

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZDRAVOTNĚ SOCIÁLNÍ FAKULTA**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Analýza zpracování RTG obrazu**

**Vypracovala:** Lucie Dostálová, Dis.  
**Vedoucí práce:** MUDr. Antonín Srp, CSc.

**9.5. 2008**

## **Abstrakt**

### Analysis of X-ray Images processing

Film was the original recording medium used for recording X-ray images. It was then replaced by a film-foil system.

Digital recording systems are currently replacing the film systems throughout the Czech Republic. The manufacturers of X-ray equipment are actively promoting this conversion.

In sharp contrast with other branches of technology, the basic principles of X-ray technology have not changed much since its invention more than 100 years ago.

It is possible to scan a digital recording directly by using large screen detectors or indirectly with the help of recording foils.

The archival system is also an integral part.

Digital X-rays have many advantages. Among them are: high quality pictures developed nearly instantaneously, the ability to immediately check them, the possibility of adjusting them afterwards, the possibility of archiving them, the possibility of transferring the data through a computer network, lower operating cost (provided the archiving is digital only) and sequencing.

The disadvantages are the initial cost of acquisition and the added expense of archiving if the records are maintained in film form as well as on the server.

The direct digitalizing of an X-ray picture is based on recording the picture with the help of scanning detectors. Flat panel detectors which transform a picture originated by X-ray exposure directly onto a picture recording, are used for the detection.

The indirect digitalizing of an X-ray picture is based on recording a picture on memory foils which are stored in special cassettes, similar in size and shape to the cassettes for film materials.

After exposure the cassette is read into a digitalizer, which produces a similar digital recording. Photographic documentation is made and archived, almost always

using the DICOM format which makes full compatibility possible on a worldwide basis. The foil is reusable and the recorded picture is deleted with intense light.

## **Prohlášení**

**Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Analýza zpracování rtg obrazu vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedené v seznamu citované literatury.**

**Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě/v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zdravotně sociální fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.**

**V Českých Budějovicích 9.5.2008**

**Lucie Dostálová**

## Obsah

Úvod .....	7
<b>1. Současný stav .....</b>	<b>8</b>
<b>1.1 Digitalizace rentgenového obrazu .....</b>	<b>8</b>
1.1.1 Výhody a nevýhody digitalizace rentgenového obrazu .....	8
1.1.2 Rozdělení zobrazovacích systémů .....	9
1.1.3 Základní požadavky na zobrazovací systémy .....	10
<b>1.2 Přímá a nepřímá digitalizace .....</b>	<b>11</b>
1.2.1 Přímá digitalizace .....	11
1.2.2 Nepřímá digitalizace .....	11
<b>1.3 Softwarové systémy .....</b>	<b>12</b>
<b>2. Cíl práce a hypotéza .....</b>	<b>13</b>
2.1 Cíl práce .....	13
2.2 Hypotéza .....	13
<b>3. Metodika .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1 Metoda čisté současné hodnoty .....</b>	<b>14</b>
3.1.1 Současná hodnota očekávaných výnosů .....	14
3.1.2 Čistá současná hodnota investice .....	14
<b>4. Výsledky .....</b>	<b>16</b>
<b>4.1 Finanční náklady na nákup filmového materiálu a chemie v roce 2007 .....</b>	<b>16</b>
<b>4.2 Rozdělení pracovišť podle počtu vyšetřených pacientů .....</b>	<b>18</b>
4.2.1 Malé RTG pracoviště .....	18
4.2.2 Velké RTG pracoviště .....	18
<b>4.3 Uvažované náklady na nákup zařízení pro nepřímou digitalizaci podle nabídek .....</b>	<b>19</b>
4.3.1 Náklady na nákup zařízení pro malé pracoviště .....	19
4.3.2 Náklady na nákup zařízení pro velké pracoviště .....	20
<b>4.4 Uvažované náklady na nákup zařízení pro přímou digitalizaci .....</b>	<b>21</b>
4.4.1 Náklady na nákup zařízení pro malé pracoviště .....	21

4.4.2 Náklady na nákup zařízení pro velké pracoviště .....	24
<b>4.5 Náklady a výnosy za rok 2007 na vybraných úsecích Radiodiagnostické Kliniky FNKV.....</b>	<b>26</b>
<b>4.6 Čistá současná hodnota investice .....</b>	<b>26</b>
4.6.1 Čistá současná hodnota investice při pořízení přístrojů pro nepřímou digitalizaci .....	27
4.6.2 Čistá současná hodnota investice při pořízení přístrojů pro přímou a nepřímou digitalizaci .....	27
<b>4.7 Zhodnocení přechodu z analogového na digitální zobrazovací proces Obecně a na pracovišti Fakultní nemocnice Královské Vinohrady.....</b>	<b>32</b>
<b>4.8 Vyhodnocení podílu opakovaných snímků na pracovišti s digitálním provozem s analogovým zobrazovacím procesem.....</b>	<b>33</b>
<b>5. Diskuze .....</b>	<b>34</b>
<b>6. Závěr .....</b>	<b>35</b>
<b>7. Seznam použité literatury .....</b>	<b>36</b>
<b>8. Klíčová slova .....</b>	<b>37</b>
<b>9. Přílohy .....</b>	<b>38</b>

## Úvod

Vývoj počítačových systémů a přechod na digitální zpracování informací se projevuje ve všech oborech lidské činnosti. Zřetelný pokrok v tomto směru lze sledovat i ve zdravotnictví. V radiodiagnostice, respektive ve zpracování rentgenového zobrazovacího materiálu se postupně přešlo od ručního vyvolávání RTG snímků přes rozvoj vyvolávacích automatů k digitalizaci RTG obrazu.

Také na našem pracovišti se plánuje přechod na digitální zpracování RTG záznamu. Toto téma je u nás aktuálně často diskutované a pro mě bylo inspirací pro tuto bakalářskou práci. V ní chci zejména zdůraznit ekonomickou stránku tohoto problému zejména ekonomickou návratnost investice.

## 1. Současný stav

### 1.1 Digitalizace rentgenového obrazu<sup>(3)</sup>

Na rozdíl od jiných odvětví se rentgenový zobrazovací systém za posledních více než 100 let v základním principu příliš nezměnil.

Mezi zobrazovacími metodami dosud dominovalo zobrazování na rentgenový film. V současnosti nastává doba, kdy digitální systémy založené na počítačovém zpracování obrazu částečně nebo úplně nahradí filmové zobrazovací systémy.

Většina výrobců rentgenové techniky prosazuje bezfilmovou technologii a uvádí na trh jednak zařízení pro nepřímou radiografii, která je založená na filmových foliích a jednak pro přímou radiografii, založenou na velkoplošných snímacích detektorech. Technologii doplňují systémy umožňující archivaci snímků

#### 1.1.1 Výhody a nevýhody digitalizace rentgenového obrazu

##### Výhody

- vytvoření kvalitního obrazu v reálném čase
- okamžitá kontrola vytvořeného obrazu
- snížení počtu opakovaných vyšetření
- možnost následné úpravy
- možnost digitální archivace a přenosu dat pomocí počítačových sítí
- snížení počtu nedochovaných ( ztráta, poničení,..) snímků
- zkrácení času od vyšetření do vyhotovení nálezu
- zkrácení času od vyhotovení nálezu do jeho dodání na příslušné oddělení
- zkrácení času od požadavku na dodání snímku do jeho vydání z archivu
- nižší provozní náklady, pokud je archivace pouze digitální (filmový a chemický materiál
- snížení nákladů na likvidaci filmového a chemického materiálu
- snížení dávky



- snížení nákladů způsobených opakováním expozic
- Nevýhody
- vyšší investice na přístroj a archivaci
- vyšší náklady na provoz, pokud se digitální archivace provádí na server a i na filmy
- návaznost pouze na další digitální systémy, a to buď v rámci zdravotnického zařízení nebo mimo ně

### *1.1.2 Rozdělení zobrazovacích systémů*

#### Rentgenové filmy

Rentgenové filmy patří mezi základní dosud používaný zobrazovací systém. Snímky je možné dodatečně digitalizovat pomocí bubnového nebo plošného skeneru. Tím je možné jejich elektronické uložení a případná pozdější úprava.

#### Paměťové folie

Záznam obrazu na paměťové folie se dosáhne po expozici rentgenovým zářením, kdy dopadající energie způsobí excitaci elektronů, které jsou zachyceny ve vyšší energetické hladině. Postupným ozářením celé folie červeným laserem se elektrony převedou zpět. Pohlcená energie se vyzáří jako modré záření, které je úměrné intenzitě exponovaného rentgenového záření. Toto záření se poté sejme a digitalizuje. Folie se používá podobně jako film, lze ji však použít opakovaně. Záznam z folie lze vymazat intenzivním světlem. Viditelný obraz získáme pomocí čtečky (skeneru).

#### Rentgenotelevizní systémy

Na rozdíl od předchozích metod neuchovávají získanou informaci trvale. Používají se pro snímky v reálném čase. Pro archivaci se používá paměťové médium. Zesilovač obrazu je vakuová součástka se vstupním oknem, které je potažené luminoforem a

fotokatodou, která převádí dopadající rentgenový obraz na fotoelektrony. Fotoelektrony jsou ovlivňovány elektrodo­vým systémem. Ten tvoří elektronovou optiku. Fotoelektrony dopadají na stínítko, kde vzniká zmenšený obraz s vyšším jase­m ve viditelné oblasti. Obraz je snímán televizním systémem, zobrazuje se a popřípadě digitalizuje a ukládá.

#### Polovodičové detektory

K detekci rentgenového záření se využívá speciální čip, který je tvořen maticí světlocitlivých polovodičových elementů. Na jejich počtu a velikosti závisí velikost a rozlišovací schopnost snímače a zároveň i doba pro přečtení informace. Polovodičové detektory (flat panel detectors) využívají přímou a nepřímou konverzi rentgenového záření. Rentgenové záření dopadá na polovodičové obrazové elementy (čipy), které jsou v panelu sestaveny do matrice. Na výstupu je pak elektrický signál vedený přímo na A/D převodník a k dalšímu zpracování do počítače.

#### *1.1.3 Základní požadavky na zobrazovací systémy*

- rozlišovací schopnost
- rozměr detektoru
- citlivost, která ovlivňuje dávku zatěžující pacienta nebo délku expozice
- rychlost záznamu
- dynamický rozsah, který zajistí, že všechny difference v absorpci předmětu jsou zobrazeny bez zkreslení
- dosažitelný kontrast snímku
- pořizovací náklady a náklady související s provozem

## ***1.2 Přímá a nepřímá digitalizace***

### *1.2.1 Přímá digitalizace*

Přímá digitalizace rentgenového obrazu je založena na záznamu obrazu pomocí snímacích detektorů. K detekci se používají polovodičové systémy (flat panel detectors), které převádějí obraz vzniklý expozicí rentgenovým zářením přímo na digitální informaci. Jednoduchou manipulací lze pomocí softwarových systémů získanou informaci zviditelnit, prohlížet, upravovat a archivovat. Není třeba temné komory, spotřebního materiálu a zpracovatelské chemie, vyvolávacího automatu, senzimetrické kontroly, likvidace odpadů atd.

Výhody přímé digitalizace

1. přímý výstup ze snímače, není manipulace s paměťovým médiem
2. lepší citlivost
3. lepší rozlišovací schopnost
4. možnost úpravy získaných snímků
5. jednodušší archivace a vyhledávání

Nevýhodou je však potřeba investovat do počítačů, diagnostických monitorů a softwaru.

### *1.2.2 Nepřímá digitalizace*

Nepřímá digitalizace rentgenového obrazu je založena na záznamu obrazu na paměťové folie, které jsou uloženy ve speciálních kazetách, tvarem i velikostí podobných kazetám pro filmový materiál. Kazeta se po expozici vloží do digitizéru (scanneru), obraz je přečten a převeden do digitální podoby. Folie je opakovaně použitelná, zaznamenaný obraz se smaže intenzivním osvětlením. Pomocí

softwarových systémů lze snímek zviditelnit, prohlížet a dále upravovat včetně jeho archivace.

Výhody nepřímé digitalizace

- možnost využít jednu čtečku pro několik pracovišť – úspora nákladů

### ***1.3 Softwarové systémy***

***PACS*** (Picture archiving and Communication Systém)

Slučuje textová a obrazová data získaná z různých zdrojů (RTG, CT, MR, US,...) o pacientovi.

Postup zpracování obrazu – akvizice, zpracování, archivace, přenos, výstup

***DICOM*** (Digital Imaging and Communications in Medicine) byl vyvinut pro distribuci a zobrazování medicínálních snímků (RTG, CT, MR, US,...). standardní systém, která má zajistit kompatibilitu pro všechny uživatele. Každý obraz je doprovázen informacemi o modalitě vyšetření a jeho parametrech, označením provedené studie a číslem snímku, daty pacienta, informací pro přenos přes síť.

***UNIS*** (Univerzální nemocniční informační server) je komplex programů, které řeší počítačové řízení provozu zdravotnických zařízení.

## **2. Cíl práce a hypotéza**

### ***2.1 Cíl práce***

Cíl této práce je zhodnocení nákladů v provozu s analogovým a digitálním procesem, vyhodnocení podílu opakovaných snímků na pracovišti s digitálním provozem s analogovým zobrazovacím procesem.

### ***2.2 Hypotéza***

Vybavení kliniky přístroji pro přímou či nepřímou digitalizaci je ekonomicky výhodnější než provoz s analogovým zobrazovacím procesem.

### 3. Metodika

#### 3.1 Metoda čisté současné hodnoty<sup>(4)</sup>

##### 3.1.1 Současná hodnota očekávaných výnosů (cash flow)

Jednorázové náklady na investici jsou vynaloženy v poměrně krátké době, ale očekávané výnosy z investice plynou řadu let. V ekonomickém životě působí tzv. faktor času, který způsobuje, že hodnota dnešní peněžní jednotky je vyšší než hodnota peněžní jednotky v budoucnu. A protože výnosy vznikají v delším období, musíme je přepočítat na stejnou časovou bázi, na současnou hodnotu. Ta je definována jako peněžní suma, která musí být investována, pokud má být ve stanovené době získána zpět větší o očekávané výnosy.

##### 3.1.2 Čistá současná hodnota investice

Představuje rozdíl mezi současnou hodnotou očekávaných výnosů (cash flow) a náklady na investici:

$$\text{ČSHI} = \text{SHCF} - \text{IN} = \sum_{t=1}^n \frac{\text{CF}_t}{(1+k)^t} - \text{IN}$$

ČSHI – čistá současná hodnota investice

SHCF – současná hodnota cash flow

CF – očekávaná hodnota cash flow v období t

IN – náklady na investici

$k$  – kapitálové náklady na investici (podniková diskontní sazba)  $\Sigma$

$t$  – období 1 až  $n$

$n$  – doba životnosti investice

Jmenovatel  $\dots\dots (1+k)^t$  přepočítává očekávané příjmy, tak aby jejich hodnota byla adekvátní v jednotlivých časových úsecích.

## 4. Výsledky

### 4.1 Finanční náklady na nákup filmového materiálu a chemie v roce 2007

Celkové náklady na nákup filmového materiálu a vyvolávací chemie v roce 2007 na Radiodiagnostické klinice FNKV

Měsíc	Filmový materiál	Chemie
Leden	491 130	68 748
Únor	547 722	54 999
Březen	451 829	54 999
Duben	503 555	63 257
Květen	469 066	63 257
Červen	456 241	63 257
Červenec	336 134	63 257
Srpen	364 682	63 257
Září	398 820	63 257
Říjen	490 540	63 257
Listopad	247 117	63 257
Prosinec	393 024	36 257
Celkem	5 149 860	721 059

Pozn. Od září 2007 se na naší klinice zavedla úsporná nařízení týkající se mimo jiné filmového materiálu. Většina vyšetření, zejména s negativním nálezem a pro externí pracoviště, provedených na MR a CT se nyní archivuje na CD.



Náklady na nákup drystarových filmů a scopixů, na které se dokumentuje CT a MR vyšetření

Měsíc	DryStrar	Scopix
Leden	86 734	77 030
Únor	130 101	90 229
Březen	86 734	38 515
Duben	130 101	77 030
Květen	130 101	90 229
Červen	173 469	0
Červenec	130 101	0
Srpen	86 734	0
Září	86 734	77 030
Říjen	58 229	115 545
Listopad	43 367	0
Prosinec	0	0
Celkem	1 142 405	565 608

Náklady na nákup filmů pro mammografii

Měsíc	Filmy
Leden	0
Únor	46 052
Březen	46 052
Duben	54 657
Květen	54 657
Červen	54 657
Červenec	8 604
Srpen	46 052
Září	31 630
Říjen	69 079
Listopad	69 079
Prosinec	34 419
Celkem	514 938

## ***4.2 Rozdělení pracovišť podle počtu vyšetřených pacientů***

### *4.2.1 Malé RTG pracoviště*

Denně se zde vyšetří 20 – 30 pacientů (tzn. 40 – 60 projekcí). Pracuje se zde pouze na jednosměnný provoz. Zpravidla se zde provádějí snímky plic.

Tyto pracoviště jsou v naší nemocnici 4 – detašované pracoviště na pavilonu G – I.interna, pavilon S – II.interna a pracoviště pro Urgentní příjem, Anesteziologicko-resuscitační oddělení a dva chirurgické jednotky intenzivní péče (JIP) a pracoviště na Kardiochirurgické klinice.

Na pavilonu G a S se snímkuje na přístroji MP 15.

Na urgentním příjmu a anesteziologicko-resuscitačním oddělení je pojízdný přístroj Mobilett Plus E, který je také na odd. chirurgických JIP a kardiochirurgické klinice.

### *4.2.2 Velké RTG pracoviště*

Denně se zde vyšetří 70-100 pacientů (tzn. přes 200 projekcí), pracuje se zde na vícesměnný provoz.

V naší nemocnici jsou dvě velké pracoviště – centrální rentgen, kde se pracuje pouze jednu směnu a ortopedický rentgen, kde je nepřetržitý provoz.

Na centrálním rentgenu je jedno skiagrafické pracoviště, kde je přístroj MP 15 a jedno skiaskopicko-skiagrafické pracoviště, kde je sklopná stěna Prestige II. Na ortopedickém rentgenu je také MP 15.

Průměrné náklady na filmy a chemii pro jednotlivá pracoviště za měsíc (v %)

	Náklady v %	
Pracoviště	filmy	chemie
Centrální rentgen	31	30
Ortopedický rentgen	42	44
Pavilon G	4,5	4
Pavilon S	15	12
Rentgen ARO	4	8
Kardiochirurgie	3,5	2
Celkem	100	100

***4.3 Uvažované náklady na nákup zařízení pro nepřímou digitalizaci podle nabídek námi oslovených firem<sup>(1)</sup>***

*4.3.1 Náklady na nákup zařízení pro malé pracoviště*

Firma č.1

Skener, 1 diagnostická stanice, 1 pracovní stanice a 4 kazety (2x 24x30, 2x 35x43), český software vše v ceně 1 098 720,-.

Dále kazety 2x 18x24 65 748,-, 2x 35x35 99 968,-.

NÁKLADY NA JEDEN PŘÍSTROJ 1 264 436,-

CELKOVÉ NÁKLADY PRO VŠECHNA 4 PRACOVIŠTĚ 5 057 744,-

Pozn.: Tato cena je již konečná.

#### Firma č.2

Skener, software, 1 pracovní stanice v ceně 3 190 000,-. K tomu je potřeba dokoupit software v hodnotě 920 000,- a jedna vyhodnocovací konzole v ceně 1 003 400,-. Dále kazety od každé velikosti 2 ks v celkové ceně 401 128,-.

NÁKLADY NA JEDEN PŘÍSTROJ 5 514 528,-

CELKOVÉ NÁKLADY PRO VŠECHNA 4 PRACOVIŠTĚ 22 058 112,-

Technická specifikace nabídky<sup>(2)</sup>

Rozměry - výška 151,1 cm  
- šířka 63,5 cm  
- hloubka 73,6 cm  
- váha 239,4 kg

Monitor 15,0 in., doteková obrazovka, barevná, matice 1024 x 768

Rychlost: čas od vložení kazety do skeneru do zobrazení: 33 s a méně podle velikosti kazety

Pozn.: Tato cena je vypočtena podle nabídkových listů jednotlivých firem. Při nákupu tato cena nemusí být konečná, lze reálně uvažovat o výrazném (až 50%) snížení.

#### *4.3.2 Náklady na nákup zařízení pro velké pracoviště*

#### Firma č.2

Skener, software, 2 pracovní stanice v ceně 8 926 548,-. K tomu je potřeba dokoupit software v hodnotě 920 000,- a 3 vyhodnocovací konzole v ceně 3 462 600,-. Dále kazety od každé velikosti 8 ks v celkové ceně 1 604 512,-.

CELKOVÉ NÁKLADY PRO OBĚ PRACOVIŠTĚ 13 993 660,-

Technická specifikace nabídky<sup>(2)</sup>

Rozměry - výška 132,1 cm  
- šířka 104,1 cm  
- hloubka 76,2 cm  
- váha 433,6 kg

Monitor 15,0 in., doteková obrazovka, barevná, matice 1024 x 768

Výkon - až 101 kazet za hodinu

Rychlost - čas od vložení kazety do skeneru do zobrazení: 34 s a méně podle velikosti kazety

#### ***4.4 Uvažované náklady na nákup zařízení pro přímou digitalizaci<sup>(1)</sup>***

##### *4.4.1 Náklady na nákup zařízení pro malé pracoviště*

Zde by se jednalo pouze o pavilony G a S. Pojízdne rentgenové přístroje s přímou digitalizací sice již existují, ale jejich pořizovací náklady jsou příliš vysoké. Proto se na tato pracoviště počítá s nepřímou digitalizací.

##### Firma č.3

NÁKLADY NA JEDEN PŘÍSTROJ 7 000 000,-Kč

CELKOVÉ NÁKLADY PRO OBĚ PRACOVIŠTĚ 14 000 000,-Kč

Technická specifikace nabídky

Skiagrafický DR systém (1 detektorové pracoviště)

RTG přístroj s přímou digitalizací pro traumatický provoz

Specifikace:

1 ks Univerzální podstavec

- sloup pevně spojený se zemí
- otočné rameno 150°, motorizované, s dálkovým ovládním
- náklon detektoru
- rotace okolo podstavce
- vertikální pohyb na podstavci
- motorizovaná změna vzdálenosti
- minimální vzdálenosti od podlahy 45 cm
- maximální vzdálenost od podlahy 200 cm
- automatický antikolizní systém
- plně automatická kolimace se světelným paprskem
- poziční systém horizontální, vertikální

1 ks Výškově nastavitelný stůl plovoucí s mechanickými brzdami

- ovládací panel pro ovládní stolu a ukazatel stavu baterií
- antikolizní systém
- karbonová deska s elektromagnetickými brzdami
- motorizované nastavení výšky
- longitudinální posun
- boční posun
- nosnost stolu 200 kg

1 ks Vysokofrekvenční generátor

- duální výstup
- výkon: 80 kW
- frekvence: 100 kHz
- ochrana proti přehřátí systému, proudový chránič
- anatomické a orgánové programy, expoziční automatika

1 ks Vysokorychlostní startér

1 ks Rentgenka s rotační anodou type; 600 kHU ; ohnisko 0,6 – 1,2 mm ; 40/102 kW;  
150 kV, ohnisková vzdálenost 100 - 180 cm

Digitální detektor

- detektor z jednoho kusu amorfního SI se scintilační vrstvou GOS
- rozměr detektoru 43 cm x 43 cm
- velikost pixelu max. 160 $\mu$ m

Akviziční stanice

- zobrazení snímků do 3 sec
- možnost manuálního zadání dat pacienta
- interní harddisk min. 700 pacientů
- dotyková ovládací stanice + 2MP náhledový monitor 1600 x 1200
- DICOM 3,0 (Storage, Print, Worklist)
- SW STITCHER – SW pro spojení více snímků
- postprocesingové funkce
- měření a záznam expozičních dávek

#### *4.4.2 Náklady na nákup zařízení pro velké pracoviště*

Firma č.3

NÁKLADY NA JEDEN PŘÍSTROJ 8 000 000,-Kč

CELKOVÉ NÁKLADY NA OBA PŘÍSTROJE 16 000 000,-Kč

Technická specifikace přístroje:

Skiagrafický RDG přístroj, stropní závěs a polyfunkční vertigraf (1 detektor)

Specifikace:

- sloup pevně spojený se zemí
- univerzální nosič pro detektor s možností mobility detektoru (využití mimo nosič)
- náklon detektoru +/- 90 st.
- motorizovaný vertikální pohyb nosiče detektoru
- motorizovaná změna vzdálenosti
- minimální vzdálenost od podlahy 45 cm
- maximální vzdálenost od podlahy 200 cm
- automatický antikolizní systém

Vysokofrekvenční generátor řízený mikroprocesorem

- výkon: 65 kW
- frekvence 100 kHz
- ochrana proti přehřátí systému, proudový chránič
- anatomické a orgánové programy
- expoziční automatika
- integrace systému generátor/detektor
- vysokorychlostní startér

Stropní závěs pro rentgenku se světelnou kolimací a motorizovaným pohybem

- rozpětí 3 x 6 m

Rentgenka s rotační anodou ; min.: 300 kHU ; 2 ohniska ; min.: 6000 ot/min

Výškově nastavitelný stůl plovoucí s mechanickými brzdami Flexi DT

- ovládací panel pro ovládání stolu a ukazatel stavu baterií
- antikolizní systém
- karbonová deska s elektromagnetickými brzdami
- motorizované nastavení výšky
- longitudinální posun



- boční posun
- nosnost stolu 200 kg

#### Digitální detektor

- detektor nedělený
- rozměr: 43 x 35 cm
- mobilní systém (použití detektoru v pracovní desce i mimo ni)

#### Akviziční stanice

- zobrazení snímků do 3 sec
- možnost manuálního zadání dat pacienta
- interní harddisk min. 700 pacientů
- dotyková ovládací stanice + 2MP náhledový monitor 1600 x 1200
- DICOM 3,0 (Storage, Print, Worklist)
- SW STITCHER – SW pro spojení více snímků
- postprocesingové funkce
- měření a záznam expozičních dávek

#### **4.5 Náklady a výnosy za rok 2007 na vybraných úsecích Radiodiagnostické kliniky FNKV**

##### Náklady a výnosy pro jednotlivá pracoviště (v mil.Kč)

Pracoviště	Náklady v mil. Kč	Výnosy v mil. Kč	Podíl na nákladech v %	Vyčíslení nákladů na filmy v mil. Kč
Centrální rentgen	12.5	4.8	41.667	2.457
Anesteziologicko-resuscitační	2.4	0.5	8.000	0.472
II.interna "S"	3.6	1.9	12.000	0.708
I. Interna "G"	1.9	0.7	6.333	0.374
Ortopedický rentgen	9.6	6.4	32.000	1.887
Celkem jednotlivá pracoviště	30	14.3	100.000	5.898
Klinika celkem	85.1	75.1		

Příjmy jsou odvozeny z hospodářských výsledků pro rok 2007. Spotřeba elektrické energie u používaných zařízení se významně neliší od přístrojů přímé a nepřímé digitalizace. Z tohoto důvodu budou pro odlišení využity pouze náklady spojené s provozem přístroje nepřímé digitalizace. Jedná se o náklady spojené s výměnou folie, která se podle výsledků za rok 2007 odhaduje na jednu výměnu za deset let při současné hodnotě cca 30 000,- Kč.

#### **4.6 Čistá současná hodnota investice**

Z přiložených tabulek vyplývá, že vynaložené investice na pořízení přístrojů pro přímou či nepřímou digitalizaci i přes výraznější počáteční investice přináší v krátké době značný ekonomický zisk.

#### *4.6.1 Čistá současná hodnota investice při pořízení přístrojů pro nepřímou digitalizaci*

Pomocí čisté současné hodnoty investice jsem zhodnotila rentabilitu investic na pořízení přístrojů pro nepřímou digitalizaci (Viz. Tabulka 1, graf 1). Jak je z tabulky patrné, tak u firmy č.1 bude ČSHI po deseti letech 125 641 000,-Kč a u firmy č.2 108 641 000,- Kč.

#### *4.6.2 Čistá současná hodnota investice při pořízení přístrojů pro přímou a nepřímou digitalizaci*

Pomocí čisté současné hodnoty investice jsem také zhodnotila rentabilitu investic na pořízení čtyř přístrojů pro přímou digitalizaci a dvou pro nepřímou digitalizaci. Po deseti letech bude ČSHI u firem č.1 ač.3 112 163 000,-Kč a u firem č.2 a č.3 78 640 000,-Kč (Viz. Tabulka 2, graf 2).

Tab. 1 Čistá současná hodnota investice při pořízení přístrojů nepřímé digitalizace (v mil.Kč)

Pracoviště	Očekávané roční výnosy	rok 1	rok 2	rok 3	rok 4	rok 5	rok 6	rok 7	rok 8	rok 9	rok 10	Celkem	ČSHI firma č.1	ČSHI firma č.2
Centrální rentgen	4,8	4,672	4,547	4,425	4,306	4,191	4,079	3,970	3,864	3,760	4,798	42,611	39,435	36,602
anesteziologicko-resuscitační	0,5	0,487	0,474	0,461	0,449	0,437	0,425	0,414	0,402	0,392	0,498	4,437	1,261	-1,572
II.interna "S"	1,9	1,849	1,800	1,751	1,705	1,659	1,615	1,571	1,529	1,488	1,898	16,865	13,690	10,857
I. Interna "G"	0,7	0,681	0,663	0,645	0,628	0,611	0,595	0,579	0,563	0,548	0,698	6,212	3,037	0,204
Rtg. Kardio-chirurgie	2	1,946	1,894	1,844	1,794	1,746	1,700	1,654	1,610	1,567	1,998	17,753	14,578	11,745
Rtg. ortopedie	6,4	6,229	6,062	5,900	5,742	5,588	5,439	5,293	5,151	5,014	6,398	56,815	53,640	50,806
Celkem jednotlivá pracoviště	14,3	15,864	13,545	13,182	12,829	12,486	12,152	11,827	11,510	11,202	14,298	128,895	<b>125,641</b>	<b>108,641</b>

Pozn.: Diskontní sazba 0,0275 (podle ČNB)

Investice na pořízení přístrojů pro nepřímou digitalizaci firma č.1 19 051 000,- Kč

Investice na pořízení přístrojů pro nepřímou digitalizaci firma č.2 36 051 000,- Kč

Tab.2 Čistá současná hodnota investice při pořízení přístrojů přímé a nepřímé digitalizace

Pracoviště	Očekávané roční výnosy	Rok 1	Rok 2	Rok 3	Rok 4	Rok 5	Rok 6	Rok 7	Rok 8	Rok 9	Rok 10	Celkem	ČSHI kombinace firem č. 1 a 3	ČSHI kombinace firem č.2 a 3
Centrální rentgen	4,8	4,672	4,547	4,425	4,306	4,191	4,079	3,970	3,864	3,760	4,798	42,611	37,189	31,602
Anesteziologicko-resuscitační	0,5	0,487	0,474	0,461	0,449	0,437	0,425	0,414	0,402	0,392	0,498	4,437	-0,985	-6,572
II.interna "S"	1,9	1,849	1,800	1,751	1,705	1,659	1,615	1,571	1,529	1,488	1,898	16,865	11,444	5,857
I. Interna "G"	0,7	0,681	0,663	0,645	0,628	0,611	0,595	0,579	0,563	0,548	0,698	6,212	0,791	-4,797
Rtg. Kardiochirurgie	2	1,946	1,894	1,844	1,794	1,746	1,700	1,654	1,610	1,567	1,998	17,753	12,332	6,744
Rtg. ortopedie	6,4	6,229	6,062	5,900	5,742	5,588	5,439	5,293	5,151	5,014	6,398	56,815	51,393	45,806
Celkem jednotlivá pracoviště	14,3	15,864	15,439	15,026	14,624	14,232	13,851	13,481	13,120	12,769	16,286	144,692	<b>112,163</b>	<b>78,640</b>

Pozn.: Diskontní sazba 0,0275 (podle ČNB)

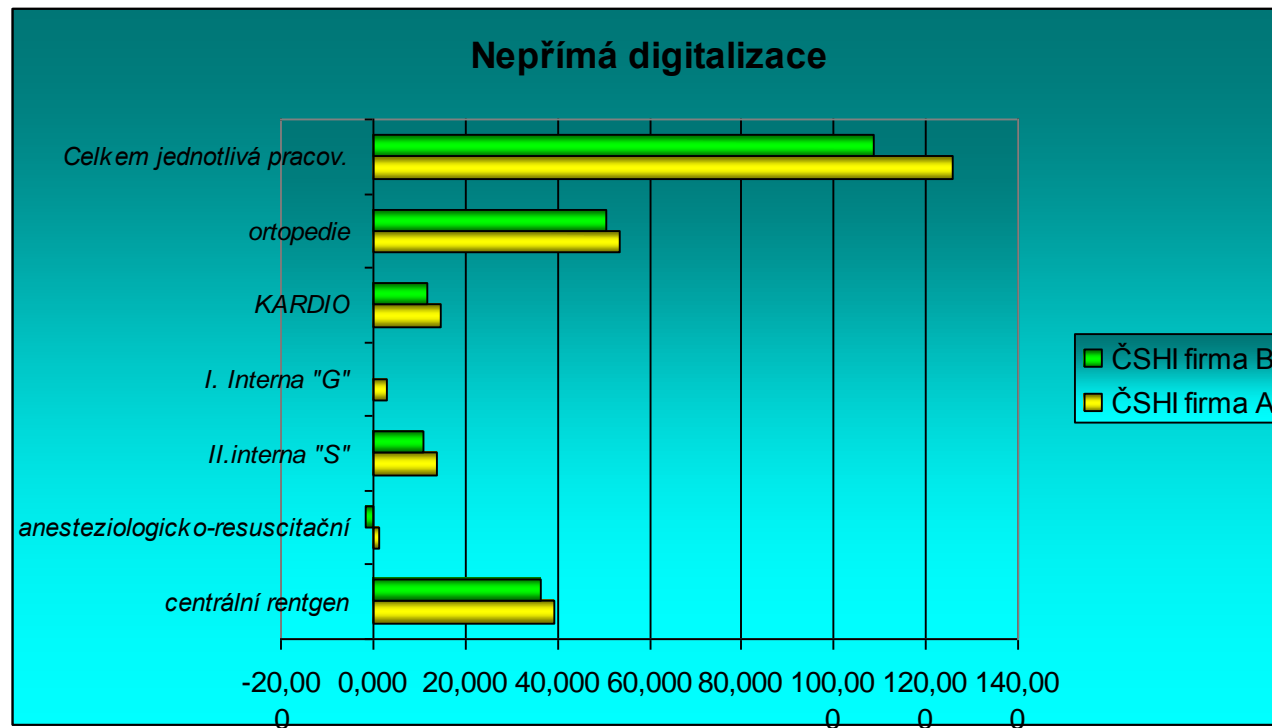
Investice na pořízení přístrojů od firmy č.1 a č.3 32 529 000,-Kč

Investice na pořízení přístrojů od firmy č.2 a č.3 66 052 000,-Kč

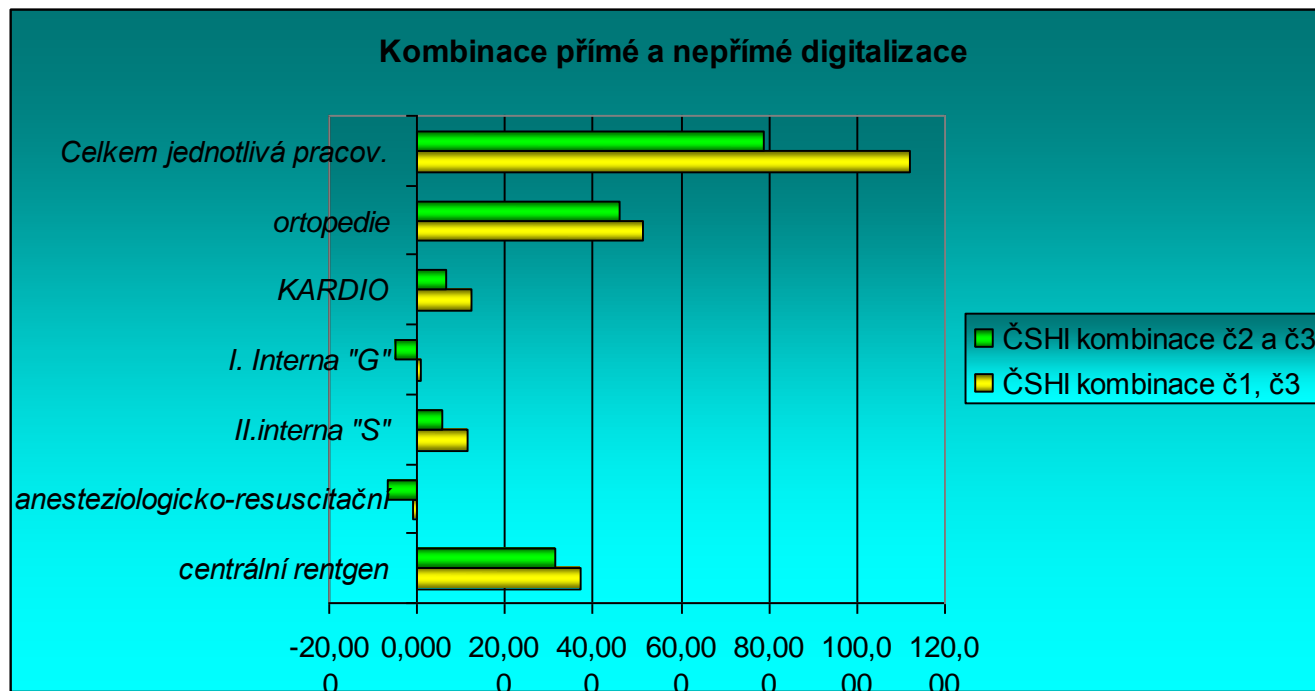
Tab.3 Jmenovatel pro výpočet očekávaných roční výnosů

rok	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
jmenovatel	1,0275	1,055756	1,08479	1,114621	1,145273	1,176768	1,209129	1,242381	1,276546	1,31165103

Graf 1 Čistá současná hodnota investice při pořízení přístrojů pro nepřímou digitalizaci



Graf 2 Čistá současná hodnota investice při pořízení přístrojů pro přímou a nepřímou digitalizaci





#### ***4.5 Zhodnocení přechodu z analogového na digitální zobrazovací proces obecně a na pracovišti Fakultní nemocnice Královské Vinohrady***

Přechod z analogového na digitální proces sníží náklady na provoz RTG pracoviště, jen když je archivace jednotlivých vyšetření pouze digitální. V případě, že se vyšetření kromě uložení na server ještě dokumentuje na filmy, je přechod na digitální provoz neekonomický.

Na naší klinice se ročně vydá za filmový materiál a vyvolávací chemikálie okolo 5 milionů korun. V případě zavedení přímé nebo nepřímé digitalizaci jsou veškerá vyšetření archivována digitálně, a proto odpadají náklady na filmový a vyvolávací materiál.

Investiční náklady na pořízení přístrojů pro digitální provoz jsou vysoké. Můžeme zavést nepřímou digitalizaci na celé klinice nebo ji spojit se zavedením přímé digitalizace. V případě naší kliniky by se u nepřímé digitalizace jednalo o částky u firmy č.1 o 19 051 000,-Kč a firmy č.2 o 36 051 000,-Kč; u kombinace přímé a nepřímé digitalizace o částku u firem č.1 a č.3 o 32 529 000,-Kč a u firem č.2 a č.3 o 66 052 000,-Kč.

Metoda čisté současné hodnoty investice představuje rozdíl mezi současnou hodnotou očekávaných výnosů a nákladů na investici.

Pomocí této ekonomické metody jsem zhodnotila návratnost investice po deseti letech. To je doba, po kterou by se měly tyto přístroje odepisovat (viz. tabulka č.1, č.2 a graf č.1 a č.2).

Roční výnosy jsou odvozeny z hospodářských výsledků za rok 2007 (viz tabulka č.3). Spotřeba elektrické energie u používaných zařízení se významně neliší. Pro odlišení jsou využity pouze náklady přímo spojené s provozem přístroje pro nepřímou digitalizaci. Jedná se především o náklady spojené s výměnou folie, která se podle výsledků roku 2007 odhaduje na jednu výměnu za deset let při současné hodnotě cca 30 000,-Kč.

Z těchto výsledků je patrné, že zavedení jak přímé tak nepřímé digitalizace je vysoce rentabilní.

Z ekonomického hlediska je nejvýhodnější zavedení nepřímé digitalizace, ale přímá digitalizace přináší rychlejší zpracování obrazu, hned po expozici můžeme posoudit správnost projekce, eventuelně neostrost způsobenou pohybem pacienta nebo jiné nepříznivé faktory, které mohou ovlivnit kvalitu rentgenogramu. Přímá digitalizace disponuje vyšším rozlišením výsledného obrazu oproti digitalizaci nepřímé. Odpadá také nebezpečí vzniku artefaktů dané mechanickým pohybem folie při transportu z kazet a zpět. V neposlední řadě je výhodou přímé digitalizace nižší radiační zátěž.

#### ***4.6 Vyhodnocení podílu opakovaných snímků na pracovišti s digitálním provozem s analogových zobrazovacím procesem<sup>(5)</sup>***

Vzhledem k tomu, že ve Fakultní nemocnici Královské Vinohrady nebyla ještě zavedena digitalizace, nelze toto srovnání provést na našem pracovišti. Proto zde předkládám údaje z RTG kliniky Fakultní nemocnice v Olomouci, kde se měsíčně snímkuje přibližně stejný počet pacientů jako ve FNKV.

	Počet opakovaných snímků	
	v kusech	v %
Před zavedením digitalizace	141	2,75
Po zavedení digitalizace	11	0,21

Díky zavedení digitalizace se sníží počet opakovaných snímků a tím se ušetří na filmovém materiálu, ale hlavně pacienti jsou méně zatíženi rentgenovým zářením.

Na naší klinice se měsíčně musí zopakovat v průměru 130 snímků., což je 2,45% ze všech provedených vyšetření. Uvažujeme-li výše uvedené závěry z jiného pracoviště, měl by se tento počet snížit na 0,21%, tj. 11 vyšetření.

## 5. Diskuze

V současné době jsou v České republice filmové systémy plošně nahrazovány digitálním záznamem.

Ve své práci jsem se zaměřila na porovnání digitálního a analogového zobrazovacího procesu z ekonomického hlediska.

Při psaní své práce jsem měla největší problémy se získáním informací o financování tohoto systému. Ty jsou jiné pro každého zákazníka. Jejich výše záleží na mnoha faktorech jako například množství nakupovaných přístrojů nebo dojednání servisu v dalších letech. Informace o cenách jsou důvěrné, protože jsou předmětem výběrového řízení. Ve své práci i z těchto důvodů neuvádím konkrétní názvy oslovených firem, tyto zde figurují jako firma č.1, č.2 a č.3.

Informace o nákladech na filmy a vyvolávací chemikálie a výnosech naší kliniky jsem získala v ročních statistikách.

## 6. Závěr

Při zpracování této bakalářské práce na téma Analýza zpracování rtg obrazu jsem dozvěděla mnoho zajímavých informací týkajících se ekonomiky a obecně i problematiky zavádění digitalizace na RTG klinice.

Cílem mé práce bylo zhodnotit ekonomickou návratnost investice do přístrojů pro přímou či nepřímou digitalizaci. Ve vlastní části jsou vypracovány tabulky obsahující informace o nákladech a výnosech kliniky a tabulky vyjadřující čistou současnou hodnotu investice. Dále jsem porovnávala podíl opakovaných snímků na naší klinice ve srovnání s Fakultní nemocnicí v Olomouci.

Výsledky mých výpočtů potvrdily mé předpoklady. Digitalizace, ať už přímá nebo nepřímá, je ekonomicky výrazně výhodnější než analogové zpracování rentgenového filmu. I přes počáteční dosti výraznou investici je zaručena její návratnost. V neposlední řadě se též výrazně sníží i počet opakovaných snímků, tím se sníží radiační zátěž pacientů a tím i celé populace.

Pokud má práce seznámila čtenáře s novými, pro něj cennými skutečностями, budu velice ráda. Vítám též další informace o této problematice a eventuelní následující diskusi s radiologickou veřejností i problémem se zabývajících firmami.

## 7. Seznam použité literatury

1. Jantač, Marek. CR.  
[lucie4@centrum.cz](mailto:lucie4@centrum.cz) od [produkce@tmstudio.cz](mailto:produkce@tmstudio.cz), February 3, 2008
2. <http://www.kelleyxray.com/products/cr-systems>, April 5, 2008
3. Martinek, Jiří. Digitalizace rentgenového obrazu  
<http://www.foma.cz/Upload/foma/prilohy/Digitalizace%20rentgenov%C3%A9ho%20obrazu%204.pdf>
4. Synek, Miloslav. Podniková ekonomika. 3. vyd. Praha: C. H. Beck, 2002. 479 s.  
Beckovy ekonomické učebnice.  
ISBN 80-7179-736-7
5. Vomáčka, Jaroslav. FN Olomouc Bezfilmová nemocnice  
[http://www.medtel.cz/libfile/file\\_download.php?id=324](http://www.medtel.cz/libfile/file_download.php?id=324)

## **8. Klíčová slova**

- přímá digitalizace
- nepřímá digitalizace
- náklady
- výnosy
- čistá současná hodnota investice

## 9. Přílohy



Obr.1 Přímá digitalizace



Obr.2 Přímá digitalizace – flat panel



Obr.3 Stropní závěs



Obr.4 Ovládání



Obr.5 Digitální dotykový displej





Obr.6 Univerzální detektor pro pevné zabudování do stolu nebo vertigrafu



Obr.7 Digitizér



Obr. 8 Diagnostická stanice



Obr.9 Digitizér

