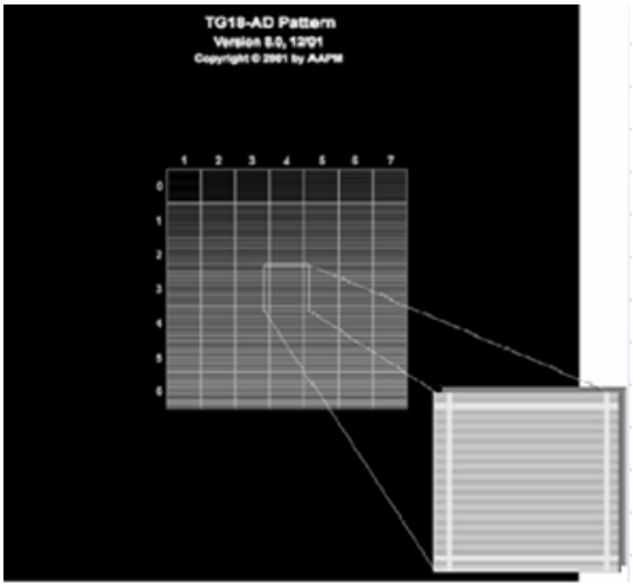


(centralnog crvenog kvadrata i 4 manja kvadrata zelene boje- **slika lijevo**).

- Pomoću ravnala pokušavamo izmjeriti jesu li linije blizu ruba ekrana ravne ili iskrivljene.
- One mogu biti iskrivljene prema centru ekrana (**slika a**) ili prema rubovima ekrana monitora (**slika b**).
- Treba odrediti u svakom kvadrantu, između kvadranta i unutar cijelog uzorka (crveni kvadrant) maksimalni postotak odstupanja mjerenja u svakom smjeru, i između mjerenja u horizontalnom i vertikalnom mjerenju. Postotak treba izračunati u odnosu na najmanju vrijednost s kojim se uspoređuje.
- Za primarne monitore, maksimalna devijacija između pravokutnih mjerenja ne bi trebala prelaziti 2 % unutar bilo kojeg smjera i između smjerova unutar svakog kvadranta i unutar cijelog uzorka.
- Postotak odstupanja u kvadrantima također ne smije prelaziti 2%.

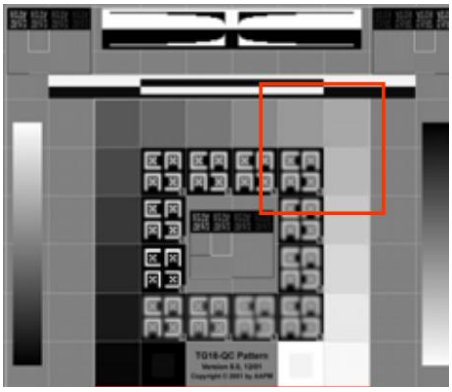
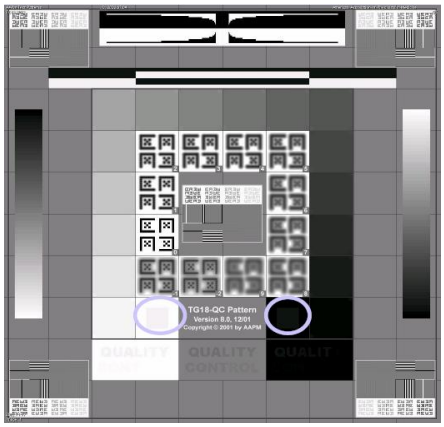
Korektivne mjere: Rekalibracija ako je moguća ili kontaktirati servisera.

4.3.4. Difuzna i spekularna refleksija

Svrha i cilj: Provjerava se utječe li prostorno svjetlo na vidljivost detalja niskog kontrasta i niske osvijetljenosti. **Parametar:** vidljivost niskog kontrasta. **Kriteriji prihvatljivosti: -za difuznu refleksiju**-prag vidljivosti ne smije se razlikovati, za 8-bitne monitore 50, a za 12-bitne 200 - **za spekularnu refleksiju -** ne smiju se vidjeti osvijetljeni objekti na monitoru **Učestalost:** godišnje, medicinski fizičar. **Oprema:** testni uzorak **TG18-AD**  	**Postupak ispitivanja:** ***Difuzna refleksija*** • Otvoriti testni uzorak TG18-AD **(slika lijevo)** • Potpuno zamračiti prostoriju, odabrati najmanji vidljivi detalj na uzorku. • Provjeriti vidljivost tog detalja u referentnim dijagnostičkim uvjetima na udaljenosti od 30 cm. • Za vrijednosti pixela 0, vrijednost svjetlih linija se određuje =C+7R, gdje je C broj stupca (od 1 do 7), a R je broj reda (od 0 do 6). Za 12-bitne monitore vrijednost se množi s 4. ***Spekularna refleksija*** • Prilikom gledanja slika na dijagnostičkim monitorima, provjeriti vide li se na monitoru odrazi predmeta iz prostorije u kojoj se monitori nalaze s udaljenosti 30- 60 cm. • Gledano u kliničkim uvjetima pod kutom od ± 15°. **Korektivne mjere:** Rekalibracija, ako je moguća ili kontaktirati servisera.

4.3.5. Provjera odziva svjetline

Svrha i cilj: provjerava se jesu li vidljiva područja niskog kontrasta između objekta i njegove okoline. **Parametar:** niski kontrast. **Kriteriji prihvatljivosti:** objekti niskog kontrasta moraju biti vidljivi u svima područjima. **Učestalost:** godišnje, medicinski fizičar.	**Postupak ispitivanja:** • Otvoriti testni uzorak TG18-QC, tu se nalazi 18 kvadrata, od kojih svaki sadrži po 4 kvadrata u svakom kutu velikog kvadrata (**slika 8.**). • Počevši od najsvijetlijeg kvadrata (prvi desno od naziva uzorka- **slika 7.**) pa sve do najtamnijeg kvadrata (koji se nalazi s lijeve strane natpisa- **slika 7.**) krečući se prema gore, zatim lijevo i onda prema dolje treba vizualno pregledati jesu li svi kvadratići koji se nalaze u kutovima

Oprema: testni uzorak **TG18-QC**.  	svakog kvadrata vidljivi (zaokruženi zeleno na **slici 8.**). • Ocijeniti jel vidljiva prisutnost 2 uzorka (manji kvadrati) s 5 % kontrasta koji se nalaze unutar tamnog i svijetlog područja (velikih kvadrata koji se nalaze lijevo i desno od naziva testa –**slika 9.** označeno svijetlo ljubičastim krugom). • Ocijeniti koliko je slova vidljivo u sva 3 natpisa niskog kontrasta (**Quality control**), označeno plavim pravokutnikom ispod naziva testa na **slici 9.** **Korektivne mjere:** Rekalibracija, ako je moguća ili kontaktirati servisera.

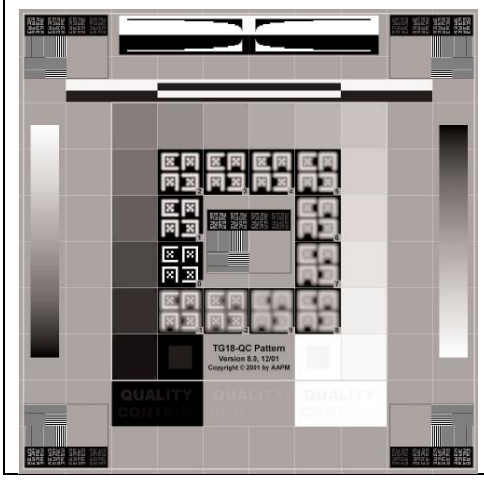
4.3.6. Jednoličnost osvijetljenosti monitora

Svrha i cilj: ustanoviti da je monitor koji se provjerava jednoličan na svim područjima, odnosno da nema veliki razlika između sredine monitora i njegovih rubnih dijelova, tj. kuteva. **Parametar:** uniformnost ili jednoličnost (lux).	**Postupak ispitivanja:** 1. Otvoriti testni uzorak **TG18-UL80**, svjetla pozadina s 5 kvadrata (**slika 10.**). 2. U svih 5 kvadrata, krenuvši od središnjeg, pomoću multimetra očitati osvijetljenost i upisati u excel tablicu.

Kriteriji prihvatljivosti: razlika u osvijetljenosti monitora u sredini od kutova mora biti manja od 30%. **Učestalost:** godišnje, medicinski fizičar. **Oprema:** testni uzorak **TG18-UNL10** i uzorak **TG18-UNL80,** multimetar koji mjeri osvijetljenost. 	3. Otvoriti testni uzorak **TG18-UL10**, tamna pozadina s 5 kvadrata (**slika 11.**). Ponoviti postupak isto kao i za uzorak **TG18-UL80**, tj. ponoviti korak 2. **Korektivne mjere:** Rekalibracija, ako je moguća ili kontaktirati servisera.

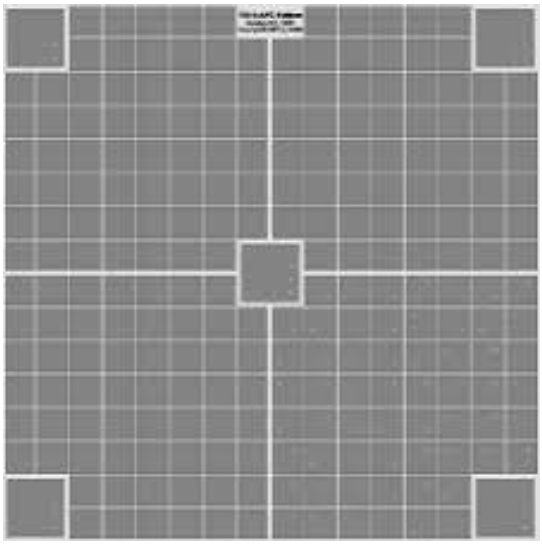
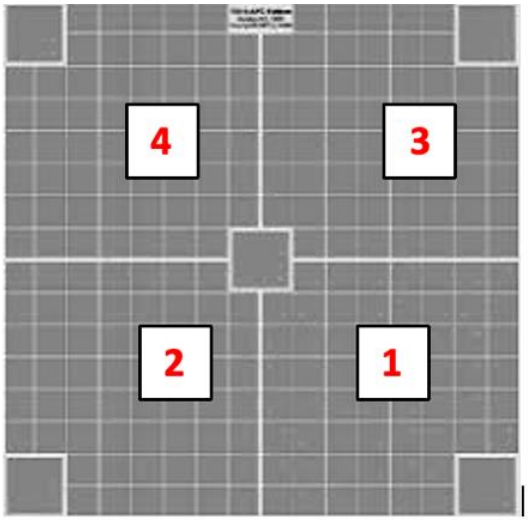
4.3.7. Rezolucija (samo za CRT monitore)

Svrha i cilj: provjera osvijetljenosti prostorije u kojoj se nalaze monitori za gledanje slike. **Parametar:** osvjetljenje u lux-ima **Kriteriji prihvatljivosti:** - osvijetljenost CR/DR radne stanice za očitanje 2 – 10 lux - osvijetljenost mamografske radne stanice za očitanje < 15 lux	**Postupak ispitivanja:** • Otvoriti testni uzorak **TG18-CX** (**slika 12.**) • Usporediti promatrajući oštrinu malih CX uzoraka sa simuliranim zamagljenim velikim CX uzorcima koji se nalaze u sredini uzorka. • Prolazna tolerancija bi trebala biti ≤ 4.

- osvijetljenost CT/MR/NM radne stanice za očitanje 15 - 60 lux - osvijetljenost hitna medicina 150 - 300 lux - osvijetljenost kliničkih stanica za gledanje 200 - 250 lux **Učestalost:** godišnje, medicinski fizičar. **Oprema:** mjerni uređaj za osvjetljenje (multimetar s nastavkom Light Probe).  	• Otvoriti testni uzorak **TG18-QC** (**slika 13.**) • Slično kao i kod **TG18-CX** testnog uzorka i ovdje treba usporediti Cx koji se nalaze u sva 4 kuta i u sredini uzorka (označeno plavim na slici 13.) • Prolazna tolerancija ista kao i kod **TG18-CX** testnog uzorka. **Korektivne mjere:** Rekalibracija, ako je moguća ili kontaktirati servisera.

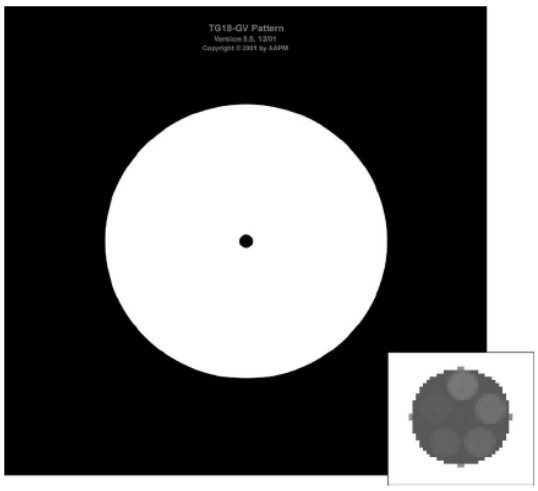
4.3.8. Šum

Svrha i cilj: otkrivanje malih objekata i objekata niskog kontrasta na radiološkim snimkama ne ovise samo o njihovoj veličini i kontrastu nego i o prikrivenom šumu i o šumu u neposrednoj okolini. **Parametar:** šum.	**Postupak ispitivanja:** • Otvoriti testni uzorak **TG18-AFC**. Uzorak je podijeljen u 4 kvadranta koji sadrže više kvadratnih ciljanih područja. Unutar svakog tog ciljanog područja nalazi se u jednom od kutova kvadratna meta (**slika 14.**).

Kriteriji prihvatljivosti: za primarne monitore moraju biti vidljivi svi osim najmanjeg **za sekundarne monitore** moraju biti vidljiva dva najveća **Učestalost:** godišnje, medicinski fizičar. **Oprema:** testni uzorak **TG18-AFC**  	• Za 12-bitne monitore, mete koje se nalaze u kutu kvdranta imaju kontrastnu vrijednost +32, 48, 64 i 96 DDL i odgovarajuću veličinumete od 2, 3, 4 i 6 pixela. • U sva četiri kuta testnog uzorka i u njegovom centru nalaze se veća kvadratna područja koja također sadrže mete raznih veličina i kontrasta. • Uzorak se treba promatrati s udaljenosti od 30 cm. • 4 velika kvadranta (**slika 15**. -kvadranti su označeni crvenim brojevima) se može vizualno procijeniti i ustanoviti vezu kontrast-veličina. Veza kontrast-veličina u ta 4 kvadranta je 20-2, 30-3, 40-4 i 60-6. • Prebrojati kvadrante u kojima je većini kvadratnih ciljanih objekata vidljiva meta u nekom od kutova tog ciljanog područja. • Prolazna vrijednost provjere je većina objekta vidljiva u 3 ili više kvadranta. **Korektivne mjere:** Rekalibracija, ako je moguća ili kontaktirati servisera.

4.3.9. Veiling glare

Svrha i cilj: rasipanje svjetlosti u monitorima izaziva difuznu osvijetljenost koja prikriva željenu, prikazanu sliku. Veiling glare (zastrti odsjaja) se javlja kod monitora, ono je unutarnje svojstvo monitora	**Postupak ispitivanja:** 1. Vizualna procjena Veiling glare se može postići pomoću testnih uzoraka **TG18-GV** (testni uzorak u kojemu je crni centralni krug promjera 1 cm okružen bijelim krugom promjera 20 cm, **slika 16.**) i **TG18-GVN** (sličan

Parametar: veiling glare. **Kriteriji prihvatljivosti:** vidljivost objekta ne smije se razlikovati između dva uzorka. Za primarne monitore 0 <Cx < 4, za sekundarne monitore 0 <Cx < 6 **Učestalost:** godišnje, medicinski fizičar. **Oprema:** testni uzorak **TG18-GVN** i **TG18-GV**  	testnom uzorku, samo bez bijelog kruga promjera 20 cm, odnosno ovdje je on zamijenjen s crnim krugom) 2. Prikazana veličina testnog uzorka na monitoru mora biti prilagođena tako da veličina promjera bijelog kruga bude 20 cm. 3. Bijeli krug se treba zamaskirati, tj.potpuno prekriti tako da ni refletirana svjetlost tog područja ne bude vidljiva. To se može postići pomoću maske ili konusnog tuljka koji će zaštiti oko od okolnog osvjetljenja uzorka. 4. Promatrač bi trebao razaznati vidljivost nisko kontrastnih objekata (5 nisko kontrastnih krugova s vrijednostima piksela 2, 4, 6, 8 i 10) koji se nalaze unutar crnog kruga promjera 1 cm koji se nalazi u centru uzorka okružen bijelim krugom. 5. Ne bi trebalo biti vidljivo značajno smanjenje u kontrastu ciljanih objekata između 2 testna uzorka. 6. Ovaj test je osjetljiv na percipirani kontrast meta, odnosno ciljanih područja s crnim krugom promjera 20 cm. Ako je ovo upravo na jedva uočljivom pragu, tada svako smanjenje u kotrastu zbog prisutnosti svjetlog područja pokazat će da mete tj. Ciljana područja nisu vidljiva. 7. Za **primarne monitore** moraju barem **3 objekta** biti vidljiva, a za **sekundarne monitore** barem **1**. **Korektivne mjere:** Rekalibracija, ako je moguća ili kontaktirati servisera.

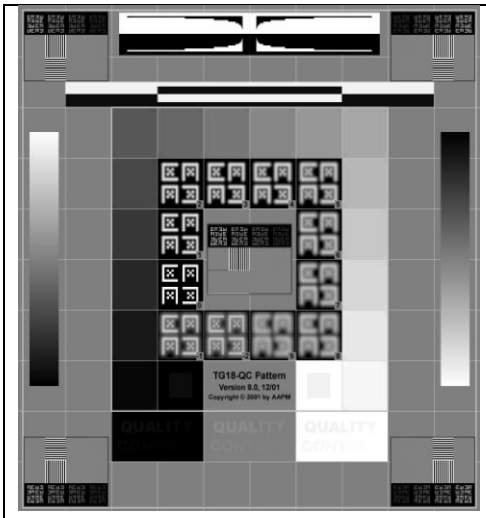
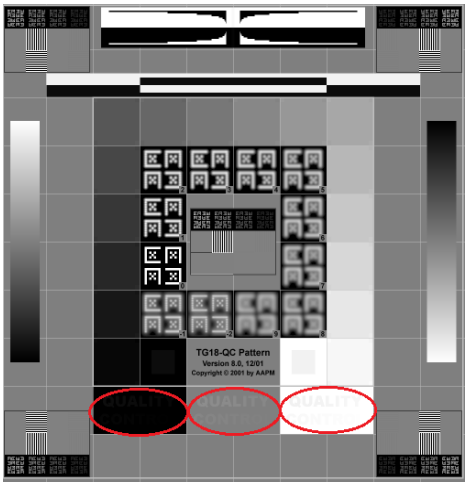
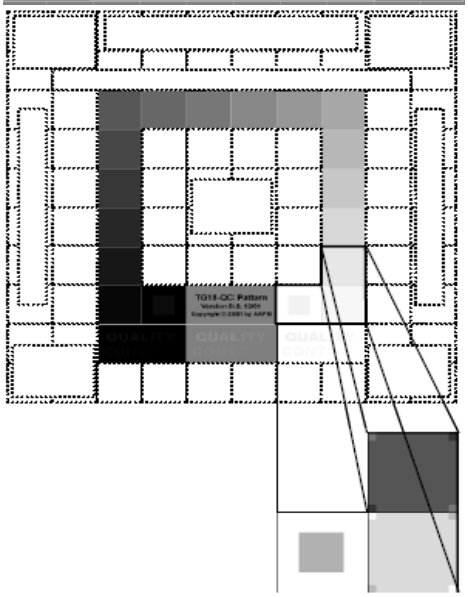
4.3.10. Uniformnost

Svrha i cilj: mjerenje nijanse boje zaslona važno je jer se odnosi na podudaranje boja višestrukih slojeva sive skale zaslona koji se mogu koristiti na jednoj radnoj stanici. **Parametar:** kvaliteta boje monitora.	**Postupak ispitivanja:** 1. Vizualna procjena uniformnosti boje se može postići pomoću testnog uzorka **TG18-UN80** (**slika 17.**). 2. Testni uzorak treba biti otvoren na svim monitorima koji su povezani s radnom stanicom.

Kriteriji prihvatljivosti: ne smije biti značajnih odstupanja u boji za svaki monitor, niti među različitim monitorima **Učestalost:** godišnje, medicinski fizičar. **Oprema:** testni uzorak **TG18-UN80** 	3. Relativna uniformnost boje prikazanog uzorka preko zaslona svakog monitora i preko različitih monitora bi se trebala razaznati. 4. Ne smije biti značajnih razlika u boji između monitora i preko zaslona svakoga primarnog monitora. **Korektivne mjere:** Rekalibracija, ako je moguća ili kontaktirati servisera.

4.3.11. Opća provjera

Svrha i cilj: **Parametar:** kontrast, artefakti. **Kriteriji prihvatljivosti:** **Učestalost:** godišnje, medicinski fizičar. **Oprema:** testni uzorak **TG18-QC**. Slika	**Postupak ispitivanja:** 1. Otvoriti testni uzorak TG18-QC (slika 18.). 2. Promatrati sliku s udaljenost od 30 cm i vizualno ocijeniti sliku, zapisati eventualnu prisutnost artefakta i neuniformnosti, pogotovo u prelascima sa crnog na bijelo i sa bijelog na crno. 3. Na istom uzorku unutar 2 kvadrata ocjeniti vidljivost minimalnu i maksimalnu vrijednost piksela (5% i 95% vrijednosti piksela u kvadratima) (slika 30.) 4. Ocjeniti natpise niskog kontrasta, odnosno, ocijeniti koliko slova je vidljivo u natpisu QUALITY CONTROL (slika 31.) 5. Ocjeniti razlučivost svih 18 polja različitog kontrasta, odnosno provjeriti vide li se 4 kvadrata koja se nalaze u kutu svakog polja (slika 32.)

  	**Korektivne mjere:** Rekalibracija, ako je moguća ili kontaktirati servisera.

4.3.12. Subjektivna provjera usklađenosti monitora

Svrha i cilj: Provjeriti postoje li razlike između lijevog i desnog dijagnostičkog monitora za mamografske snimke. **Parametar:** - **Kriteriji prihvatljivosti:** vizualno nema razlike u prikazu iste mamografske snimke. **Učestalost:** svaka 3 mjeseca, medicinski fizičar. **Oprema:** mamografska snimka.	**Postupak ispitivanja:** • Izabrati kliničku mamografsku snimku i prikazati na oba mamografska dijagnostički monitora istovremeno. • Vizualno provjeriti da je snimka ista na oba monitora. **Korektivne mjere:** Rekalibracija, ako je moguća ili kontaktirati servisera.

4.4. Ostali testovi

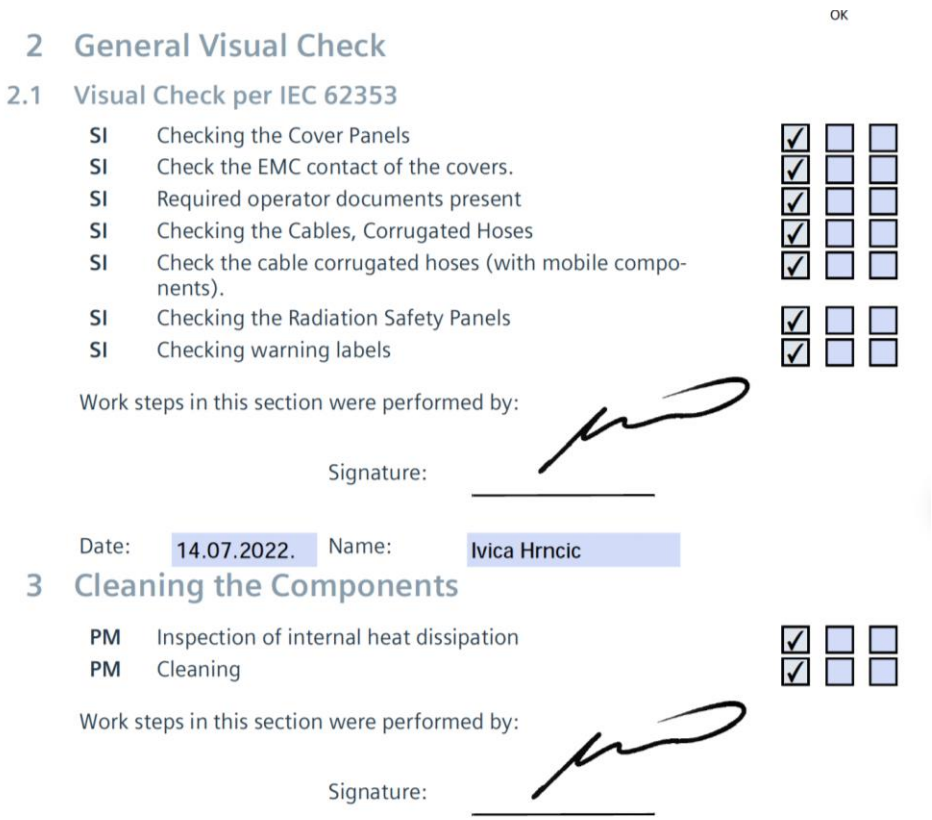
Uz navedene i opisane standardne testove koji se vrše na dnevnoj, mjesečnoj i godišnjoj razini postoje specifični drugi testovi koji se za određene uređaje mogu provoditi na drugačijoj vremenskoj bazi. Jedan od takvih primjera je polugodišnji test za uređaj Luminos dRF Max koji se u Osječkom KBC-u provodi korištenjem Maintenance Protocol System za navedeni uređaj.

Provođenje započinje upitnikom procjene stanja sustava koji uključuje sljedeće provjere:

• Sustav nema nedostataka.*	Da/Ne
• Sustav ima male nedostatke koji ne utječu na kontinuirano • korišteni rad sustava. Nedostatke treba ispraviti preventivno.*	Da/Ne
• Sustav ima ozbiljne nedostatke. Iz sigurnosnih razloga, nastavak rada sustava dopušten je samo nakon uspješne otklanjanje nedostataka.	Da/Ne

*Za slikovne sustave: Rezultat provjere kvalitete slike ne pokazuje odstupanje od

referentne vrijednosti.



OK

2 General Visual Check

2.1 Visual Check per IEC 62353

		OK		
SI	Checking the Cover Panels	☑	☐	☐
SI	Check the EMC contact of the covers.	☑	☐	☐
SI	Required operator documents present	☑	☐	☐
SI	Checking the Cables, Corrugated Hoses	☑	☐	☐
SI	Check the cable corrugated hoses (with mobile components).	☑	☐	☐
SI	Checking the Radiation Safety Panels	☑	☐	☐
SI	Checking warning labels	☑	☐	☐

Work steps in this section were performed by:

Signature:

Date: 14.07.2022. Name: Ivica Hrncic

3 Cleaning the Components

		OK		
PM	Inspection of internal heat dissipation	☑	☐	☐
PM	Cleaning	☑	☐	☐

Work steps in this section were performed by:

Signature:

Slika 46 Primjer provedenog vizualnog testa

Slikom je prikazan primjer provođenja testa od 14. srpnja ove godine kojega je provela i potpisala zadužena osoba Ivica Hrnčić. Vizualna provjera je uključivala sljedeće provjere: Provjera pokrovnih ploča, EMC kontakt poklopaca, potrebni dokumenti operatera, Provjera kabela, valovitih crijeva, Provjera ploča za zaštitu od zračenja, Provjera naljepnica upozorenja. Ukupno se u sklopu ovoga testa provodi 17 koraka od kojih se završni odnosi na finalnu provjeru žica za uzemljenje i sl.

5. ZAKLJUČAK

Kontrola kvalitete radiografskih uređaja kao tema ovoga rada obrađena je teorijskim prikazom zakonskih i podzakonskih regulativa i ključnih procedura i testova koji se obavljaju. Kao podrška teorijskom dijelu istraživanja, u drugom dijelu rada te su postavke prikazane na primjeru uređaja Siemens Luminos DRF Max koji se nalazi u Kliničkom zavodu za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju u KBC Osijek. U sklopu rada prikazane su teorijske postavke kao i primjeri provođenja dnevne, mjesečne i godišnje kontrole uređaja u navedenom kliničkom bolničkom centru. Provjere iz praktičnog dijela rada vrše se prema Priručniku za dnevnu kontrolu kvalitete za digitalnu radiografiju, u ovom slučaju to je bio priručnik KBC-a Osijek.

Cilj svake provjere je potvrda funkcioniranja opreme na odgovarajući način kroz pregled mehaničkih dijelova jedinica dok je svrha kontrole kvalitete klasičnih radioloških uređaja provjera ispravnosti istih te kako se ne bi događalo nepotrebno ozračivanje pacijenata uz što kvalitetni radiografsku sliku.

Ne tako davno dok je bila u upotrebi film-folija sustav se kontrola radila na analogan način opisanim u početnim poglavljima rada, a danas je uglavnom u primjeni digitalni sustav koji zahtjeva i određenu prilagodbu radiološkoga tehnologa sto se tiče znanja i vještina, a samim time dolazi do kvalitetnije radiografske slike i manje ozračenosti pacijenta.

Postoje tri razine provođenja testova kada je u pitanju vremenski okvir provođenja, a to su dnevni testovi, mjesečni i godišnji.

Testovi koje je potrebno provesti prema Pravilniku uvjetima i mjerama zaštite od ionizirajućih zračenja za obavljanje djelatnosti s električnim uređajima koji proizvode ionizirajuće zračenje su: visoki napon na rendgenskoj cijevi, sloj poluapsorpcije (HVL), dozimetrijske karakteristike, vrijeme ekspozicije, geometrija polja zračenja, kolimacija polja zračenja, rešetka, automatska kontrola ekspozicije (AEC), kvaliteta slike pri 80 kV, konvencionalna tomografija.

Osobe zadužene za provođenje kvalitete u medicinskim ustanovama su: radiološki tehnolog, medicinski fizičar i serviser. Ispitivanja se provode po unaprijed zadanim parametrima i učestalostima, a svaka od navedenih osoba vrši svoj dio provjere kako bi se na dnevnoj, mjesečnoj i godišnjoj bazi izvršile sve potrebne kvalitativne provjere.

Zaključno, danas su na temelju međunarodnih pravilnika i direktiva utvrđeni uvjeti kojima moraju udovoljavati svi uređaji koji proizvode ionizirajuće zračenje uključujući i prostor i postrojenje, opremu, način rada itd.

Na ovaj način postavljeni su standardi provjere kvalitete kako bi svaka ustanova uz minimalan napor mogla proći sve minimalne propisane uvjete i na taj način omogućiti najbolju kvalitetu pregleda i zaštite zdravlja pacijenata i medicinskog osoblja.

LITERATURA

1. Zakon o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti, Zagreb, Narodne Novine, br. 141/13,39/15,130/17,118/18
2. Bolf N., Ionizirajuće zračenje ,Kemija u industriji: Časopis kemičara i kemijskih inženjera Hrvatske, Vol. 67 No. 7-8, 2018.
3. MUP, Ravnateljstvo civilne zaštite. Izvori ionizirajućeg zračenja. Dostupno na: https://civilna-zastita.gov.hr/podrucja-djelovanja/radioloska-i-nuklearna-sigurnost/sluzba-za-radiolosku-sigurnost/izvori-ionizirajuceg-zracenja/115 (Pristupljeno 25.11.2022)
4. Miletić, D. Aparati u radiološkoj dijagnostici i njihov utjecaj na zdravlje ljudi, URL: www.zzjzpgz.hr/nzl/31/aparati.htm (Pristupljeno 23.11.2022)
5. Kotter E, Langer M. (19. ožujka 2002.). "Digitalna radiografija s velikim površinskim detektorima". Europska radiologija. 12 (10): 2562– 2570. doi:10.1007 / s00330-002-1350-1
6. Zhao, W .; Rowlands, J.A. (1995). "Digitalna radiologija korištenjem aktivne matrice očitanja amorfnog selena: teorijska analiza detektivske kvantne učinkovitosti". Medicinska fizika. 24(12): 1819–33. doi:10.1118/1.598097
7. Zhao, Wei; Hunt, DC; Tanioka, Kenkichi; Rowlands, J.A. (Rujan 2005.). "Amorfni selenski ravni detektori za medicinsku primjenu". Nuklearni instrumenti i metode u istraživanju fizike Odjeljak A: Akceleratori, spektrometri, detektori i pripadajuća oprema. 549 (1–3): 205–209. doi:10.1016
8. AL-Jasim Ali Kareem, et al. 2017. A Quality Control Test for General X-Ray Machine, World Scientific News, WSN 11-30. Dostupno na: http://www.worldscientificnews.com/wp-content/uploads/2017/08/WSN-90-2017-11-30.pdf (Pristupljeno 26.11.2022)
9. Protokol film i komora, Upute za izradu priručnika za provjeru kvalitete uređaja za razvijanje filma i uvjeta gledanja slike
10. Zanze, A. (2021) Kontrola kvalitete digitalnih receptora u radiologiji, diplomski rad, Sveučilište u Splitu, SOZS
11. Štoos, B. Primjena zračenja u medicini, Karlovac: Veleučilište u Karlovcu, Stručni studij sigurnosti i zaštite, Završni rad, str. 15.

12. NN 53/2018, Pravilnik o uvjetima i mjerama zaštite od ionizirajućeg zračenja za obavljanje djelatnosti s izvorima ionizirajućeg zračenja. URL: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_06_53_1062.html (Pristupljeno 26.11.2022)
13. Međunarodna komisija za radiološku zaštitu (ICRP, engl. International Commission on Radiological Protection)
14. Štula, I. (2021) Kontrola radiografskog uređaja, Predavanje iz kolegija „Kontrola kvalitete uređaja i procesa“, Sveučilište u Splitu
15. Pure Imaging Phantoms, Pure.18 (2022) Dostupno na: https://www.pureimagingphantoms.com/product/pure-18/ (Pristupljeno: 22.11.2022)
16. Pravilnik o uvjetima i mjerama zaštite od ionizirajućih zračenja za obavljanje djelatnosti s električnim uređajima koji proizvode ionizirajuće zračenje, NN 41/2013
17. IAEA Human Health Campus. 2022. Automatic exposure control devices. https://humanhealth.iaea.org/HHW/MedicalPhysics/DiagnosticRadiology/PerformanceTesting/Automaticexposurecontroldevices/index.html
18. Priručnik za dnevnu kontrolu kvalitete za digitalnu radiografiju, KBC Osijek, Sustav osiguranja osiguranja i poboljšanja kvalitete. Oznaka dokumenta: PKK-KZDIR-2-5-1, Izdanje: 2, primjena od 19.5.2022.
19. PKK-KZDIR-2-6, Priručnik za provjeru kvalitete dijagnostičkih monitora, KBC Osijek, Izdanje: 4, primjena od 9.1.2022.

POPIS KRATICA

Gy - Gray

Sv - sievert

Bq - bekerel

RBE - Relative Biological Effectiveness (Ekvivalentna doza)

ICRP - International Commission on Radiological Protection

POPIS TABLICA

Tablica 7 Dozni izlaz rendgenske cijevi i vrijeme eskpozicije 22
Tablica 9 Parametri i učestalost kontrole 49
Tablica 10 Zadužene osobe za provedbu godišnje kontrole kvalitete u KBC Osijek 56

POPIS SLIKA

Slika 1 Kontrolna ploča RTG uređaja Siemens Luminos 6
Slika 2 RTG uređaja Siemens Luminos 6
Slika 4 Dijagnostičke referentne razine doza u KBC Osijek za Simens Luminos dRF 10
Slika 5 Shematski prikaz rendgenskog uređaja za snimanje 11
Slika 6 Pure 18 fantom 12
Slika 7 Fantom QUART SP VARIO 13
Slika 8 RTI Piranha mjerač 14
Slika 9 Testovi za rendgenski uređaj 16
Slika 10 Testovi za Film/folija sustave 18
Slika 11 Kompjuterizirana radiografija 19
Slika 12 Testovi za digitalnu radiografiju 19
Slika 13 Podudarnost svjetlosnog polja 23
Slika 14 Moguće vrijednosti poravnanja 24
Slika 15 Faktor rešetke 26
Slika 16 Paralelna i fokusirana rešetka 26
Slika 17 Fantom zdjelice bez rešetke (lijevo) i s rešetkom (desno) 27
Slika 18 Utjecaj jakosti struje na rendgenski spektar 27
Slika 19 Rendgenske zrake i intenzitet zračenja 28
Slika 20 Testovi za jakost struje 28
Slika 21 Funkcioniranje AEC senzora 31
Slika 21 Specijalna frekvencija ciklus /mm = lp/mm 38
Slika 22 Linijski parovi kod ispitivanja prostorne razlučivosti 38
Slika 22 Fokalna točka 39
Slika 23 Veće i manje žarište 40
Slika 24 Fokalna točka od 1.2 mm naprama 0.6 mm 40
Slika 26 Test zacrnjenja 41
Slika 25 Odabir upisanog pacijenta za dnevnu kontrolu na Siemens Luminos 45
Slika 26 Odabir dnevne kontrole u Exam manageru 45
Slika 27 Fantom za provjeru kvalitete 47
Slika 28 Radiografski uređaj u KBC Osijek Siemens Luminos DRF Max i fantom na uređaju. 48

Slika 29 Odabir pacijenta za mjesečnu kontrolu 50
Slika 30 Kontrola kvalitete Slika 31 Mjesečna Slika 32 Add 50
Slika 33 Otvaranje svjetlosnog polja na veličinu fantoma 50
Slika 34 Izlaz rendgen cijevi 51
Slika 35 Normal dose 1 Slika 36 Odabir 1:1 bez uvećanja 51
Slika 37 Očitavanje prostornog razlučivanja 52
Slika 38 Store image Slika 39 Zoom Slika 40 Očitanje 53
Slika 41 Tablica za upis očitanih vrijednosti 53
Slika 42 Očitavanje razlučivosti niskog kontrasta kroz broj vidljivih kružića 54
Slika 43 Tablica za upis očitanih vrijednosti 55
Slika 44 Primjer provedenog vizualnog testa 69