

Strokovni članek

# VREDNOSTI POVPREČNIH ŽLEZNIH DOZ V PRESEJALNEM PROGRAMU DORA IN PRIMERJAVA Z VREDNOSTMI POVPREČNIH ŽLEZNIH DOZ V TUJIH PRESEJALNIH PROGRAMIH

Professional Article

## VALUES OF MEAN GLANDULAR DOSES IN SLOVENIAN BREAST SCREENING PROGRAMME AND COMPARISON WITH FOREIGN SCREENING PROGRAMMES

Anamarija Kostiov, dipl. inž. rad.,

anamarija.kostiov@zf.uni-lj.si,

Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana

### POVZETEK

**Uvod:** Mamografija je temeljna preiskava za zgodnje odkrivanje raka dojke. Kot vsako rentgensko slikanje tudi mamografija dozno obremeni preiskovanko. Kakovostno organiziran program presejanja je bistven za zgodnje odkrivanje raka dojke in zmanjšanje umrljivosti za to boleznijo. Del vsakega kakovostno organiziranega programa je zagotavljanje najnižje dozne obremenitve preiskovank.

**Namen:** Namen raziskave je bil izračunati, kakšna je povprečna žlezna dozna obremenitev pacientke pri posamezni projekciji na mobilnih enotah presejalnega programa Dora in primerjati rezultate z vrednostmi povprečnih žlezni doz z dozami drugih presejalnih programov.

**Materiali in metode:** Mamografa, ki se uporabljata na mobilnih enotah presejalnega programa Dora sta Siemens Inovation. Za izračun povprečne žlezne doze (MGD) je bila uporabljena metoda izračunavanja povprečnih žlezni doz po Dance et al, 2000. V raziskavo je bilo vključenih 2999 preiskovank (11996 projekcij), ki so bile pregledane v mesecu septembru leta 2010 in 2011. Do podatkov, potrebnih za izračun MGD sem prišla preko sistema IMPACS RIS (Agfa Health care, Belgium). Raziskava je bila retrospektivna. Primerjava naših MGD s tujimi je bila narejena po pregledu strokovne literature.

**Rezultati in razprava:** Povprečna vrednost MDG na mobilni enoti 1 je bila 1,57 mGy, na mobilni enoti 2 pa 1,83. Vrednosti povprečnih debelin dojke so bile na mobilni enoti 1 56,71 mm, na mobilni enoti 2 pa 57,04 mm. Razlike v povprečnih vrednostih MGD med septembrom 2010 in septembrom 2011 so bile na mobilni enoti 1 majhne (manjše od 1%), na mobilni enoti 2 pa nekoliko večje (3%). Povprečna vrednost žlezne doze v mobilnih enotah programa Dora je bila 1,74 mGy, povprečna debelina dojke pa 57 mm. Dozna obremenitev na digitalnih mamografskih aparatih programa Dora je v povprečju za 50% manjša od doze na analognih mamografih, na katerih so bile opravljene tuje študije (Rosberg et al., 2000 in Kruger et al., 2001).

**Zaključek:** Vrednosti povprečnih žlezni doz se v programu Dora razlikujejo glede na aparat, na katerem je preiskovanka slikana, so pa polovico nižje, kot jih navajajo študije, ki obravnavajo to temo.

**Ključne besede:** mamografija, povprečna žlezna doza, MGD, presejalni program Dora

### ABSTRACT

**Introduction:** Mammography is a basic examination of early breast cancer detection. Like every x-ray examination mammography has also invasive effect on patients. High quality screening programme is essential for early detection of breast cancer and low mortality due to breast cancer. Part of high quality screening programme is assuring that patients receive the lowest possible dose exposures.

**Purpose:** Purpose of research was to calculate average dose values in every projection on mobile units of DORA breast screening programme and to compare them to average glandular doses from other studies.

**Methods:** Mobile units of breast screening programme are equipped with Siemens Inovation Mammograph. Mean glandular doses were calculated by the formula Dance et al., 2000. Research was performed on 2999 patients (11996 projections), examined in September 2010 and September 2011. Data used in calculations were collected within IMPACS RIS system (Agfa Health care, Belgium). Research took place retrospectively. Comparison between our MGD values and values from other studies was performed after the study of correspondent references.

**Results:** The average MGD value in mobile unit 1 was 1,57 mGy and in mobile unit 2 1,83 mGy. The value of average breast thicknesses in mobile unit 1 is 56,71 mm and on mobile unit 2 57,04 mm. The differences between MGD values in September 2010 and September 2011 on mobile unit 1 were small (less than 1 percent), and on mobile unit 2 the differences were a bit higher (3 percents). Average MGD value in DORA breast screening programme was 1,74 mGy, average thickness was 57 mm. Doses in digital mammographs used in our screening programmes were 50 percent smaller

then the doses on analogue mammographs used in other studies (Rosberg et al., 2000 in Kruger et al., 2001).

**Conclusion:** MGD values of in DORA breast screening programme depend on the mamograph used in examination. Regarding the above subject, they are half smaller than the values calculated in other studies.

**Key words:** mammography, average glandular dose, MGD, breast screening programme Dora

## UVOD

### Program Dora

Na področju celotne države že več kot desetletje poteka neorganizirano presejanje, kar pomeni, da vsaka ženska v starosti 50 do 69 let vsako drugo leto lahko opravi presejalno mamografijo, vendar je od nje odvisno, ali bo to možnost tudi izkoristila.

Tako presejanje ni dalo želenih rezultatov za zmanjševanja pogostnosti raka dojke in odkrivanja njegovih zgodnejših oblik, kar je za preživetje ženske in boljše kvaliteto njenega življenja v prihodnosti ključno. Zato so bil junija 2004 na Zdravstvenem svetu R Slovenije sprejeli predlog vzpostavitve organiziranega programa zgodnjega odkrivanja raka dojke, namenjen ženskam v starosti 50 do 69 let, katerega nosilec je Onkološki inštitut.

Po pripravah je program Dora v omejenem obsegu začel potekati konec aprila 2008. Omejen obseg izvajanja programa v prvi fazi so predlagali tuji strokovnjaki, ki imajo izkušnje z organiziranjem uspešnih tovrstnih programov in so s svojim znanjem pomagali program vzpostaviti. Namen je lažja zaznava, analiza in seveda sistemska odprava težav, ki se lahko pojavljajo na začetku.

Osnovna organizacijska in funkcionalna enota programa Dora je presejalni center, ki je strokovno in organizacijsko tesno povezan z diagnostičnim in terapevtskim centrom.

Pomemben del organiziranega programa je pisno povabilo na preiskavo vsaki ženski zgoraj omenjene starosti. Odkrivanje zgodnjih oblik raka se izvaja z mamografskim slikanjem dojk vsako drugo leto, kar je tudi priporočilo evropskih smernic za izvajanje presejanja raka dojk. Vse storitve v programu, ki poleg vabila ženskam iz ciljne skupine vključujejo še presejalno mamografijo, dvojno odčitavanje, kontrolo kakovosti ter diagnostično obdelavo vseh žensk, pri katerih je bila najdena sprememba, se krijejo iz obveznega zdravstvenega zavarovanja in so torej za žensko brezplačne.

Program se bo v naslednjih letih razširil na področje celotne države in bo tako postopno zamenjal sedanji oportunistični, neorganiziran sistem presejanja (Uradni list RS, Uradni list RS, št. 19/98, 47/98, 26/00, 67/01, 33/02, 37/03, 117/04, 31/05 in 83/07).

Kakovostno organiziran program presejanja je bistven za zgodnje odkrivanje raka dojk in zmanjšanje umrljivosti (Register raka, 2010).

Del kakovostno organiziranega presejalnega programa je tudi optimizirana dozna obremenitev pacientk, ki v program prihajajo. V mamografiji to obremenitev označujemo kot povprečno žlezno dozo (MGD).

## Povprečna žlezna doza pri mamografiji (MGD)

MGD je uveljavljena količina za določitev obsevanosti pri mamografiji. Kot osnovo za izračun MGD uporabljamo absorbirano dozo v zraku (KA) na mestu, kjer sevanje vstopa v dojko. Izmerjeno vrednost KA s pomočjo pretvornih faktorjev pretvorimo v povprečno žlezno dozo MGD (Zdešar et al., 2000).

Povprečna žlezna doza se izmeri v okviru testov mamografskih rentgenskih aparatov, ki jih izvede medicinski fizik. Metoda določanja je povzeta po evropskem protokolu (EC, 1996a).

## NAMEN

Namen raziskave je predstaviti povprečno žlezno obremenitev pacientke v programu Dora in ugotoviti ali se povprečna žlezna doza med mobilnima enotama (ME) tega programa razlikuje. Prav tako je namen primerjava povprečne žlezne doze na mobilnih enotah v istih obdobjih dveh zaporednih let in na dveh različnih lokacijah ter primerjava povprečnih vrednosti žlezni doz obeh mobilnih enot z vrednostmi povprečnih žlezni doz tujih presejalnih programov.

## MATERIALI IN METODE

Z uporabo metod izračunavanja povprečnih žlezni doz po Dance et al. (2000), lahko brez poseganja v kvaliteto mamograma izračunamo povprečno žlezno dozo za posamezno projekcijo. Izračun sem naredila retrospektivno, uporabila sem program Excel.

$$MGD = KA * g * c * s \text{ [mGy]}$$

Pri izračunu sem uporabila faktorje g, c in s. Poleg teh faktorjev so v izračun vključene tudi vrednosti anodne napetosti (kV), tokovnega sunka (mAs) in debeline dojke (mm), ki se zapišejo v DICOM glavo vsakega mamograma ter dozimetrični parametri (specifična vrednost kerme v zraku) izhodnega snopa rentgenske cevi (Y), ki je izražena v  $\mu\text{Gy/mAs}$ . Vrednosti izhodnega snopa rentgenske cevi pridobimo iz meritev, opravljenih ob polletnem testu rentgenskega aparata, ki ga opravi medicinski fizik.

Izračun vrednosti KA sem naredila s pomočjo vrednosti Y. Te vrednosti sem pridobila iz poročila polletnega testa aparata. Vrednosti Y se razlikujejo glede na spekter rentgenskih fotonov, uporabljen pri slikanju.

Faktorji g, c in s so tabelirani, spreminjajo se z debelino dojke in vrednostjo razpolovne debeline (HVL). Razpolovna debelina je debelina izbrane snovi (najpogosteje aluminija), ki razpolovi začetno intenziteto sevanja (Terry et al.,

1999). Razpolovno debelino lahko merimo, običajno pa se uporabljajo tabelirane vrednosti. Vrednosti HVL so določene po Dance et al., (2000):

Faktor g je pretvorni faktor, ki KA pretvori v žlezno dozo. Pri tem je privzeta sestava dojke, in sicer 50% žleznega in 50% maščobnega tkiva (Dance et al., 1990).

Faktor c je popravek, s katerim popravimo razliko med sestavo slikane dojke in dojke, sestavljene iz 50% žleznega in 50% maščobnega tkiva (Dance et al., 2000).

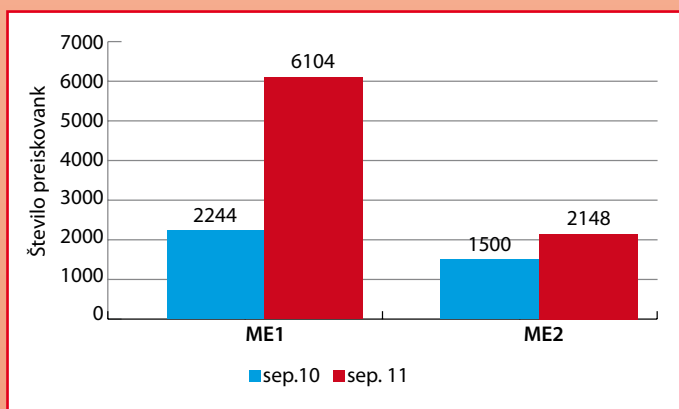
Faktor s je popravek, ki upošteva spekter rentgenskih fotonov oziroma kombinacijo anodnega materiala in filtra, ki smo jo uporabili pri slikanju (Dance et al., 2000).

Pri slikanju je bil v vseh primerih izbran avtomatski nadzor ekspozicije. To pomeni, da je mamografski rentgenski aparat za slikanje samodejno izbral material anode in filtra, napetost in anodni tok. Na mobilni enoti 1 (ME1) so uporabljali anodi iz molibdena ali volframa ter filter iz rodija, na mobilni enoti 2 (ME2) pa anodo iz volframa ter filter iz rodija. Povprečna vrednost vseh raziskanih ekspozicij na ME1 je bila 29 kV in 94 mAs, v 73% slikanj je bila izbrana kombinacija materiala anode in filtra volfram-rodij, v 27% pa molibden-rodij. Povprečna vrednost raziskanih ekspozicij na ME2 je bila 29 kV in 132 mAs, izbrana kombinacija materiala anode in filtra je bila volfram-rodij. Na obeh mobilnih enotah je bil uporabljen program avtomatske ekspozicije OPDOSE. Ker mamografov na mobilnih enotah ni umerjal isti aplikator proizvajalca, so bile med ME1 in ME2 razlike v izbiri ekspozicijskih pogojev in materiala anode in filtra.

Primerjavo s tujimi študijami sem naredila po pregledu strokovne literature.

## Vzorec podatkov

Obravnavani so mamogrami, narejeni v mesecu septembru leta 2010 in leta 2011 na obeh mobilnih enotah. V raziskavi je bilo zajetih 11996 mamogramov in 2999 preiskovank. Izpis podatkov, potrebnih za izračun povprečne žlezne doze je bil narejen s pomočjo servisnega osebja (Siemens rentgenski aparati), ki je s pomočjo programske opreme iz mamografskega rentgenskega aparata pridobilo tehnične podatke za vsak mamogram.



Graf 1: Število mamogramov, zajetih v raziskavo na obeh mobilnih enotah v mesecu septembru leta 2010 in leta 2011

Graf 1 prikazuje število mamogramov, narejenih v presejalnem programu Dora v septembru 2010 in septembru

2011. ME1 je bila v obeh obdobjih, zajetih v raziskavo, nastanjena pred Onkološkim inštitutom v Ljubljani. V septembru 2011 je delo na njej potekalo dvoizmensko, eno leto prej pa enoizmensko, septembra 2010 je bilo slikanih 561 preiskovank, septembra 2011 pa 1526, kar je vzrok za razliko v številu rentgenogramov, narejenih v obeh obdobjih.

Delo na ME2 je bilo enoizmensko, delala pa je na dveh lokacijah: septembra 2010, ko je bila mobilna enota v Trbovljah, je bilo slikanih 375 preiskovank, septembra 2011 pa je bila v Kamniku, kjer je bilo preiskovank 537. Iz grafa lahko razberemo, da je bilo zaradi naštetih dejavnikov večje število mamogramov narejenih na ME1.

## REZULTATI IN RAZPRAVA

V rezultatih bom predstavila povprečne vrednosti izračunanih MGD, razlike v teh vrednostih in pa povprečne debeline dojk septembra 2010 in septembra 2011 na mobilnih enotah 1 in 2 v programu DORA.

Tabela 1 prikazuje povprečno vrednost MGD v obravnavanem obdobju pri vseh 11996 slikanjih na obeh mobilnih enotah.

Tabela 1: Povprečne vrednosti MGD in povprečne debeline dojk

	Število projekcij	Povprečna vrednost MGD (mGy)	Povprečna debelina dojke (mm)
MGD	11996	1,74	56,88

Vrednost MGD je v presejalnem programu DORA 30% manjša kot je vrednost, ki jo priporoča evropska komisija (Perry et al., 2006), ki znaša 2,5mGy, kar pomeni, da so glede dozne obremenitve preiskovank v Dori doseženi dobri rezultati.

Povprečno žlezno dozo in debelino dojk sem nato primerjala med obema mobilnima enotama, primerjava je prikazana v tabeli 2.

Tabela 2: Primerjava povprečnimi vrednosti MGD in povprečnih debelin dojk med mobilnima enotama

	Število projekcij	Povprečna vrednost MGD (mGy)	Povprečna debelina dojke (mm)	Razlika med povprečnima vrednostma MGD (mGy)	Razlika med povprečnima vrednostma debelin dojk (mm)
ME 1	8348	1,57	56,79	0,26	0,25
ME 2	3648	1,83	57,04		

Razliko med povprečnima MGD pripisujem različni avtomatski nastavitvi ekspozicije na enem in drugem aparatu in razliki v povprečni debelini dojk.

Glede na ugotovljeno razliko med povprečnima MGD na obeh mobilnih enotah, sem nato primerjala mesečna pregleda obeh mobilnih enot. Ker se je ME2 v vmesnem času

prestavila iz Trbovelj v Kamnik, sem pri tej enoti primerjala tudi povprečno MGD na obeh lokacijah.

Primerjava rezultatov MGD septembra leta 2010 in 2011 na ME1 je prikazana v tabeli 3.

Tabela 3: Primerjava povprečnih MGD in povprečnih debelin dojk v septembru 2010 in septembru 2011 na mobilni enoti 1

	Povprečna vrednost MGD posamezne projekcije (mGy)	Povprečna debelina dojke (mm)	Razlika med povprečnima vrednostma MGD (mGy)	Razlika med povprečnima vrednostma debelin dojk (mm)
ME1 september 2010 Ljubljana	1,56	57,0	0,01 (0,6%)	0,04 (0,01%)
ME1 september 2011 Ljubljana	1,57	56,6		

Razlika med vrednostma povprečnih MGD in debelin dojk med septembrom 2010 in septembrom 2011 na ME1 je bila minimalna, enako tudi razlika med povprečnima debelinama dojk. Majhne razlike v povprečnih vrednostih MGD pripisujem uporabi enakega programa za avtomatski nadzor ekspozicije, lokacija enote se ni spremenila, populacija zajetih preiskovank je v obeh opazovanih obdobjih približno enaka.

Tudi pri ME2 sem primerjala vrednosti, zabeležene v septembru 2010 in septembru 2011. Septembra 2010 je bila ME2 v Trbovljah, septembra 2011 pa v Kamniku. V tabeli 4 so navedene vrednosti povprečnih debelin dojke in povprečnih žleznih doznih obremenitev v obeh obravnavanih mesecih.

Tabela 4: Primerjava povprečnih MGD in povprečnih debelin dojk v septembru 2010 in septembru 2011 na mobilni enoti 2

	Povprečna vrednost MGD posamezne projekcije (mGy)	Povprečna debelina dojke (mm)	Razlika med povprečnima vrednostma MGD (mGy)	Razlika med povprečnima vrednostma debelin dojk (mm)
ME2 September 2010 Trbovlje	1,87	58	0,08 (4%)	2 (3%)
ME2 September 2011 Kamnik	1,79	56		

Vzrok za večjo razliko med povprečnimi vrednostmi MGD je razlika v povprečni debelini.

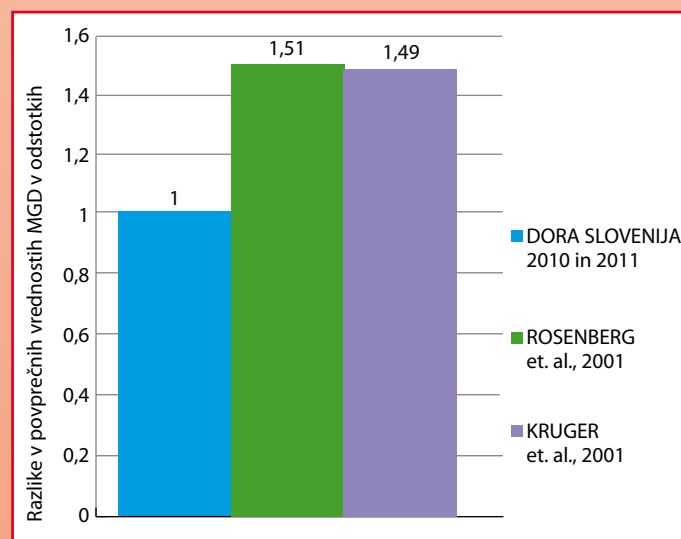
V tabeli 5 so navedene razlike med vrednostmi MGD in povprečnih debelin dojk v presejalnem programu DORA in dveh tujih študijah, opravljenih s klasičnimi slikovnimi sistemih folija-film.

Tabela 5: Primerjava povprečnih MGD in povprečnih debelin dojk na mobilnih enotah Dore in vrednosti tujih raziskav

	Povprečna debelina dojke (mm)	Povprečna vrednost MGD (mGy)
DORA 2011	57	1,74
ROSENBERG et al., 2000	49	2,62 (51%)
KRUGER et al., 2001	51	2,6 (49%)

Študija Rosenberga et al. (2001) je bila opravljena na enem mamografu, v obdobju od novembra 1998 do decembra 1999, v Mehiki. Zajeli so 20705 ekspozicij. V večini primerov so uporabljali molibdenovo anodo in filtracijo snopa ter avtomatsko izbiro anodne napetosti, najpogosteje med 25 in 28 kV. Povprečna debelina dojke je bila 49 mm. Za izračun vrednosti MGD so uporabili enak izračun kot sem ga uporabila jaz. Vrednost povprečne MGD je bila v njihovi raziskavi 2,62 mGy.

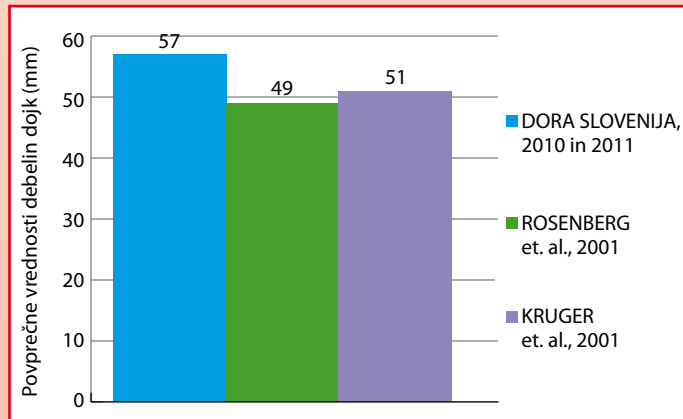
Študija Kruger et al. (2001) so obravnavali 24471 ekspozicij, narejenih na sedmih mamografih v obdobju 4 mesecev v ZDA. V večini primerov so prav tako uporabljali molibdenovo anodo in filtracijo snopa ter avtomatsko izbiro anodne napetosti, med izbranimi napetostmi je bila najpogostejša 25 kV. Povprečna debelina dojke je znašala 51 mm. Za izračun vrednosti MGD so uporabili enak izračun kot sem ga uporabila jaz. Vrednost povprečne MGD je bila v njihovi raziskavi 2,6 mGy.



Graf 2: Razlike med povprečnimi vrednostmi MGD v odstotkih

Razlika med povprečnimi vrednostmi MGD med meritvami v programu Dora in primerjalnima študijama je velika. Prikazana je v grafu 2. Vzrok so različni slikovni sistemi v Dori (digitalni) in obeh primerjanih študijah (analogni). V primerjanih študijah so večinoma uporabljali molibdenovo anodo in filter, v našem programu pa večinoma volframovo anodo in rodijev filter. V primerjavi s študijo v Mehiki (Rosenberg et al., 2001) je bila povprečna MGD pri nas za 51%, v primerjavi s študijo v ZDA (Kruger et al., 2001) pa za 49% manjša. Povprečne debeline dojk so bile v obeh

študijah manjše, kot v naši. Povprečna razlika med MGD v analognih in digitalnih sistemih v moji primerjavi je 50%, v literaturi pa je navedeno, da naj bi uporaba digitalne tehnologije v povprečju zmanjšala dozno obremenitev za 22% (Henrick, Februar 2012 AJR <http://www.sciencedaily.com/releases/2010/01/100121135704.htm>).



Graf 3: Razlike med povprečnimi vrednostmi debelin dojke v milimetrih

Študija, narejena v Mehiki je imela najmanjšo povprečno debelino pregledanih dojk, 49 mm, v ZDA je povprečna debelina znašala 51 mm, pri nas pa je bila največja, in sicer 57 mm. Vrednosti povprečnih debelin so prikazane v grafu 3.

## ZAKLJUČEK

Pomemben dejavnik v presejevalnih programih je pri slikanju dojk dozna obremenitev (MGD) preiskovanke. Na MGD vpliva več dejavnikov, neposredno tudi debelina dojke.

Povprečna vrednost MGD v mobilni enoti 1, ki je bila septembra 2010 in septembra 2011 na isti lokaciji, je tako rekoč konstantna, razlike med obema obdobjema so minimalne (manj kot 1%). Razlike v povprečni debelini dojke so bile prav tako majhne (manj kot 1%).

Razlika med povprečnimi vrednostmi MGD na mobilni enoti 2 so nekoliko večje (4%), kar pripišemo spremembi lokacije (iz Trbovelj v Kamnik) in nekoliko večji razliki v povprečnih debelinah dojk (3%).

Razliko med povprečnima dozama v mobilnih enotah 1 in 2 pripišemo različnim povprečnim debelinam dojk. Razlika med povprečnima MGD v eni in drugi mobilni enoti je bila 0,25 mGy, razlika v povprečnih debelinah dojk pa 0,25 mm.

Uporaba digitalnih sistemov z novimi programi avtomatskih ekspozicij in uporaba novih materialov pri mamografiji zmanjša dozno obremenitev. Z našo raziskavo smo ugotovili, da je razlika med digitalnim in analognim sistemom v povprečju 50%.

## Literatura

- Dance DR (1990) Monte carlo calculation of conversion factors for the estimation of mean glandular breast dose. Phys. Med. Biol. 35, 1211-1219.
- Dance DR, Skinner CL, Young KC, Beckett JR, Kotre CJ (2000).

Additional factors for the estimation of mean glandular breast dose using the UK mammography dosimetry protocol, Phys. Med. Biol., 45, 3225-3240.

Kruger RL, Schueler BA (2001): A survey of clinical factors and patient dose in mammography. Med. Phys. 28(7). 1449-1454

Henrik RE (2012) Dostopno na: <http://www.sciencedaily.com/releases/2010/01/100121135704.htm> <10.12.2012>

Perry N, Broeders M, De Wolf C, Törnberg S, Holland R, Von Karsa L(ed.), (2006): European guidelines for quality assurance in breast screening and diagnosis, fourth edition, European Communities

Pravilnik za izvajanje preventivnega zdravstvenega varstva na primarni ravni (Uradni list RS, št. 19/98, 47/98, 26/00, 67/01, 33/02, 37/03, 117/04, 31/05 in 83/07) Dostopno na: [http://www.mz.gov.si/si/delovna\\_podrocja/javno\\_zdravje/sektor\\_za\\_preventivo\\_in\\_razvoj\\_javnega\\_zdravja/preventivni\\_zdravstveni\\_pregledi/Dora\\_drzavni\\_program\\_presejanja\\_raka\\_dojk/](http://www.mz.gov.si/si/delovna_podrocja/javno_zdravje/sektor_za_preventivo_in_razvoj_javnega_zdravja/preventivni_zdravstveni_pregledi/Dora_drzavni_program_presejanja_raka_dojk/) <10.12.2011>

Rak v Sloveniji 2007, Ljubljana: Onkološki inštitut Ljubljana, Epidemiologija in register raka, Register raka Republike Slovenije, 2010.

Rosenberg RD, Kelsey CA, Williamson MR, Houston JD, Hunt WC (2001): Computer –based collection of mammographic exposure data for quality assurance and dosimetry. Med. Phys. 28(8) 1546-1551.

Terry JA, Waggener RG, Miller Blough MA (1999) Half-value layer and intensity variations as a function of position in the radiation field for film screen mammography. Med. Phys. 26, 259 – 266.

Thierens H, Bosmans H, Buls N, Bacher K, De Hauwere, Jacobs J, Clerinx P (2009): Typetesting of physical characteristics of digital mammography system, European Journal of Radiology 70, Issue 3, 539-548.

Young KC, Ramsdale ML, Rust A (1998). Auditing mammographic dose and image quality in the uk breast screening programme, Radiat. Prot. Dosim., 80, 291–294.

Young KC, Burch A, Oduko (2005): Radiation doses received in the UK Breast Screening Programme in 2001 and 2002, The British Journal of Radiology, 78, 207–218.

Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrsko varnostjo Dostopno na: [http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r04/predpis\\_ZAKO1544.html](http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r04/predpis_ZAKO1544.html) <13.9.2011>

Zdešar U in sod. (2000), Obsevanost pacientov pri klasičnih radioloških preiskavah v splošni bolnišnici Slovenj Gradec, poročilo CVS DP-1009/00 Dostopno na: <http://www.zvd.si/media/medialibrary/2010/11/sbsg-kd.pdf> <10.9.2011>