

Strokovni članek

## PREDNOSTI IN SLABOSTI DIGITALNE DENTALNE RADIOGRAFIJE ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF DIGITAL DENTAL RADIOGRAPHY

Mateja Pretnar, dipl. inž. rad.

[mateja@pretnar.info](mailto:mateja@pretnar.info)

Asist. Nejc Mekiš, dipl. inž. rad

Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Poljanska 26 a, 1000 Ljubljana

### IZVLEČEK

**Namen:** Namen članka je predstaviti značilnosti digitalne dentalne radiografije, njene prednosti in slabosti ter razširjenost po Sloveniji.

**Metode dela:** Anketni vprašalnik je bil poslan na 97 naslovov. V anketi je sodelovalo 42 uporabnikov zobnih rentgenov, in sicer 26 v javnem in 16 v zasebnem sektorju. Za analizo rezultatov je bila uporabljena opisna statistika.

**Rezultati:** Na dentalnih radiografskih diagnostikah, ki že uporabljajo digitalno tehnologijo, jih 70% meni, da je visoka cena slabost. Pri klasični dentalni radiografiji jih tako meni več kot 80%. Meritve ZVD so v letu 2008 pokazale za približno 50% nižjo vstopno kožno dozo pri digitalnih intraoralnih slikanjih v primerjavi z analognimi.

**Razprava in sklep:** Digitalna dentalna tehnologija je glede na pridobljene rezultate v Sloveniji dokaj razširjena. Delež dentalnih radiografskih diagnostik, ki uporabljajo digitalno tehnologijo, narašča iz leta v leto. Njene glavne prednosti so manjša doza sevanja in uporabnost digitalne slike, njena glavna slabost pa je še vedno visoka cena.

**Ključne besede:** digitalna dentalna radiografija, prednosti digitalne dentalne radiografije, slabosti digitalne dentalne radiografije, digitalni detektor

### 1 UVOD

Razvoj digitalne tehnologije je spremenil tako način našega življenja kot tudi sodobno radiologijo. Sprememba je rezultat tehnološkega napredka v procesu pridobivanja slike in razvoja omreženih računalniških sistemov za prenos slik. V zobozdravstvu je prisotna zmerna rast v uporabi teh tehnologij, napredek v razvoju programske opreme in uvajanje novih aparatov. Za prehod iz klasičnega na digitalno slikanje je več vzrokov, kot na primer neželene posledice neustreznega razvijanja filmov, kar onemogoča kvalitetno diagnostiko in težave pri vzdrževanju kvalitetnega procesa razvijanja. Digitalno slikanje odpravlja kemično razvijanje in z njim povezane nevarne odpadke, slike pa se lahko brez izgube kvalitete elektronsko prenašajo vsem zdravstvenim izvajalcem (White, 2009). Poleg tega potrebujejo digitalni dentalni detektorji manjšo količino ionizirajočega sevanja za zajem slike kot film in s tem posledično zmanjšajo dozo izpostavljenost pacienta (ZVD, 2008).

Digitalni sistemi pa imajo tudi pomanjkljivosti. Začetni stroški vzpostavitve digitalnega sistema so relativno visoki. Določeni deli, na primer intraoralni detektorji, so občutljivi na grobo ravnanje, njihova zamenjava pa je precej draga.

### ABSTRACT

**Purpose:** The purpose of article is to describe characteristics of digital dental radiography, its advantages, its disadvantages, and the extent of its use in Slovenia.

**Methods:** A questionnaire was sent to 97 addressees. Altogether, 42 responses were received, 16 from the private and 26 from the public sector. Descriptive statistics were used for result analysis.

**Results:** In the departments of dental radiology that already use digital technology, 70% think of the high cost as an obstacle, while in the departments that still use classical imaging, this share is over 80%. Measurements carried out by the Institute of Occupational Safety (ZVD) for 2008 showed a 50% decrease in air kerma at intraoral imaging when using digital devices in comparison with the analog ones.

**Discussion and conclusion:** As seen from the survey results, digital dental imaging is already widely used in Slovenia and the number of its users is increasing each year. Major advantages are smaller radiation exposure and usefulness of the digital image, while its main disadvantage is still the high cost associated with setting up the digital equipment.

**Keywords:** digital dental radiography, advantages of digital dental radiography, disadvantages of digital dental radiography, digital detector

Ker digitalni sistemi uporabljajo novo in včasih ne do konca razvito tehnologijo, obstaja možnost, da bodo nekateri sistemi postali čez čas neuporabni (White, 2009). Trend je vseeno jasen. Digitalni zajem slike, prenos v računalnik, prikaz na zaslonu, shranjevanje in prenos po medmrežju; vse to je danes nekaj vsakdanjega na večini radioloških oddelkov in omogoča boljše rezultate ter večjo uporabnost. Kljub temu, da je digitalna tehnologija v dentalni radiografiji prisotna že dvajset let, še vedno ni povsem nadomestila analogne. Obstajajo namreč nekatere slabosti, ki pa bodo verjetno z nadaljnjim razvojem vse manj pomembne, posebno v primerjavi s številnimi prednostmi digitalne radiografije. V Sloveniji sta trenutno še vedno dve tretjini intraoralnih aparatov analognih (Zdešar, 2008).

### 1.1 DIGITALNA DENTALNA RADIOGRAFIJA

Prvi digitalni sistem za dentalno radiografijo (RVG - RadioVisioGraphy), je bil predstavljen leta 1984, tehnologijo pa so takrat poimenovali filmless radiography - radiografija

# diagnostična radiološka tehnologija

brez filma (Koerner et al., 2007). Nova tehnologija se je le počasi uvajala, saj je imela nekatere slabosti (velikost detektorja, ločljivost slike, pomanjkanje informacij o uporabi).

Za izdelavo digitalne rentgenske slike so potrebni: vir sevanja, detektor in računalniška oprema. V večini primerov je za prehod na digitalno radiografijo z vidika vira sevanja možno uporabiti obstoječe intraoralne in ekstraoralne rentgenske aparate, rentgenski film pa nadomesti detektor (Petrikowski, 2005).

## 1.1.1 Vrste digitalnih detektorjev

Digitalni detektorji (tudi senzorji ali sprejemniki) se razlikujejo po tehnologiji, velikosti in obliki. Trenutno je najbolj uporabna delitev glede na dve glavni tehnologiji. To sta solid-state tehnologija (CCD, CMOS, flat panel detektorji) in tehnologija z uporabo fotostimulacijske fosforne plošče – računalniška radiografija (PSP – photostimulable phosphor) (White, 2009).

### 1.1.1.1 Trdni detektorji

Tehnologija trdnih detektorjev (solid-state) je tehnologija na osnovi polprevodnikov. V radiologiji solid-state detektorji zbirajo električni naboj, ki ga generirajo rentgenski fotoni, v polprevodnem materialu. Rentgenski fotoni, ki dosežejo detektor, se s pomočjo vgrajenega scintilacijskega zaslona spremenijo v vidno svetlobo. Ta se prenese po optičnem kablu v računalnik, kjer digitalno analogni pretvornik svetlobni signal pretvori iz analognega v digitalnega. Po približno tridesetih sekundah se na zaslonu prikaže slika zoba. V zadnjem času so razvili tudi brezžično tehnologijo prenosa preko radijskih valov (White, 2009).

### CCD detektorji

CCD (charge-coupled device) detektorji so bili prvi digitalni detektorji za intraoralno uporabo, ki so se v dentalni radiografiji začeli uporabljati leta 1987. V Sloveniji so bili prvi digitalni dentalni sistemi nameščeni leta 1992. CCD detektorji so bili hkrati tudi prvi digitalni sistemi v slovenski radiografiji (Zdešar, 2008).

CCD je vsaka naprava, ki ima za shranjevanje elektronov mrežo polprevodnih kondenzatorjev, ki med seboj zaporedno prenašajo naboj. CCD detektor ima za zajetje slike tanko plast silikona v matrični obliki, občutljivo na vidno in rentgensko svetlobo. Vsak element matrike (pixel) shrani energijo, ki jo oddajo rentgenski fotoni ali svetloba ob ekspoziciji. S pomočjo scintilacijskega zaslona se rentgenski fotoni spremenijo v vidno svetlobo (White, 2009).

Prednost CCD detektorja je, da je postopek pridobitve slike hitrejši, slabost pa, da imajo detektorji manjšo površino za zajem ter so debelejši in bolj togi v primerjavi s PSP ploščami. Moteča je tudi kabelska povezava z računalnikom, predvsem ko slikamo zobe v transkaninim predelu. Uporabna površina za zajem slike pri CCD detektorjih je manjša kot pri klasičnih rentgenskih filmih, zato je velikokrat potrebno namesto enega narediti dva ali več posnetkov, da prikažemo določeno patologijo (Longar, 2008).

### CMOS detektorji

CMOS (complementary metal oxide semiconductor) je tehnologija, ki se od CCD razlikuje v načinu prenosa shranjenih nabojev v pixlih. Naboj vsakega pixla se prenese neposredno (pri CCD se prenašajo zaporedno).

Ta tehnologija se uporablja za izdelavo računalniških procesorjev in videokamer, zato je mnogo cenejša in bolj dostopna (White, 2009).

## Detektorska plošča (flat panel)

Detektorji se uporabljajo za ekstraoralno slikanje, saj lahko zagotovijo dovolj veliko območje za zajem slike. Ločimo neposredne in posredne detektorje. Neposredni detektorji uporabljajo fotopomnoževalko (selen ali gadolinij), ki svetlobne fotone spreminja v električne impulze. Posredni detektorji so občutljivi na vidno svetlobo, v katero se ob prehodu preko ojačevalnega zaslona pretvorijo rentgenski fotoni.

Trenutno je opisana tehnologija draga, njena uporaba pa omejena na specializirano slikanje (na primer CT), navaja White (2009).

### 1.1.1.2 Računalniška radiografija (CR)

Računalniška radiografija (PSP – photostimulable storage phosphor) – detektor ni neposredno povezan z računalnikom, sliko pa dobimo tako, da detektor vstavimo v posebno bralno enoto. Detektorji vsebujejo halogene elemente, ki ob prehodu rentgenskega sevanja absorbirajo rentgenske fotone, ki v njem tvorijo latentno sliko. Po končani ekspoziciji se plošča vstavi v bralno enoto z laserskim čitalcem, ki ploščo osvetli z rdečo svetlobo z valovno dolžino okoli 650 nm. Rdeča laserska svetloba stimulira emisijo modre in zelene svetlobe fotonov iz slikovne plošče. Elektroni ob vrnitvi v prvotno stanje oddajo spekter zelene svetlobe, ki ima valovno dolžino med 400 in 500 nm. Tako se senzor očisti in je pripravljen na ponovno osvetlitev (Bushberg, 2002; Longar, 2008).

Prednosti CR tehnologije so širok dinamični razpon, ki zmanjša stopnjo neuspešnih posnetkov, možnost integracije v obstoječe aparate in mobilnost (slikanje v postelji, slikanje nepokretnih pacientov). Celoten postopek je zamudnejši, kvaliteta slike in s tem uporabnost za diagnostiko pa sta slabši (Koerner et al., 2007).

## 2 NAMEN

Namen članka je predstaviti značilnosti digitalne dentalne radiografije ter njene prednosti in slabosti ter oceniti njeno razširjenost ter poznavanje njenih prednosti ter slabosti po Sloveniji.

## 3 METODE DELA

Metodi dela sta bili dve. Prva je pregled literature, ki je predstavljala osnovo za predstavitev prednosti in slabosti. Druga pa anketa o razširjenosti digitalne dentalne tehnologije po Sloveniji. Podlaga za sestavljanje anketnega vprašalnika je bil pregled literature v poglavjih o prednostih in slabostih. Vprašalniki so bili poslani po navadni in elektronski pošti 97 izvajalcem v javnem (59) in zasebnem (38) sektorju.

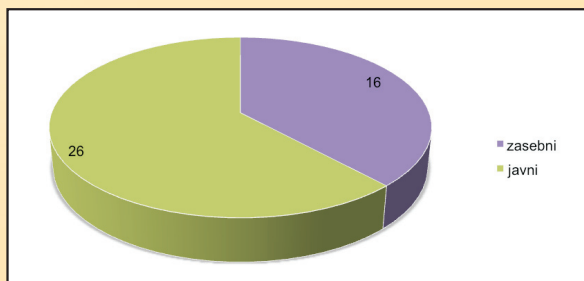
Vprašanja so bila splošna in mnenjska. V splošnem delu je avtorica želela pridobiti osnovne podatke o sektorju, številu in vrsti rentgenskih aparatov ter letu prehoda na digitalno tehniko. Dodatno je želela izvedeti mnenja o prednostih in slabostih ter ali tisti, ki še uporabljajo klasično tehnologijo, razmišljajo o prehodu.

Odgovori so bili statistično obdelani po metodi opisne statistike ter prikazani v grafični obliki.

# diagnostična radiološka tehnologija

## 4 REZULTATI IN RAZPRAVA

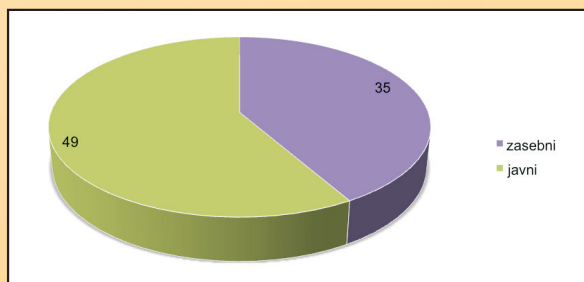
Rezultati so v nadaljevanju predstavljeni po metodi opisne statistike z grafi, katerim sledi razprava posameznega rezultata.



Graf 1: Število vrnjenih anket po sektorju.

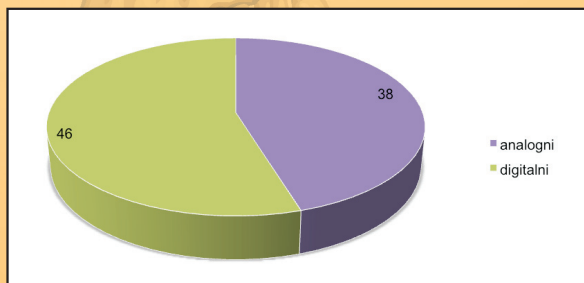
### 4.1 Rezultati ankete

Vrnjenih je bilo 42 pravilno izpolnjenih anket, kar predstavlja 43% vseh anket. Na grafu 1 je vidna porazdelitev odgovorov med javnim in zasebnim sektorjem.



Graf 2: Število aparatov po sektorju.

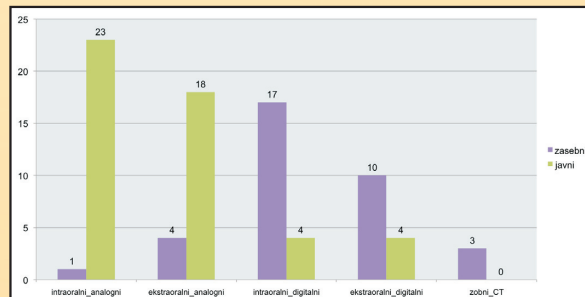
Javni sektor predstavljajo predvsem zdravstveni domovi, medtem, ko zasebni sektor predstavljajo zobozdravstvene ordinacije in diagnostike zobnih rentgenov. Od odgovorjenih anket jih je bilo 62% iz javnega sektorja in 38% iz zasebnega. Anketiranci, ki so odgovorili, skupaj uporabljajo 84 aparatov. Od tega 58% v javnem sektorju in 42% v zasebnem sektorju.



Graf 3: Vrsta aparatov.

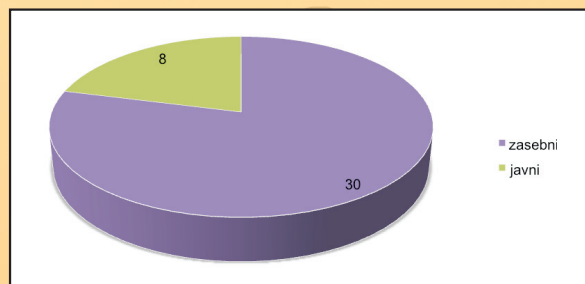
Večina radioloških oddelkov ima po en aparat, večji oddelki pa imajo običajno okoli tri rentgenske aparate. Na grafu 3 je prikazana vrsta aparatov. Digitalne aparate

uporablja 55% anketirancev, analogne pa 45%. Večje število digitalnih aparatov pomeni dokaj hitro rast digitalne tehnologije v zadnjih letih. Upoštevati je potrebno,



Graf 4: Število in vrsta aparatov po sektorju.

da so bili verjetno na sodelovanje v anketi bolj odzivni tisti anketiranci, ki že imajo digitalno tehnologijo. Po podatkih ZVD-ja, je namreč še vedno več zobnih aparatov v Sloveniji analognih (Zdešar, 2008). V anketi so bile zajete vse vrste aparatov (intraoralni,

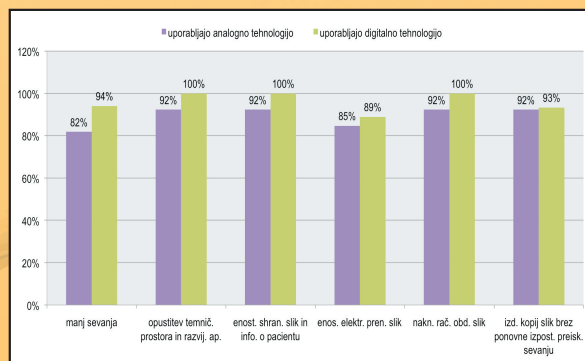


Graf 5: Število digitalnih aparatov po sektorju.

ekstraoralni in zobni CT). Večje število digitalnih aparatov je v zasebnem sektorju, medtem ko je število vseh aparatov še vedno večje v javnem sektorju.

### 4.2 Uporaba digitalne tehnologije po sektorjih

Iz grafa št. 5 je razviden delež uporabe digitalne tehnologije v obeh sektorjih. V zasebnem sektorju je kar 81% vseh aparatov digitalnih. V javnem sektorju je takih aparatov le 19%.



Graf 6: Prednosti digitalne dentalne tehnologije.

# diagnostična radiološka tehnologija

Pričakovati je, da je veliko večji delež uporabe digitalne tehnologije v zasebnem sektorju, in sicer zaradi samostojne odločitve o prehodu in sledenja trendu sodobnih ordinacij. Poleg tega podatki iz tujine kažejo na dokaj kratko dobo vračanja investicije (okoli 5 let).

## 4.3 Mnenje o prednostih digitalne tehnologije

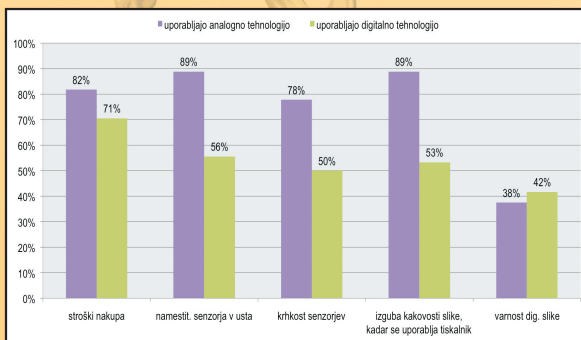
Odgovori o prednostih so bili obdelani ločeno, glede na to ali oddelek že uporablja digitalno tehnologijo ali ne, kot je prikazano na grafu št. 6.

Le malo večje število pozitivnih odgovorov o posameznih prednostih je pri tistih, ki digitalno tehnologijo že uporabljajo. Razlog za to je verjetno v njihovih izkušnjah. Poleg ponujenih odgovorov so uporabniki navedli še naslednje prednosti: boljša kvaliteta posnetkov, hitrejša izdelava slike, kar pomeni prihranek časa ter možnost slikanja na zobnem stolu.

## 4.4 Mnenje o slabostih digitalne tehnologije

Anketiranci so poleg prednosti ocenjevali in navajali tudi slabosti, kar je prikazano na grafu 7.

Manjše število odgovorov o posameznih slabostih je pri



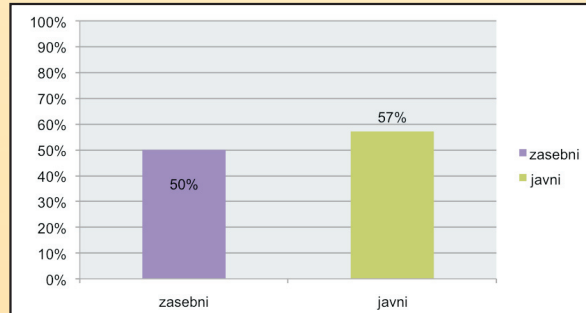
Graf 7: Slabosti digitalne dentalne tehnologije.

tistih, ki digitalno tehnologijo že uporabljajo, saj iz prakse bolje poznajo slabosti. Poleg ponujenih odgovorov so uporabniki opozorili na naslednje slabosti: dragi filmi za tiskanje, detektor s časom izgubi na kontrastnosti, težave pri prikazovanju slike, kadar uporabnik nima primerne programa.

## 4.5 Interes za prehod na digitalno tehnologijo

Anketno vprašanje je bilo povezano tudi z razmišljanjem o prehodu na digitalno tehnologijo pri tistih oddelkih, ki je še ne uporabljajo. Delež zainteresiranih uporabnikov (med tistimi, ki še uporabljajo analogno tehnologijo) za prehod na digitalno tehnologijo je prikazan na grafu 8.

Tukaj je delež (57%) večji v javnem sektorju, saj je večina zasebnikov (ki je to nameravala) že prešla na digitalno tehnologijo. Pregled literature, rezultati ankete in podatki ZVD (2008) kažejo na relativno visoko raven informiranosti in uporabe digitalne dentalne radiografije v Sloveniji. Večina zobnih rentgenskih diagnostik, ki nima digitalnih aparatov, razmišlja o prehodu, ali pa je vsaj delno seznanjena s prednostmi in slabostmi.



Graf 8: Interes za prehod na digitalno radiografijo.

## 5 SKLEP

Razvoj digitalnega slikanja omogoča vedno večjo natančnost ob hkratnem zmanjšanju obremenitve pacienta in zaposlenih s sevanjem.

Digitalna dentalna tehnologija je dokaj razširjena v Sloveniji; njene glavne prednosti so manjša doza sevanja in uporabnost digitalne slike, njena glavna slabost pa je še vedno visoka cena.

Vsako uvajanje nove tehnologije pomeni poleg prednosti, ki jih prinaša, tudi slabosti. Razvoj tehnologije dodatno izpopolnjuje prednosti in odpravlja slabosti. Tako je tudi pri digitalni dentalni radiografiji v primerjavi s slikanjem na film. Pri zobnih rentgenskih diagnostikah, ki že uporabljajo digitalno tehnologijo, jih 70% meni, da je visoka cena slabost, medtem ko jih je takih pri klasičnih uporabnikih več kot 80%. Meritve ZVD so v letu 2008 pokazale nižjo vstopno kožno dozo pri digitalnih intraoralnih aparatih v primerjavi z analognimi.

Kljub manjši dozi, si je še vedno potrebno prizadevati za čim manjše število slikanj. Potrebno pa se je zavedati, da še tako natančna slika ne more nadomestiti anamneze in kliničnega pregleda, ampak je vedno samo njuna dopolnitev.

### Reference:

- Bushberg TJ, Seibert JA, Leidholdt EM Jr, Boone JM (2002). *The essential physics of medical imaging*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 296.
- Koerner M, Weber CH, Wirth S, Pfeifer KJ, Reiser MF, Treitl M (2007). *Advances in digital radiography: Physical principles and system overview*. *Radiographics* (27): 675–86 (online:10.1148/rg.273065075).
- Longar M (2008). *Digitalno slikanje zob*. V: Zbornik predavanj in posterjev strokovnega seminarja Društva radioloških inženirjev, Radenci, 18.–20. april 2008. Ljubljana: Društvo radioloških inženirjev Slovenije, 125–29.
- Petrikowski GC (2005). *Introducing digital radiography in the dental office: An Overview*. *J Can Dent Assoc* 71(9): 651.
- White SC, Pharoah MJ (2009). *Oral radiology. Principles and interpretation*. 6th ed. St. Louis: Mosby, 78–83, 225–41.
- Zdešar U, Fortuna T, Valantič B, Škrk D (2008). *Is digital better in dental radiography?*. *Radiation Protection Dosimetry*. doi:10.1093/rpd/ncn079.
- Zavod za varstvo pri delu (2008). *Delovni*