
PRIPOROČILA ZA IZVAJANJE KONTROLE KAKOVOSTI DIAGNOSTIČNEGA RENTGENSKEGA APARATA

RECOMMENDATIONS FOR QUALITY CONTROL EXECUTION AT DIAGNOSTIC X-RAY SISTEM

Mateja Trojar, dipl. inž. rad., Univerza v Ljubljani, Visoka šola za zdravstvo,
Oddelek za radiologijo, Poljanska 26 a, 1000 Ljubljana

Izvleček

Priporočila za izvajanje kontrole kakovosti pri diagnostičnem rentgenskem aparatu so postala del vsakega načrta oddelka za radiologijo. Kontrolo kakovosti izvajamo na opremi rentgenskega aparata, torej je poznavanje opreme nujno za učinkovito izvajanje priporočil. Pomemben del za izvajanja kontrole kakovosti je program kontrole kakovosti, ki ga je potrebno dobro načrtovati in izbrati skupaj z osebjem, ki ima strokovno znanje na tem področju. Program zagotavlja cikel kakovosti opreme, kateri vsebuje pomembna testiranja ob namestitvi opreme, ob izvršitvi klinične uporabe in ob rutinskih pregledih opreme. Testi se izvajajo v določenih časovnih obdobjih in ocenjujejo stanje opreme. Ustrezno

Abstract

Recommendations for performing quality control on diagnostic x-ray system are becoming a part of every plan for radiology ward. Quality control is done on the x-ray equipment therefore thorough knowledge of its operation is essential for efficient implementation of recommendations. Important part of performing quality control consist of a quality control programme, which needs to be carefully planed and chosen together with the staff with proper expertise in the field. Programme assures a cycle of equipment quality which withholds within it important testing procedures upon equipment instalment, execution of clinical use and routine checkups of the equipment. Tests are to be conducted at regular intervals and are in place to evaluate condition of

stanje opreme rentgenskega aparata zagotavlja nižje doze in tako zaščito bolnikov in osebja pred ionizirajočim sevanjem ter optimalne rezultate rentgenskih preiskav.

Ključne besede: rentgenski aparat, kontrola kvalitete, priporočila.

1 Uvod

Priporočila za izvajanje kontrole kakovosti diagnostičnega rentgenskega aparata vzpostavljajo stopnjo zaupanja, da bo oprema, njeni deli in vse ostale dejavnosti izvedene zadovoljivo in v skladu s standardi. Zaščita bolnikov, osebja in najnižje možne doze pri preiskavah, so del zagotavljanja kakovosti, saj so celotna priporočila in dogovorjeni standardi usmerjeni v smislu varstva pred ionizirajočim sevanjem. Priporočila vsebujejo določene teste za določen del opreme, na katerih se preverja pomembne zahteve glede varnosti, izvedbe in delovanja opreme. Vsako testiranje na opremi nam poda rezultate za določen del opreme in na podlagi teh rezultatov določimo ustreznost ali neustreznost delovanja opreme. Testiranje opreme je v bistvu postopek, namenjen vzdrževanju ali izboljšanju kakovosti.

Vzpostavljen sistem kakovosti na radiološkem oddelku mora zagotoviti primerno visoko kvaliteto radioloških storitev za zagotavljanje točnosti

the equipment. Suitable evaluation of the equipment of x-ray sistem ensures lower doses of ionising radiation. Thus better patient and staff protection and optimal results of x-ray examination can be achieved.

Keywords: x-ray sistem, quality control, recommendations

diagnoze, pri najnižjih možnih stroških in z najnižjo možno dozo, ki jo prejme bolnik. V sistemu kakovosti radioloških storitev je potrebno zagotoviti dobro oskrbo bolnikov in strokovno kakovost radioloških storitev. Strokovna kakovost radioloških storitev je predpogoj za celotno kakovost storitve, ki želi pridobiti dobre rezultate radioloških storitev. Strokovno kakovost na radioloških oddelkih preverjajo rentgenologi, medicinski fiziki, radiološki inženirji, serviserji opreme in vodstvo, vsak v okviru svojih pooblastil.

2 Zakonske osnove

2.1 *Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV)*

»Zakon ureja varstvo pred ionizirajočimi sevanji z vsesplošnim namenom, da se zmanjša škoda za zdravje ljudi in radioaktivna kontaminacija življenjskega okolja zaradi ionizirajočega sevanja«. (ZVISJV,102/2004)

V zakonu so za kontrolo kakovosti pri rentgenskem aparatu pomembni členi, ki določajo tehnične in organizacijske zahteve pri uporabi virov sevanja. Zagotavljanje kakovosti določa člen, ki pravi, »da so vse načrtovane in sistematično izvajane človekove dejavnosti s katerimi se zagotavlja stopnjo zaupanja, da so postopki, organizacija ukrepa ali oprema varstva pred ionizirajočimi sevanji izvedeni zadovoljivo in v skladu s standardi. Zagotavljanje kakovosti mora vsebovati tudi postopke preverjanja kakovosti.«

2.2 Direktiva EURATOM

Smernice so pravni viri, ki dopolnjujejo ustanovitvene pogodbe, o katerih so se dogovorile, jih podpisale in ratificirale države članice Evropske unije. Direktive države članice zavezujejo k opredeljenemu cilju, ne določajo pa zakonodajnih sredstev za njihovo uresničitev.

Preden je Slovenija vstopila v Evropsko unijo je direktive upoštevala kot priporočila, sedaj po vstopu, pa je del Evropske unije in direktive se vključujejo v našo zakonodajo.

2.3 Council Directive 97 / 43 / Euratom

Council Directive 97/43/Euratom je smernica, ki ureja uporabo virov ionizirajočih sevanj v zdravstvu. Vključuje tudi zahteve za zagotavljanje kakovosti.

Za kontrolo kakovosti diagnostičnega rentgenskega aparata so pomembna priporočila radiološke zaščite. To so členi o zagotavljanju in preverjanju kakovosti, o ukrepih na radiološki opremi in členi, ki ščitijo bolnike in osebje pred nepotrebnim obsevanjem na dva načina. Prvič, z vztrajanjem, da se vsakršno medicinsko izpostavljanje klinično upraviči, in drugič, z zagotavljanjem učinkovitosti in varnosti pri uporabi ionizirajočega sevanja. Za izpolnitev druge zahteve je kontrola kakovosti nujno potrebna. Členi opredelijo, da imetnik radiološke opreme izvaja ustrezne programe zagotavljanja kakovosti, vključno s preverjanjem kakovosti in izvajanjem potrebnih ukrepov za izboljšanje neustreznih ali pomanjkljivih lastnosti opreme.

»Preverjanje kakovosti je del zagotavljanja kakovosti. Vrsta postopkov (načrtovanje, usklajevanje, izvajanje), namenjenih vzdrževanju ali izboljšanju kakovosti. Obsega nadzor, ocenjevanje in vzdrževanje zahtevanih ravni značilnosti delovanja opreme, ki jih je mogoče opredeliti, meriti in preverjati.« (Direktiva 97/43/Euratom)

Pomembni priporočili, ki ju je izdala Evropska komisija sta Radiološka zaščita-116-Smernice v izobraževanju in vzgoji radiološke zaščite ter Radiološka zaščita-91-Kriteriji sprejemljivosti radiološke opreme.

Smernice v izobraževanju in vzgoji radiološke zaščite opisujejo zahteve po

teoretičnem in praktičnem izobraževanju za vso osebje, ki je vključeno v radiološke postopke. Priporočila države članice spodbujajo k ustanovitvi primernega načrta za izobraževanje o radiološki zaščiti, namenjeno različnim skupinam, ki so vključena v medicinsko izpostavljanje.

Kriteriji sprejemljivosti radiološke opreme urejajo merila sprejemljivosti opisujejo dovoljena odstopanja pri testiranju opreme. Če radiološka oprema ne ustreza merilom sprejemljivosti, se oprema ne sme uporabljati, dokler pomanjkljivosti niso odpravljene. Merila sprejemljivosti posamezne vrste radiološke opreme so del programa zagotavljanja in preverjanja kakovosti .

3 Program kontrole kakovosti (QC)

Predpisi zahtevajo izvajanje kontrole kakovosti, vendar je lahko v različnih ustanovah različna. Naloga ustanove je, da izbere osebo, ki je usposobljena in odgovorna za izvajanje kontrole kakovosti.

Program omogoča diagnostično visoko kakovostne slike in vseskozi podaja ustrezne diagnostične podatke in ob tem zagotavlja nizke stroške. Bolnik pa je izpostavljen najmanjši možni dozi ionizirajočega sevanja.

Ko se oddelek odloči za uvajanje programa kontrole kakovosti, je najprej potrebno izbrati ekipo, ki bo organizirala

in vzpostavila sistem. Naloga ekipe je, da v prvi fazi pripravi cilje programa za kontrole kakovosti, ki jih želi doseči. Ti cilji so planiranje in izvajanje testov za kontrolo kakovosti, vsebujejo definirane standarde kontrole kakovosti in predvidevajo ukrepe, kadar standardi niso doseženi. Potrebno je napraviti časovni plan uvajanja in izvajanja ukrepov v programu, ob upoštevanju terminov, ki jih predvidevajo predpisi. Vzpostaviti je treba ustrezen sistem registracije postopkov in rezultatov programa.

3.1 Načrtovanje

Načrtovanje programa kontrole kakovosti je najpomembnejši del vzpostavljanja programa. Bistven dejavnik pri uspešnosti programa je izbira ljudi, ki bodo program vzpostavili in usposobljenost tistih, ki bodo program izvajali. Pomembna je podpora in vzpodbuda vodstva oddelka.

Ekipa, ki bo vzpostavila program, naj bo predana ideji programa za kontrolo kakovosti. Poznati mora postopke in metode kontrole kakovosti, vanj je potrebno izbrati ljudi, ki imajo primerne izkušnje.

Delo se začne z določanjem testov, ki naj bi bili izvedeni na vsakem delu opreme. Vsak test je potrebno preizkusiti, če je primeren za potrebe oddelka oz. za določen del opreme, da pri izvajanju ne bo problemov. Ta poskus zagotavlja, da bomo test lahko enostavno izvajali na standardni način in da bomo rezultate

čez čas lahko primerjali. Izvajanja testa se morajo naučiti vsi, ki ga bodo v praksi izvajali. To omogoča, da izvajanje testa ne bo prezahtevno in da jim ne bo vzelo preveč časa.

3.2 Odgovornost

Program kontrole kakovosti ponavadi vzpostavi in izvaja manjša ekipa tehničnega osebja oddelka, ki jo to zanima in navdušuje. Na majhnem oddelku je torej možno, da je odgovornost za kontrolo kakovosti in popravne ukrepe dodeljena enemu samemu radiološkemu inženirju, čeprav je to v primeru njegove odsotnosti pomanjkljivost oddelka. Na večjih oddelkih se ponavadi imenuje vodjo oddelka za kontrolo kakovosti, ki ima pregled nad celotnim procesom izvajanja, njegova odgovornost je, da izvaja, registrira in preverja teste po časovni dinamiki. Motivacija in izobraževanje o pomembnosti programa in njegovih prednostih je za osebje oddelka bistveno.

3.3 Izbira opreme

Na začetku se mora bolnišnica oziroma ustanova odločiti, zakaj se bo nov del opreme uporabljal in to izraziti v kliničnem in tehničnem podrobnejšem opisu. Vzdrževanje opreme je pomemben del v programu in priprava na to je potrebna. Zato je oprema načrtovana, narejena, vgrajena in

vzdrževana tako, da omogoča bolnikovo dozo na najnižji, še racionalni ravni (ALARA). Čeprav ima tudi izdelovalec svojo dolžnost, mora ustanova razmisliti o dozi bolnika, ko kupuje opremo. Občasno mora tudi preveriti zmožnost starejše opreme, da izpolnjuje načelo ALARA. Predvidevamo lahko, da oprema z ustrežno oznako zadovoljuje zahteve o modelu in zgradbi, dokler je primerna za nameravano uporabo. To pomeni, da oprema izpolnjuje pomembne zahteve glede varnosti, izvedbe, specifikacije, modela in izdelave opreme za sevanje. Ne sme ogrožati zdravja in varnosti bolnikov, uporabnikov ali kogarkoli drugega.

Oseba, ki opremo vgradi, mora zagotoviti ustrezne informacije glede potrebnega vzdrževanja.

Če ima v praksi kakšno vzdrževanje ali popravilo posledice za dozo bolnika, se mora izvesti ustrezen test kontrole kakovosti, preden se oprema zopet začne klinično uporabljati. Ta test lahko opravi servisni tehnik, osebje radiološkega oddelka ali medicinski fiziki. Vendar je odgovornost ustanove, da zagotovi primernost testa in da se izvede primeren popravilni ukrep, ko je to potrebno. Ustrezna oseba z radiološkega oddelka naj bi zato pregledala rezultate kontrole kakovosti in prevzela odgovornost za odločitev glede ponovnega začetka klinične uporabe opreme.

Ustanova mora zagotoviti, da je zagotovljen ustrezen program kontrole

kakovosti opreme, ki zagotavlja, da oprema ostane usposobljena za omejitve izpostavljanja na minimum, ki je še združljiv s kliničnim namenom.

3.4 Doze bolnikov

V programu kontrole kakovosti mora biti uveljavljeno, da sta doza bolnika in kakovost slike optimizirana. Uporablja se osnovno pravilo, ki ga imenujemo ALARA princip (angl.: ALARA-as low as reasonably achievable). Pomeni uporabljati vsa sredstva in postopke, da prejme bolnik kar najmanjšo dozo, kolikšna je še razumno mogoča, da dosežemo optimalno kakovost slike. Redni testi zagotavljajo takšno kakovosti in predvsem, da se vzdržuje najugodnejši položaj optimizacije doze bolnika in kakovosti slike.

Testi služijo za zmanjševanje doze bolnika z nadzorom postopkov slikanja, ki vplivajo na dozo. Zadnje preverjanje ali so doze resnično sprejemljivo nizke, je neposredno ocenjevanje doz na skupinah bolnikov in primerjava rezultatov z nekaterimi sprejetimi standardi.

3.4.1 Merjenje doz

V programih zagotavljanja kakovosti običajno ne določamo učinkovitih doz, ampak merimo katero od enostavnejših količin, ki opisuje značilno dozo pri posegu. Če je potrebno, učinkovito dozo izračunamo na podlagi teh podatkov s

pomočjo matematičnih modelov. Na dozo vpliva kakovost in količina sevanja ter velikost polja. Merimo lahko brez bolnika ali s bolnikom ali fantomom.

Specifično ekspozicijsko dozo »output« običajno merimo brez bolnika, na določeni razdalji, za merjenje pa običajno uporabljamo ionizacijske celice. Izmerimo specifično ekspozicijsko dozo po celotnem območju kV, ki se klinično uporabljajo. Iz dobljene krivulje je mogoče določiti »output« za katerokoli napetost. Specifično ekspozicijsko dozo merimo vsakič, ko opravljamo rutinske teste na opremi ali zaradi drugih vzrokov tudi vmesne meritve (okvare, menjava opreme).

3.5 Vidiki stroškov in koristi

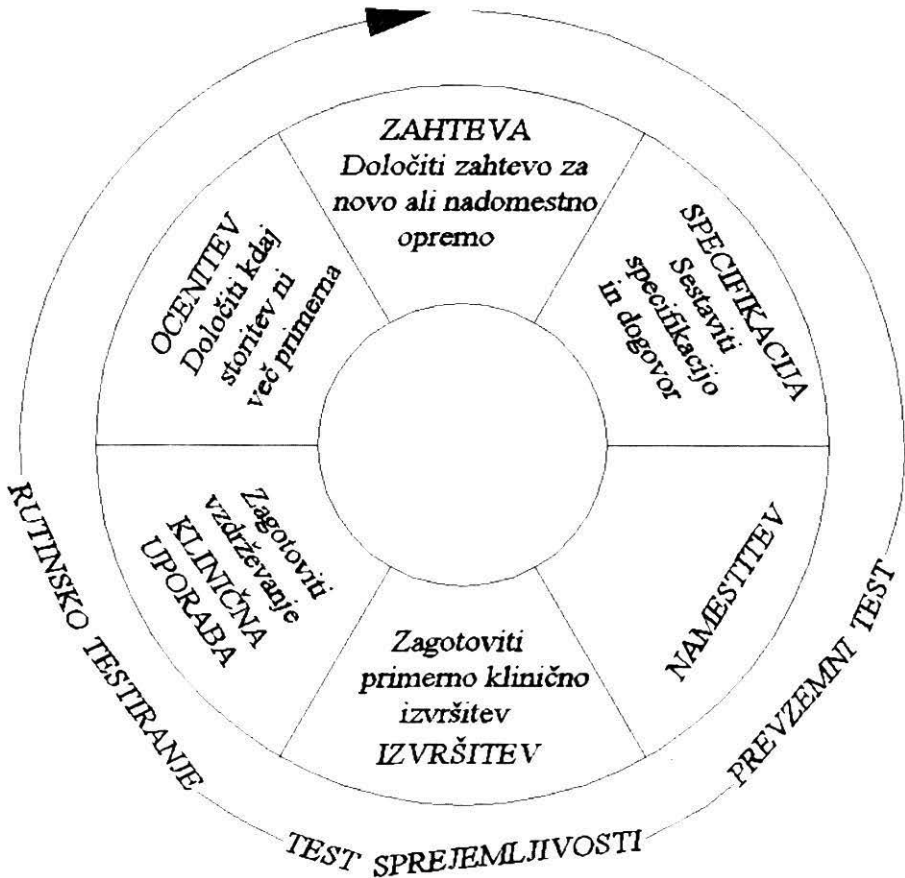
Stroške povezane z izvajanjem programa kontrole kakovosti sestavljajo stroški nakupa opreme za testiranje, pisarniško delo in programska oprema povezana z metodami testiranja in dokumentacijo rezultatov. Stalni stroški, ko je program že uveden, so stroški dela za ljudi, ki program izvajajo, testirajo, dokumentirajo in ocenjuje rezultate ter organizacijo korektivne dejavnosti.

Pričakovane koristi vključujejo prihranke, ker se morebitne okvare opreme odkrijejo v zgodnji fazi, ko popravila še ne zahtevajo velikih stroškov, prihrank na rentgenskih filmih, kemikalijah in drugem potrošnem materialu, manjša dozna obremenitev bolnikov in osebja, večje zaupanje osebja v zanesljivost

opreme, z manjšo možnostjo ponavljanja okvar in višje število obravnavanih bolnikov ter nazadnje, bolj profesionalno delo.

4 Testi

Po nakupu in vgraditvi je potrebno izvesti različna preverjanja in testiranja skozi vso življenjsko dobo opreme, da zagotovimo vzdrževanje zadovoljive izvedbe.



Shema 1: Ciklus kakovosti opreme

Prikazuje, kdaj se opravlja določen test glede na življenjsko dobo opreme. Od ugotavljanja potrebe po novi opremi ali

njeni zamenjavi, do ugotavljanja o neustreznosti izvedbe oprema.

4.1 Vrste testov

Vrste testov, namen in pripombe so prikazani v Tabeli 1. Prva dva testa, ki sta navedena v Tabeli 1 (test sprejemljivosti

in pooblaščno testiranje), morata biti izvedena z zadovoljivimi rezultati, preden se oprema prične klinično uporabljati.

Tabela 1: Poimenovanje in namen različnih vrst testov

Ime testa	Namen	Pripombe:
Prezemni test	Preveriti ali so bili izpolnjeni pogodbeni pogoji.	Test služi za preverjanje, ali je dobavitelj priskrbel vso zahtevano opremo in izvedel teste, kot dokazilo o izpolnjenih pogojih. Lahko je precej enostaven in ni popoln test za izvedbo. Vključena sta tudi strojni in električni test. Teste je dolžan zagotoviti dobavitelj opreme.
Test sprejemljivosti (referenčni test)	Zagotoviti pripravljenost opreme za klinično uporabo.	Ti testi vključujejo obsežna merjenja za zagotovitev zadovoljive izvedbe opreme v klinični praksi. Vključujejo tudi najboljšo možno izvedbo. Rezultati se uporabijo za določitev osnovnih vrednosti oz. kot referenca za prihodnje rutinske teste nadziranja kakovosti. Znani so tudi kot testiranja stanja, čeprav se slednji lahko uporabljajo tudi za osnovne teste opreme, ki je že bila uporabljena nekaj časa. Ustrezni pooblaščeni testi so potrebni tudi, kadar se zamenjajo večji deli opreme.
Rutinsko testiranje	Odkriti pomembne spremembe v izvedbi med uporabo.	Ti testi so prvotno namenjeni odkrivanju sprememb v izvedbi in manj za merjenje točnih absolutnih vrednosti. Rutinski testi se lahko imenujejo tudi testi stalnosti.

Nekateri ali vsi ti testi se lahko izvajajo istočasno in/ali z istim osebjem. Če to ni mogoče, se pooblaščen testiranje izvaja nazadnje. Zakonodajna zahteva, da se izvedejo testi sprejemljivosti, ki jih izvedejo na Zavodu za varstvo pri delu.

4.2 Izvajanje testov

Teste sprejemljivosti trenutno izvaja Zavod za varstvo pri delu. Ti testi predstavljajo glavni del potrebnih postopkov, ki omogočajo ustanovi, da se ravna v skladu z pravili. Sodelovanje z dobaviteljem opreme je potrebno zato, da se lahko izvede popravljalni ukrep ali optimizacija še preden se opremo začne uporabljati.

Rutinsko testiranje običajno vključuje tako radiološko osebje kot medicinske fizike. V literaturi je navedeno, da radiološki inženirji izvajajo teste, ki se izvajajo bolj pogosto. To so ponavadi testi A stopnje, če uporabljamo predstavljeno terminologijo v IPEM (Institution of physics and engineering in medicine). Medicinski fiziki ponavadi izvajajo manj pogoste teste – teste B stopnje. Pri izvajanju testiranja naj bo vključeno čim več radioloških inženirjev, ker je zagotavljanje kakovosti bistven del delovanja oddelka.

4.3 Rezultati testov

Ko je test izpeljan, je potrebno vedeti ali je rezultat sprejemljiv ali ne, glede na dejanske vrednosti parametrov ali glede

na nastale spremembe od zadnjih meritev. Bistveno je, da se poišče pomembnejše probleme in da se ne izgublja časa z majhnimi, naključnimi odstopanji v izvedbi. Da bi to storili, moramo vedeti, kako točen in natančen je test. Na primer, če moramo opaziti 5 % spremembo v parametru, nam ne pomaga uporaba instrumenta, ki ima naključno spremenljivost $\pm 10\%$, ali pa postopek testiranja, ki ga ni mogoče izvesti dovolj natančno ob različnih priložnostih.

Upoštevamo okvir za določanje, kaj predstavlja sprejemljivo izvedbo in terminologijo uporabljeno v IPEM. Mejne vrednosti parametra so izražene z dvema stopnjama, »opozorilni nivo« in »nivo ukrepanja«.

- Opozorilni nivo označuje stopnjo, ob kateri je potrebno izvesti popravni ukrep. Popravni ukrep se določi na osnovi pregleda in tveganja, ki lahko obstaja pri nadaljnji uporabi opreme. Običajno se opremo lahko uporablja še naprej, vendar se lahko postavijo omejitve. Nadaljnje merjenje je koristno pri potrjevanju napak ali okvar in pri določanju njihovega vzroka.
- Nivo ukrepanja označuje stopnjo, ki predstavlja resno nezadostno izvedbo, do te mere, da se mora opremo takoj umakniti iz klinične uporabe. Če je mogoče napako ali slabo izvedbo izolirati tako, da je mogoča varna omejena uporaba, je ta stopnja sprejemljiva. Ob taki ugotovitvi, je

potrebno veliko pazljivosti v nadaljnji klinični uporabi opreme, kajti varno omejena uporaba opreme ne sme preseči nivo ukrepanja.

Tabela 2 prikazuje teste radiografske opreme, tako statične kot mobilne opreme. Tabela vsebuje opis testov, frekvenco, priporočilo po katerem se test izvaja, opozorilni nivo ter nivo ukrepanja.

4.4 Pregled in opis testov klasične diagnostične radiografske opreme

Tabela 2: Testi radiografske opreme

Št. testa	Opis testa	Priporočilo IPEM	Frekvenca	Opozorilni nivo	Nivo ukrepanja
A1	Cev in generator				
A1.1	Nespremenljivost izhodnega snopa	RAD 05	mesečno	odstopanje $\pm 20\%$	odstopanje $\pm 50\%$
A1.2	Natančnost kV	RAD 09	1 x letno	$\pm 10\%$ od predvidenih kV	$\pm 20\%$ od predvidenih kV
A2	Ujemanje svetlobnega polja s sevalnim poljem				
A2.1	Natančnost zaslanjanja svetlobnega polja	RAD 01,02,03,06	2 x letno	robovi $\pm 1\text{cm}$ pri 1m	robovi $\pm 3\text{cm}$ pri 1m
A3	Rešetke				
A3.1	Pregled rešetk	ni podan	letno		
A3.2	Homogenost rešetk	ni podan	letno		
A3.3	Homogenost rešetk v Bucky-u	ni podan	letno		
A3.4	Ocenitev primernosti gibanja pomičnih rešetk	ni podan	letno		
A4	Avtomatska kontrola ekspozicije (AEC)				
A4.1	Počrnitev	RAD 11 RAD 12	2 - 4 x letno 6 - 12 x letno	odstopanje optične gostote ± 0.3	odstopanje optične gostote ± 0.5
A4.2	Odgovor AEC sistema na spremembo napetosti	ni podan	letno	odstopanje optične gostote ± 0.3	odstopanje optične gostote ± 0.5
A4.3	Odgovor AEC sistema s spreminjanjem nastavitve počrnitve	ni podan	letno	Ni tipična, neskladnost ali sprememba koraka v ekspoziciji do $\pm 25\%$.	Ni tipična, neskladnost ali sprememba koraka v ekspoziciji do $\pm 50\%$.
A4.4	Odgovor AEC sistema na spreminjanje debeline slikanega objekta	ni podan	ob namestitvi ali okvari	Maksimalno odstopanje vrednosti za $\pm 10\%$ od povprečne vrednosti, ki jo merimo (mAs, kV, mGy).	

Poškodovane rešetke so nepopravljive. Dovolj poškodovane rešetke poslabšajo kvaliteto slike.

4.4.1 Testi cevi in generatorja

4.4.1.1 Nespremenljivost izhodnega snopa

Izvajalec testa: radiološki inženir

Frekvenca: mesečna

Test IPEM 77 test: RAD 05

Namen: preveriti nespremenljivost izhodnega snopa.

Potrebna oprema: ionizacijska celica ali podobna merilna naprava

Postopek

1. Merilno napravo namestimo na podlago tako, da je detektor obrnjen proti cevi rentgenskega aparata.
2. Vključimo napravo (pred uporabo naj se segreje) in preverimo, če ustrezno deluje.
3. Cev namestimo na standardno oddaljenost od podlage, na primer 100 cm.
4. Cev usmerimo natančno na površino senzorja in polje dobro zaslonimo, naj ne bo več, kot 2 cm večje od ionizacijske celice.
5. Stalnost izhodnega snopa ocenimo s ponavljanjem meritev pri konstantnih ekspozicijskih pogojih. Zahtevano je osem odčitavanj.
6. Rezultate zabeležimo in izmerimo povprečno vrednost posameznega parametra (kV, ms in mGy).

4.4.1.2 Natančnost anodne napetosti (kV)

Izvajalec testa: medicinski fizik

Frekvenca: 1 x letno ali ob okvari

IPEM 77 test: RAD 09

Namen: primerjamo napetost (kV) cevi rentgenskega aparata s tisto na kontrolni plošči

Potrebna oprema: umerjeni merilnik anodne napetosti

Postopek

1. Namestimo števec na podlago, detektor naj bo obrnjen z aktivno površino proti cevi, z upoštevanjem osi anoda-katoda.
2. Vključimo napravo in preverimo, če ustrezno deluje.
3. Uskladimo sredino centralnega žarka z detektorjem in zaslonimo snop.
4. Izvedemo meritve napetosti preko celotnega območja anodne napetosti, ki se klinično uporablja.
5. Zabeležimo izmerjene vrednosti. Upoštevati moramo, da večina števecov navaja povprečno napetost, toda podana mora biti tudi maksimalna napetost.

Opozorilni nivo: $\pm 10\%$ od predvidene anodne napetosti, ± 10 kV pri >100 kV

Nivo ukrepanja: $\pm 20\%$ od predvidene anodne napetosti



Slika 1: Merilnik Victoren 4000 +

Merilnik meri anodno napetost, čas ekspozicije in ekspozicijsko dozo pri radiografiji in diaskopiji.

4.4.2 Test kongruence ali ujemanje svetlobnega polja s sevalnim poljem

4.4.2.1 Natančnost zaslanjanja svetlobnega polja

Izvajalec testa: radiološki inženir

Frekvenca: 2 × letno

IPEM 77test: RAD 01, 02, 03, 06

Namen: določimo natančnost ujemanja svetlobne indikacije polja s sevalnim poljem in preverimo ali zaslonke delujejo tako, da ne prepuščajo sevanja.

Potrebna oprema: radiografska kasete s filmom, testno orodje (priprava) za preverjanje polja

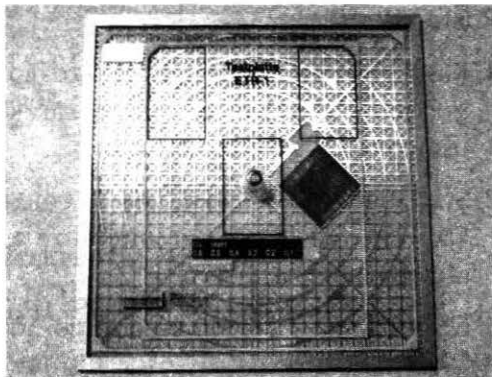
Postopek

1. Kaseto namestimo na mizo z razdaljo gorišče - film 1m. Centralni žarek usmerimo pravokotno na kaseto.
2. Svetlobno polje omejimo na 10 cm × 10 cm in kote označimo z radioplačnimi označevalci.
3. Ekspoziramo s tipično vrednostjo 50 kV, 2 mAs.
4. Ponovimo postopek z velikosti polja 20 cm × 20 cm in 35 cm × 35 cm.
5. Razvijemo film.
6. Na razvitem filmu pregledamo dimenzije ujemanja svetlobne indikacije polja s sevalnim poljem.

Test se lahko izvaja na različne načine glede na testno orodje, ki ga imamo na voljo. Preprosta pa je uporaba testnega orodja, kjer imamo ploščo, ki jo namestimo na kaseto in zaslonimo svetlobno polje do kotov označenih na plošči. Na razvitem filmu imamo prikazano ujemanje svetlobne indikacije polja s sevalnim poljem, izraženo v cm.

Opozorilni nivo: Neskladnost robov ± 1 cm pri 1m, oz. ± 1 % razdalje gorišče - film

Nivo ukrepanja: Neskladnost robov ± 3 cm pri 1m, oz. ± 3 % razdalje gorišče - film



Slika 2: Testno orodje za testiranje kongruence

4.4.3 Testi rešetk

4.4.3.1 Pregled rešetk

Izvajalec testa: radiološki inženir

Frekvenca: letno ali ob napakah

IPEM 77 test: ni podan

Namen: vizualno pregledamo stanje rešetk

Potrebna oprema: ne potrebujemo opreme

Postopek

1. Rešetke pregledamo. Pregledamo v posamezne kote, robove, če je kje poškodba in tudi vse odklone vzdolž širine in dolžine rešetke.
2. Preverimo, da se vidijo vrednosti rešetk (razmerje rešetke, št. parov linij/cm), tako poleg splošnega pregleda preverimo tudi oznake rešetk.

Opozorilni nivo in nivo ukrepanja:

Poškodovane rešetke so nepopravljive. Potrebna je menjava rešetk.

4.4.3.2 Homogenost rešetk

Izvajalec testa: radiološki inženir

Frekvenca: letno

IPEM 77 test: ni podan

Namen: preveriti homogenost rešetk

Potrebna oprema: vložena kasetna, večja ali enaka kot rešetka, ki jo testiramo; homogen fantom; merilnik počrnitve

Postopek

1. Kaseto z vložnim filmom namestimo na mizo z rešetko na vrhu.
2. Uporabimo standardno razdaljo, centriramo na sredinsko točko rešetke.
3. Cev centriramo s središčem rešetke in zaslonimo polje do robov.
4. Namestimo fantom na vrh rešetke, tako da pokriva rešetko.
5. Izberemo ekspozicijske pogoje in eksponiramo. Počrnitev na razvitem filmu mora biti približno 1.0 (optična gostota).
6. Film razvijemo in z denzitometrom odčitamo počrnitev filma.

Opozorilni nivo in nivo ukrepanja: Počrnitev na vseh izmerjenih predelih filma mora biti enaka. Dovolj poškodovane rešetke poslabšajo kvaliteto in jih je potrebno izločiti iz delovanja.

4.4.3.3 Homogenost rešetk v Bucky-u

Izvajalec testa: radiološki inženir

Frekvenca: letno

IPEM 77 test: ni podan

Namen: preveriti homogenost rešetk

Potrebna oprema: vložena kasete, večja ali enaka kot rešetka, ki jo testiramo; homogen fantom;

Postopek

1. Kaseto položimo v predal.
2. Namestimo cev z razdaljo gorišče - film na sredinsko točko rešetke. Vzporedne rešetke testiramo na razdalji gorišče - film 1m.
3. Centriramo cev s centrom rešetke in zaslonimo polje do robov.
4. Namestimo fantom na vrh rešetke, tako da prekriva celo kaseto.
5. Prekinemo Bucky na stikalni mizi, tako da je rešetka nepremična med ekspozicijo.
6. Izberemo ekspozicijske pogoje in eksponiramo. Počrnitev na radiogramu mora biti 1.0 (optična gostota).
7. Film razvijemo in z denzitometrom odčitamo počrnitev filma.

Opozorilni nivo in nivo ukrepanja:

Počrnitev na vseh izmerjenih predelih filma mora biti enaka. Poškodovane rešetke izločite iz delovanja.

4.4.3.4 Ocenitev primernosti gibanja pomičnih rešetk

Izvajalec testa: radiološki inženir

Frekvenca: letno ali ob okvari

IPEM 77 test: ni podan

Namen: preveriti gibanje pomičnih rešetk, če dajejo zadovoljivo stopnjo gibanja med ekspozicijo

Potrebna oprema: večja kasete, da pokrije površino rešetke, homogen fantom

Postopek

1. Položimo kaseto v predal.
2. Namestimo gorišče - film na razdaljo, ki jo uporabljamo v klinični praksi.
3. Centriramo cev, rešetko in zaslonimo polje do robov.
4. Fantom namestimo na kaseto, tako da jo pokriva.
5. Vzpostavimo Bucky na stikalni mizi.
6. Izberemo ekspozicijske faktorje, potrebujemo najkrajši in najdaljši čas, ki ga uporabljamo v klinični praksi. Ekspozicija naj bo taka, da bo počrnitev filma okrog 1.0 (optična gostota).
7. Film razvijemo in z denzitometrom odčitamo počrnitev filma.

Opozorilni nivo in nivo ukrepanja:

Rešetke, ki prikažejo nezadovoljivo gibanje in neenakomerno počrnitev je potrebno izločiti iz delovanja.

4.4.4 Testi avtomatske kontrole ekspozicije

4.4.4.1 Počrnitev

Izvajalec testa: radiološki inženir

Frekvenca: 2-4 × letno (RAD 11), 6-12 × letno (RAD12)

IPEM 77 test: RAD11, RAD12

Namen: Preverimo tokovni sunek (mAs), ki nam da počrnitev narejeno z avtomatsko kontrolo ekspozicije (AEC). S testom preverjamo vsako individualno ionizacijsko celico in kombinacije ionizacijskih celic sistema, da preverimo primernost počrnitve oz. usklajenost ionizacijskih celic z vrsto filmov, ojačevalnih folij in tipom kaset, ki jih uporabljamo ter s pogoji razvijanja. Neusklajenost povzroča spremembe v počrnitvi filma.

Potrebna oprema: fantom (pleksi steklo), dimenzije 25 cm x 25 cm ali 30 cm x 30 cm, debelina 15 cm; radiografska kasete z lastnostjo ojačevalnih folij, ki se ponavadi uporablja pri slikanju z ionizacijsko celico, merilnik počrnitve

Postopek

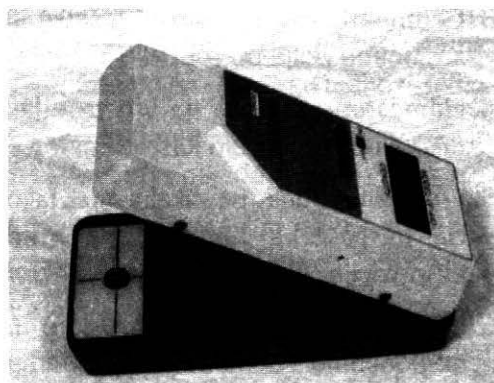
1. Nastavimo standardno razdaljo gorišče -film 100 cm.
2. Centriramo cev s sredino ionizacijske celice.
3. Pleksi steklo postavimo centralno na mizo, kjer je običajno pacient.
4. Zaslonimo polje tako, da sega znotraj

robov pleksi stekla.

5. Položimo kaseto v predal bucky-ja.
6. Izberemo merilno celico sistema in ekspozicijske parametre.
7. Ekspoziramo in zapišemo ekspozicijo mAs (ali tok in čas).
8. Razvijemo film in izmerimo počrnitev filma (optično gostoto). Počrnitev, ki jo izmerimo na filmu, naj bi bila 1.0 optične gostote.
9. Ponovimo korak 5 in 6, ter vsakič uporabimo drugo celico ali kombinacijo celic.

Opozorilni nivo: Odstopanje optične gostote za ± 0.3

Nivo ukrepanja: Odstopanje optične gostote za ± 0.5



Slika 3: Merilnik počrnitve (denzitometer)

4.4.4.2 Odgovor AEC sistema na spremembo napetosti

Izvajalec testa: radiološki inženir

Frekvenca: letno

IPEM 77 test: ni podan

Namen: sposobnost AEC sistema, da ohrani počrnitev filma ne glede na spremembo napetosti.

Potrebna oprema: radiografska kasete; pleksi steklo, dimenzij 25 cm x 25 cm ali 30 cm x 30 cm, debelina 15 cm

Postopek

1. Nastavimo standardno razdalo gorišče - film 100 cm.
2. Centriramo cev s sredino ionizacijske celice.
3. Pleksi steklo postavimo centralno na mizo, kjer je običajno pacient.
4. Zaslonimo polje tako, da sega znotraj robov pleksi stekla.
5. Položimo kaseto v predal Bucky-ja.
6. Izberemo merilno celico sistema in ekspozicijske parametre, eksponiramo.
7. Razvijemo film in registriramo počrnitev na filmu.
8. Ponovimo test, uporabimo novo kaseto in izvedemo meritve pri različnih kV (ki jih sicer uporabljamo v klinični praksi).

Opozorilni nivo: Odstopanje optične gostote za ± 0.3 .

Nivo ukrepanja: Odstopanje optične gostote za ± 0.5 .

4.4.4.3 Odgovor AEC sistema s spreminjanjem nastavitve počrnitve

Izvajalec testa: radiološki inženir

Frekvenca: letno

IPEM 77 test: ni podan

Namen: oceniti zadovoljivo delovanje AEC sistema s spreminjanjem nastavitve počrnitve

Potrebna oprema: radiografska kasete; pleksi steklo, dimenzije 25 cm x 25 cm ali 30 cm x 30 cm, debelina 15 cm; merilnik počrnitve

Postopek

1. Nastavimo standardno razdaljo gorišče - film 100 cm.
2. Centriramo cev s sredino ionizacijske celice.
3. Pleksi steklo postavimo centralno na mizo, kjer je običajno pacient.
4. Izberemo merilno celico, 70 kV, veliko gorišče. Počrnitev namestimo na nič (+/- 0).
5. Eksponiramo in zabeležimo ekspozicijo mAs (ali tok in čas)
6. Razvijemo film in izmerimo počrnitev na filmu.

7. Ponovimo koraka 5 in 6 za vsako izbiro počrnitve, ki zajema porast in pojanje počrnitve po dva koraka v seriji vrednosti.

Opozorilni nivo: Ni tipična, neskladnost ali sprememba koraka v ekspoziciji do $\pm 25\%$.

Nivo ukrepanja: Ni tipična, neskladnost ali sprememba koraka v ekspoziciji do $\pm 50\%$.

4.4.4.4 Odgovor AEC sistema na spreminjanje debeline slikanega objekta

Izvajalec testa: radiološki inženir

Frekvenca: ob namestitvi

IPEM 77test: ni podan

Namen: AEC sistem mora zagotoviti primerno počrnitev filma ne glede na debelino in sestavo slikanega objekta.

Potrebna oprema: fantom, dimenzije 25 cm x 25 cm ali 30 cm x 30 cm; vložena kaset

Postopek

1. Nastavimo standardno razdaljo gorišče - film 100 cm.
2. Centriramo cev s sredino ionizacijske celice.
3. Zaslonimo rentgensko polje tako, da sega približno 2 cm preko robov ionizacijske celice.
4. Namestimo fantoma z debelino 5 cm

na mizo, tako da leži med cevjo in ionizacijsko celico.

5. Namestimo kaseto v Bucky predal.
6. Izberemo ekspozicijske pogoje in merilno celico, eksponiramo.
9. Razvijemo film in registriramo počrnitev na filmu.
7. Ponovimo koraka 5 in 6, s tem, da vsakič uporabimo novo kaseto in izvedemo meritve.

Opozorilni nivo in nivo ukrepanja: Maksimalno odstopanje vrednosti za $\pm 10\%$ od povprečne vrednosti, ki jo merimo (mAs, kV, ms, mGy).

5 ZBIRANJE PODATKOV ZA KONTROLO RUTINSKEGA TESTIRANJA DIAGNOSTIČNEGA RENTGENSKEGA APARATA

Zbiranje podatkov poteka po vsakem končanem rutinskem testiranju. Vse podatke, ki jih pridobimo iz vsakega testa posebej zabeležimo v pregledno tabelo, tako da na koncu lahko uspešno analiziramo rezultate in jih prikažemo tudi v obliki različnih diagramov. Analizirani podatki nam prikažejo vrednosti, ki smo jih testirali in vsa odstopanja, če so prisotna.

Za kontrolo rutinskega testiranja uporabljamo naslednje podatke:

Priporočila za izvajanje kontrole kakovosti diagnostičnega rentgenskega aparata

- Podatki o bolnišnici, ki izvaja teste na določenem rentgenskem aparatu
- Podatki o osebju, ki dela na oddelku in ki izvaja teste
- Osnovni podatki o rentgenskem aparatu
- Podatki o namestitvi aparata
- Podatki o kakovosti testiranega rentgenskega aparata

Tabela 3: Primer tabele splošnih podatkov za kontrolo rutinskega testiranja

Splošni podatki pri rutinskem testiranju	Bolnišnica	Namembnost aparata	
	Oddelek	Proizvajalec in tip	
Položaj cevi: Mizna Stropna Mobilna	Datum pregleda	Rok veljavnosti pregleda	
Zaščitna sredstva	Odgovorna oseba	Ocenjevalec-izvršitelj testa:	
Velikost gorišč	Anodna napetost (kV)	Filtracija rentgenskega snopa:	
Anodni kot	Anodni tok (mA)	Usmerjanje	

Tabela 4: Primer tabele za test nespremenljivost izhodnega snopa (testi cevi in generatorja)

Nespremenljivost izhodnega snopa	Napetost	Tok	Čas
		80 kV	200 mA
	Razdalja gorišče-film 1 m	Gorišče veliko	
Izmerjeni kV			
Izmerjeni ms			
Izmerjena doza (mGy)			

Tabela 5: Primer tabele za test natančnosti anodne napetosti (kV) (esti cevi in generatorja)

Natančnost anodne napetosti (kV)	Tok 200 mA	Merilnik anodne napetosti	Gorišče veliko
	Razdalja gorišče-film 1 m	Filter 2.5 mm	
Izbrani kV			
mAs			
Izmerjeni kV			

Tabela 6: Primer tabele za test natančnost zaslanjanja svetlobnega polja (test ujemanje svetlobnega polja s sevalnim poljem)

Ujemanje svetlobnega polja s sevalnim poljem Neujemanje ali kongruenca (% razdalje gorišče - film)				
Anoda	Katoda	Spredaj	Zadaj	
Izbrani kV				
mAs				
% razdalje gorišče-film				

Tabela 7: Primer tabele za test počrtnitve (testi avtomatske kontrole ekspozicije)

Počrtnitev	Napetost	Tok	Gorišče veliko
		70 kV	300 mA
	Razdalja gorišče-film 1 m	Izbira celice	
Izmerjeni mAs			
Optična gostota			

Tabela 8: Primer tabele testa odgovor AEC sistema na spremembo napetosti (testi avtomatske kontrole ekspozicije)

Odgovor AEC sistema na spremembo napetosti	Tok 300 mA	Gorišče veliko
	Razdalja gorišče-film 1 m	Izbira celice
Izbrani kV		
Izmerjeni mAs		
Optična gostota		

Tabela 9: Primer tabele testa odgovor AEC sistema s spreminjanjem postavljajanja počrtnitve (testi avtomatske kontrole ekspozicije)

Odgovor AEC sistema s spreminjanjem postavljajanja počrtnitve	Napetost 70 kV	Tok 300mA	Gorišče veliko
	Razdalja gorišče-film 1 m	Izbira celice	Izbira počrtnitve
Izmerjeni mAs			
Optična gostota			

Tabela 10: Primer tabele testa odgovor AEC sistema na spreminjanje debeline slikanega objekta (testi avtomatske kontrole ekspozicije)

Odgovor AEC sistema na spreminjanje debeline slikanega objekta	Napetost 81 kV	Gorišče veliko
	Razdalja gorišče-film 1 m	Izbira celice
Debelina fantoma		
Izmerjeni mAs		
Optična gostota		

Na podlagi meritev ocenimo kakovost rentgenskega aparata in ga uvrstimo v »opozorilni nivo« ali »nivo ukrepanja«.

6 ZAKLJUČEK

Z različnimi vrstami testov skozi vso življenjsko dobo opreme izvajamo preverjanje opreme. Program kontrole kakovosti nam zagotovi ustrezno delovanje opreme in s tem uresničuje cilje zagotavljanja kakovosti. Tako je izvajanje kontrole kakovosti le eden od pogojev za kakovostne slike, obstajajo pa tudi drugi načini za zagotavljanje kakovosti slik. Eden od načinov za pridobivanje kakovostnih slik so opisani testi, s katerimi preverjamo opremo rentgenskega aparata ter tako z ustreznim delovanjem opreme ščitimo bolnike in osebje pred ionizirajočim sevanjem. To naj bo cilj vsakega oddelka za radiologijo, ki izvaja program kontrole kakovosti. Skrbno načrtovan program kontrole kakovosti vključuje sprotno odkrivanje morebitnih okvar na opremi in zagotavlja ustrezno klinično uporabo opreme. Vedno bolj bo pomembno natančno načrtovanje programa kontrole kakovosti. Načrtovanje programa je zahtevno, saj mora vsebovati niz ciljev za delovanje programa. Od odgovornosti, spodbude in strokovnosti osebja do načrta natančnega testiranja opreme in izbire opreme. Teste je potrebno izvajati redno, natančno in rezultate pravilno vrednotiti in poskrbeti, da se izvedejo popravni ukrepi ali odstanitev opreme iz delovanja. Testi imajo pomembno vlogo v programu, saj na podlagi le teh lahko določimo končne rezultate o opremi. Torej naj odgovorni dajejo pobudo za redno in čimbolj številno opravljanje

testov, tudi na tisti opremi, ki se še ne testira. V veliki meri bo to najbrž tudi odvisno od ekonomskih in socialnih dejavnikov ustanove. Potrebno je zajeti vse novosti na področju kontrole kakovosti in jih vpeljati v dosedanji načrt. Veliko je literature, ki kontroli kakovosti dodaja nove možnosti in načine za zagotavljanje varnega delovanja opreme, nizke doze in kakovostne slike. Potrebovali bi predvsem radiološke inženirje na tem področju, ki bi izdelali program, opravljali meritve in skupaj z medicinskimi fiziki odkrivali in izvajali novosti v celotnem obvladovanju kakovosti.

LITERATURA

1. Carlton R. R., Adler A. M. Principles of radiographic imaging, 2nd ed. New York: Delmar Publisher, 1996.
2. Cranley K, Measurement of the performance characteristics of diagnostic X-Ray systems used in medicine; X-ray tubes and generators. York: The institution of physics and engineering in medicine and biology, 1995.
3. Curry T, Dowdey J, Murry R., Christensen's physics of diagnostic radiology, 4th ed. Malvern: Lea & Febiger Ltd., 1990.
4. Direktiva Sveta 97/43/EURATOM. Dostopno na internetu:
[http:// europa.eu.int/eur-lex/sl/dd/docs/1997/31997L0043-sl.doc](http://europa.eu.int/eur-lex/sl/dd/docs/1997/31997L0043-sl.doc),
5. Finch A. in sod. Assurance of quality in the diagnostic imaging department, 2nd ed. London: The institution of physics and engineering in medicine and biology, 2001.
6. Fitzgerald M. in sod. Recommended standards for the routine performance testing of diagnostic X-ray imaging systems. York: The institution of physics and engineering in medicine and biology, 1997.
7. Holubinka M. R., Measurement of the performance characteristics of diagnostic X-ray systems used in medicine; X-ray intensify screens, films, processors and automatic exposure control systems. York: The institution of physics and engineering in medicine and biology, 1996.
8. Medič M. : Izboljševanje kakovosti radiološko tehnoloških storitev. Fakulteta za organizacijske vede. Kranj, 2002.
9. Pravilnik o pogojih za uporabo virov ionizirajočih sevanj v zdravstvu. Uradni list Republike Slovenije, št. 111/2003. Dostopno na internetu: <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=2003111&številka=4857>, 12.10.2004
10. Radiološka zaščita-116-Smernice v izobraževanju in vzgoji radiološke zaščite. Dostopno na internetu: <http://europa.eu.int/comm/environement/radprot/116/rp-116-en.pdf>, 10.9.2004

11. Radiološka zaščita-91-Kriteriji sprejemljivosti radiološke opreme. Dostopno na internetu:<http://pa.eu.int/comm/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/091/en.pdf>, 10.9.2004
12. Terpin M.: V iskanju odličnosti storitev. Ljubljana: PANTA RHEI-SINTEZA, 1996.
13. Verbič B. in sod.: Dobrodošli med najboljšimi: pot do kakovosti v storitveni dejavnosti. Ljubljana: Gospodarski vestni, 1994.
14. Wallace J. E. Radiographic exposure: Principles & practice. Philadelphia: F. A. Davis Company, 1995.
15. Wolbarst A. B. Physics of radiology. Connecticut: Appletton & Lange, 1993.
16. Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV). Uradni list Republike Slovenije, št. 102 / 2004.