



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ**  
**Katedra biomedicínské techniky**

---

Název diplomové práce:

**Hodnocení efektivity nákupu nového  
traumatologického RTG přístroje ve FNM**

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Systémová integrace procesů ve zdravotnictví

Autor diplomové práce: Bc. Anna Vosmíková

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jiří Petráček

---

**Kladno 2016**

Katedra biomedicínské techniky

Akademický rok: 2014/2015

## Z a d á n í   d i p l o m o v é   p r á c e

Student: **Anna Vosmíková**  
Studijní obor: Systémová integrace procesů ve zdravotnictví  
Téma: **Hodnocení efektivity nákupu nového traumatologického RTG přístroje ve FNM**  
Téma anglicky: Purchase of a new traumalogy x-ray device - effectiveness evaluation

### Z á s a d y   p r o   v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je zhodnocení efektivity nákupu nového traumatologického RTG přístroje ve Fakultní nemocnici v Motole. Nejprve zhodnoňte současnou situaci na daném oddělení a specifikujte potřebné parametry pro nákup. Dále proveďte analýzu trhu a získaná data vyhodnoňte pomocí nákladové analýzy. Pro hodnocení efektu použijte metodu multikriteriálního rozhodování a expertní hodnocení. Zaměřte se na zhodnocení návratnosti investice a analýzu dopadu na rozpočet. Závěrem zhodnoňte možnosti financování tohoto zdravotnického přístroje a celý záměr nákupu vyhodnoňte

### Seznam odborné literatury:

- [1] Brent, R.J., Cost-benefit Analysis and Health Care Evaluations, Edward Elgar Publishing. USA. , 2003, ISBN 1 84064 844 9
- [2] Saltelli, A., Tarantola, S., Sensitivity Analysis in Practice: A Guide to Assessing Scientific Models, Wiley, West Sussex, 2004, ISBN 0-470-87093-1
- [3] Goddman, C.S., HTA 101 - Introduction to health technology assessment, Virginia USA, 2004
- [4] Zlámal, J., Belková, J. , Ekonomika zdravotnictví, Národní centrum ošetrovatelství nelékařských zdravotnických oborů, 2005, ISBN 807-01-3429-1

Vedoucí: Ing. Jiří Petráček  
Konzultant: Ing. Ivana Kubátová, Ph.D.

Zadání platné do: 29.09.2016

.....  
vedoucí katedry / pracoviště

.....  
děkan

V Kladně dne 29.01.2016

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Hodnocení efektivity nákupu nového traumatologického RTG přístroje ve FNM“ vypracovala samostatně. Veškerou použitou literaturu a podkladové materiály uvádím v příloženém seznamu literatury.

V Kladně, dne 20. 5. 2016

.....

Bc. Anna Vosmíková

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych ráda poděkovala Ing. Jiřímu Petráčkovi a Ing. Ivaně Kubátové, Ph.D. za vedení mé diplomové práce, za cenné rady a připomínky. Dále bych ráda poděkovala zástupcům firem Philips, Siemens, Aura – Medical a Promedica za laskavé poskytnutí všech potřebných informací, bez kterých by tato práce nemohla vzniknout. Děkuji také své rodině, partnerovi a přátelům za psychickou podporu, kterou mi věnovali.

**Název diplomové práce:**

Hodnocení efektivity nákupu nového traumatologického RTG přístroje ve FNM

**Abstrakt:**

Cílem této práce je zhodnocení efektivity nákupu nového traumatologického RTG přístroje na Kliniku zobrazovacích metod FN Motol. V přehledu současného stavu jsou analyzovány studie týkající se metod multikriteriálního rozhodování a metod HTA. Dále je zmapována situace na daném oddělení, je popsán stávající přístroj a odlišnosti práce na tomto oddělení. Dále jsou specifikovány potřebné parametry pro nákup traumatologického RTG přístroje. Analýzou trhu byly vybrány 4 přístroje, které splňují předem určená kritéria – Philips DigitalDiagnost, Siemens Multitom RAX, Canon Adora DRi a GMM Opera Swing. Pro hodnocení efektu jsou využívány metody expertního hodnocení a multikriteriálního hodnocení. Výsledná data jsou vyhodnocena pomocí nákladové analýzy efektivity. Pro vítězný přístroj je vypočítána návratnost investice a doba návratnosti investice. V závěru jsou uvažovány možnostmi financování tohoto zdravotnického přístroje.

**Klíčová slova:**

Efektivita, Traumatologický RTG, HTA, Expertní hodnocení, Saatyho matice, TOPSIS, Zdravotnický přístroj

**Master's Thesis title:**

Purchase of a new traumatology x-ray device – effectiveness evaluation

**Abstract:**

Objective of this work is to assess effectiveness of the purchase of a new traumatological X-ray device for the Department of Radiology of the Motol University Hospital. In the overview of current status there are analysed studies related to methods of the multicriteria decision making and HTA methods. Further, situation in the given department is mapped and also current device and differences in work in this department are described. Further, there are specified necessary parameters for the purchase of a new traumatological X-ray device. 4 devices, which met predetermined parameters, were selected by the market analysis - Philips DigitalDiagnost, Siemens Multitom RAX, Canon Adora DRi and GMM Opera Swing. I am using methods of expert assessment and multicriteria evaluation for the assessment of impact. Resulting data are evaluated using the cost effectiveness analysis. Return on investment and payback period are calculated for the winning. In the conclusion possibilities of financing of this device are considered.

**Key words:**

Effectiveness, Traumatology x-ray, HTA, Expert decisions, Saaty's matrix, TOPSIS – Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution, medical device

# Obsah

<b>Úvod</b> .....	<b>10</b>
<b>1 Současný stav problematiky</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1 Přehled současného stavu</b> .....	<b>12</b>
1.1.1 FN Motol.....	15
1.1.2 RTG záření .....	16
1.1.3 Radiační ochrana .....	17
1.1.4 RTG přístroj ve FNM .....	18
1.1.5 Indikace .....	21
1.1.6 Místní radiologický standard .....	21
1.1.7 Proces pořizování zdravotnické techniky .....	24
1.1.8 Zastarávání zdravotnických přístrojů .....	27
1.1.9 Ekonomika zdravotnictví .....	28
<b>2 Cíle práce a pracovní hypotézy</b> .....	<b>30</b>
2.1.1 Zhodnocení současné situace.....	30
2.1.2 Potřebné parametry pro nákup .....	30
2.1.3 Analýza trhu .....	33
<b>3 Metody</b> .....	<b>39</b>
<b>3.1 Expertní hodnocení</b> .....	<b>39</b>
3.1.1 Posuzované parametry.....	41
<b>3.2 Saatyho metoda</b> .....	<b>41</b>
<b>3.3 Multikriteriální rozhodování</b> .....	<b>42</b>
3.3.1 Metoda TOPSIS.....	42
3.3.2 Cost-effectiveness analýza .....	43
<b>3.4 Hodnocení návratnosti investice</b> .....	<b>44</b>
<b>3.5 Hodnocení doby návratnosti investice</b> .....	<b>45</b>
<b>4 Výsledky</b> .....	<b>46</b>
<b>4.1 Expertní hodnocení</b> .....	<b>46</b>
4.1.1 Vedení kliniky .....	46
4.1.2 Techničtí inženýři .....	47
4.1.3 Lékaři sloužící na daném pracovišti.....	48

4.1.4	Radiologičtí laboranti sloužící na daném pracovišti .....	49
4.1.5	Výsledné hodnoty vah .....	50
<b>4.2</b>	<b>TOPSIS .....</b>	<b>50</b>
<b>4.3</b>	<b>Cost-effectiveness analýza .....</b>	<b>53</b>
<b>4.4</b>	<b>Návratnost investice .....</b>	<b>53</b>
4.4.1	Příjmy pracoviště .....	54
4.4.2	Náklady pracoviště .....	56
4.4.3	Výpočet návratnosti investice .....	58
4.4.4	Výpočet ROI .....	59
4.4.5	Výpočet doby návratnosti investice .....	59
<b>4.5</b>	<b>Analýza dopadu na rozpočet .....</b>	<b>59</b>
<b>4.6</b>	<b>Možnosti financování toho přístroje .....</b>	<b>59</b>
4.6.1	Financování zdravotnických zařízení .....	60
4.6.2	Financování z veřejného zdravotního pojištění .....	60
4.6.3	Možnost financování .....	60
<b>4.7</b>	<b>Analýza rizik .....</b>	<b>61</b>
<b>5</b>	<b>Diskuse .....</b>	<b>63</b>
	<b>Závěr .....</b>	<b>66</b>
	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>67</b>
	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>70</b>
	<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>71</b>
	<b>Seznam grafů .....</b>	<b>72</b>
	<b>Přílohy .....</b>	<b>73</b>



## Seznam symbolů a zkratek

BIA	Analýza dopad na rozpočet
CT	Výpočetní tomografie
ČR	Česká republika
DSA	Digitální subtrakční angiografie
DQE	Detekční kvantová účinnost
FNM	Fakultní nemocnice v Motole
HDP	Hrubý domácí produkt
HTA	Hodnocení zdravotnických technologií
LO	Lékařské ozáření
MDRÚ	Mezinárodní diagnostické referenční úrovně
MRS	Místní radiologický standard
PACS	Pacientský archivační a komunikační systém
RA	Radiologický asistent
RDG	Radiodiagnostický
RTG	Rentgen, rentgenový
UNIS	Univerzální nemocniční informační systém
WHO	Světová zdravotnická organizace
ZVZ	Zákon o veřejných zakázkách

# Úvod

Cílem této diplomové práce je zhodnocení efektivity nákupu nového traumatologického přístroje ve Fakultní nemocnici v Motole.

Dnešní lékařství bez zobrazovacích metod si už ani nedokážeme představit, ze statistik vyplývá, že až 80 % pacientů přicházející do nemocnice je vyšetřeno na klinice zobrazovacích metod, ať už modalitou produkující ionizační záření či nikoli. U traumat je RTG a CT první volbou. Trendem moderních nemocnic je traumatologické centrum či urgentní příjem, jehož součástí je RTG a CT. Někdy jsou urgentní příjmy označovány za „malou nemocnici“ v nemocnici. Úspora času je důležitá hlavně u traumat a cévních mozkových příhod. RTG na tomto pracovišti má svá specifika, kterými se budu zabývat.

Téma jsem si vybrala, protože na Klinice zobrazovacích metod pracuji a již v době výběru tématu mé diplomové práce mi přišlo, že přístroj správně neplní svoji funkci s ohledem na požadavky, které jsou na něj kladeny, hlavně z důvodu spolehlivosti a rychlosti. Přístroj je vytížen 24 hodin denně a na pracovišti nainstalován od roku 2008. Téma výměny tohoto přístroje se za dobu vypracování mé studie stalo mnohem aktuálnější i pro FNM.

Studii na téma výběru nebo nákupu rentgenového přístroje, ať už mobilního či stacionárního, bylo provedeno více, ale zatím nebyla provedena studie na výběr traumatologického RTG v rámci traumacentra a také největší nemocnice v ČR, kde je ošetřeno v rámci urgentního příjmu velké množství pacientů.

Po prozkoumání trhu a vybrání vhodných přístrojů, je v práci vypočtena nákladová analýza za pomoci metod multikriteriálního rozhodování, navázaného na expertní hodnocení, kde podle určených kritérií jsou vybráni odborníci k ohodnocení vah kritérií. Podle zmíněných metod bude možné doporučit přístroj vhodný pro provoz FNM, jak z hlediska finančního, tak uživatelského.

První část práce je zaměřena na současný stav problematiky, kde je mimo jiné zhodnocen současný stav radiologického pracoviště ve FNM. Dále je v této části popsána problematika stávajícího přístroje a specifika traumatologického provozu včetně specifikace potřebných parametrů pro nákup traumatologického přístroje. Následně je proveden průzkum trhu, v rámci kterého jsou vybrány 4 přístroje, které zadaným požadavkům traumacentra vyhovují.

Výsledky jsou zpracovány pomocí metod hodnotového inženýrství a multikriteriálního rozhodování, které jsou následně použity jako efekty do analýzy nákladové efektivity. V rámci tohoto hodnocení jsou určeny parametry pro posouzení vybraných variant zmíněné zdravotnické techniky. Důležitost vah jednotlivých kritérií je stanovena expertním hodnocením, které je dále zpracováno pomocí Saatyho metody. Tyto hodnoty kritérií jsou následně použity do multikriteriální analýzy, kde jsou zpracovány pomocí metody TOPSIS.

Traumatologický rentgen, který se jeví, jako nejlepší z pohledu stanovených kritérií, je dále hodnocen v rámci zhodnocení návratnosti investice. Závěrem práce je pak zpracování možností financování tohoto zdravotnického přístroje.

# 1 Současný stav problematiky

## 1.1 Přehled současného stavu

Zdravotnické technologie jsou nezbytné pro fungování systému zdravotní péče. Zdravotnická zařízení mají zásadní význam v prevenci, diagnostice, léčbě nemocí a chorob, stejně jako rehabilitaci pacienta. V návaznosti na důležitost zdravotnických technologií WHO v květnu 2007 přijala usnesení, které se vztahuje na otázky vyplývající z nevhodného zavádění a využívání zdravotnických technologií, a na potřebu stanovit priority v oblasti výběru a řízení zdravotnických technologií, zejména lékařských přístrojů. V druhém bodě tohoto usnesení WHO doporučuje zavádět systémy pro posuzování, plánování, nákup a řízení zdravotnických prostředků, ve spolupráci s pracovníky zabývajícími se hodnocením zdravotnických technologií a biomedicínským inženýrstvím [1].

Health technology assessment (HTA) je využíváno a doporučováno pro hodnocení zdravotnických prostředků, jak v Evropě, tak v USA [2],[3].

HTA je multidisciplinární proces, který shromažďuje a hodnotí informace o medicínských, sociálních, ekonomických a etických dopadech používání medicínských technologií. Hodnocení je prováděno systematickým, transparentním a nezkráceným způsobem s cílem připravit informace pro zdravotní politiku, která je účinná, bezpečná, orientovaná na pacienta a poskytuje nejvyšší možnou hodnotu [4].

HTA:

- Popisuje důkazy nebo nedostatek důkazů o přínosu a ceně zdravotnických intervencí,
- Syntetizuje zjištění ze zdravotnických výzkumů o efektivitě různých zdravotních intervencí,
- Hodnotí ekonomické důsledky a analyzuje náklady a nákladovou efektivitu,
- Vyhodnocuje sociální a etické důsledky šíření a využití zdravotnických technologií a také jejich organizační důsledky,
- Pomáhá identifikovat nejlepší postupy ve zdravotní péči a tím zvyšuje bezpečnost, zlepšuje kvalitu a šetří náklady [5].

HTA hodnotí:

- Technické parametry a vlastnosti,

- Bezpečnost,
- Účinnost a efektivitu,
- Ekonomické nároky a důsledky,
- Sociální, právní, etické a politické důsledky [6].

Pro potřeby diplomové práce byly vyhledávány studie, které využívají metody multikriteriálního rozhodování a HTA pouze v souvislosti s pořizováním zdravotnické techniky. Většinou jsou metody HTA použity na efekt léčby nebo určitých metod, na pořizování zdravotnické techniky je jich v porovnání méně. Vyhledáváno bylo v databázích Web of Science, Scopus, Scholar, ProQuest, ScienceDirect, Summon.

Saaty ve studii popisuje analytický hierarchický process – AHP. Aplikuje na výběr nejvhodnější elektrárny ve Finsku. Studie z roku 1987 obsahuje podrobný popis a aplikaci metody Saatyho matice [7].

Boudard analyzuje provedené studie na inovativní zdravotnické prostředky v letech 2008 až 2012, kde z 217 studií pouze 47 studií (22 %) je na vysoké úrovni z pohledu provedení a kvality údajů, pouze 33 studií bylo kontrolovaných randomizovaných. Retrospektivně analyzoval žádosti na inovativní zdravotnické prostředky v období 4 let ve francouzské univerzitní nemocnici. Jeho výsledky ukazují, že značka CE se týká pouze bezpečnosti a výkonu a zdravotnický prostředek je uveden na trh s několika málo klinickými studii většinou z krátkého pozorování. Uvádí, že randomizované studie mohou být zlatý standard pro léčiva, nikoli však pro zdravotnické prostředky [8].

Govender ve své studii z roku 2011 posuzuje nákupy zdravotnických technologií uskutečněné předešlý rok ve státních nemocnicích v Jihoafrické republice, kde se v té době žádné HTA nástroje nepoužívali. Využívá metod upravené HTA analýzy a zjišťuje mnoho nedostatků a prokazuje účinnost metod HTA v Jižní Africe, která se za posledních 20 let velmi rozvíjela a vybavení nemocnic se zlepšuje spolu se zavedením státního zdravotního pojištění [9].

Martelli ve studii z roku 2015 kombinuje metody multikriteriálního rozhodování a HTA. Pomocí této kombinace si dává za cíl určit jednotný postup při výběru nového zdravotnického prostředku, nástroj mini-HTA/MCDA, nazvaný IDA (innovative device assessment). Rozděluje kritéria na dvě kategorie, rizikové a hodnotové. Pomocí MCDA, maticí 4 hodnot a metody PAPRIKA, místo AHP, hodnotí zdravotnické prostředky ve francouzských univerzitních nemocnicích [10].

Margotti hledá nejlepší řešení, jak zlepšit správu životního cyklu lékařského vybavení v nemocnici. Vytváří multidisciplinární skupinu, která hodnotí klinické, technické, ekonomické aspekty, lidské zdroje a patientský přínos na modelu dvou zdravotnických přístrojů ke zjištění vhodnosti začlenění metody. Dále hodnotí lékařské přístroje metodami HTA, MCDA a M-Macbeth. Životní cyklus přístroje rozděluje na několik fází. Ve třetí fázi navrhuje metodiku pro posouzení lékařské techniky [11].

Ivlev se zabývá sestavení expertní skupiny, která se využívá k ohodnocení kritérií, jak v klinickém, tak preklinickém rozhodování. Cílem je sestavení skupiny odborníků a přidělení váhového faktoru, který odráží celkovou odbornou způsobilost odborníka, která se promítne do jeho hodnocení při řešení problému. Uvádí, že kritéria a hodnocení jsou individuální pro každou problematiku [13].

Studie z ČR M. Vlčka se zabývá nákupem lineárního urychlovače, k určení vah kritérií použil Saatyho metodu, dále metody multikriteriálního rozhodování TOPSIS a CEA. Výsledky aplikuje na české prostředí a českou legislativu [13].

Bražinová se zabývá nákupem mobilního radiologického přístroje, využívá metody multikriteriálního rozhodování. U 15-ti pojízdných přístrojů provádí hodnocení podle Saatyho matice a CEA [14].

Kubátová ve své disertační práci hledá nejvhodnější postupy pro hodnocení zdravotnické techniky. Používá Fullerovu metodu, Saatyho metodu, multikriteriální hodnocení, jako je AHP, TOPSIS, CDA, zvláště používá nákladovou analýzu efektivity. Naopak analýza nákladů a přínosů, kde se používá hodnota kvality života QALY a DALY, je pro hodnocení přístrojů nevhodná [15].

RTG přístroj je vybírán pro potřeby Fakultní nemocnice v Motole, speciálně pro pracoviště, které je součástí urgentního příjmu dospělých. Nemocnice je vedena jako tzv. traumacentrum, většinou jsou to velké nemocnice, které poskytují péči komplexní a multioborovou.

Traumacentrem se rozumí nemocnice zabývající se neodkladnou lékařskou péčí o pacienty s vážnými úrazy. Traumacentra jsou také připravená na hromadné neštěstí, kdy musí pojmout větší počet urgentních pacientů [16].

V ČR funguje 11 traumacenter, z toho 3 jsou v Praze. Tato pracoviště jsou vybavena tou nejlepší technikou v ČR. I z tohoto důvodu je výběr traumatologického přístroje velmi důležitý.

Traumacentra pro dospělé:

- Traumacentrum Fakultní nemocnice v Motole,
- Traumacentrum Fakultní nemocnice Královské Vinohrady,
- Traumacentrum Fakultní nemocnice Plzeň,
- Traumacentrum Nemocnice České Budějovice, a.s.,
- Traumacentrum Krajské zdravotní a.s., odštěpný závod Masarykova nemocnice v Ústí nad Labem,
- Traumacentrum Krajské nemocnice Liberec, a.s.,
- Traumacentrum Fakultní nemocnice Hradec Králové,
- Traumacentrum Fakultní nemocnice Brno,
- Traumacentrum Fakultní nemocnice Ostrava,
- Traumacentrum Fakultní nemocnice Olomouc,
- Traumacentrum Ústřední vojenská nemocnice – Vojenská fakultní nemocnice Praha [16].

### 1.1.1 FN Motol

Fakultní nemocnice v Motole je největší zdravotnické zařízení v Česku a jedno z největších v Evropě. Jedná se o rozsáhlý komplex nemocničních budov rozdělený na část dospělou a dětskou. V nemocnici sídlí také 2. lékařská fakulta Univerzity Karlovy. Své sídlo zde mají také některá pracoviště 1. LF UK.

Celý areál tvoří dva velké monobloky. Starší „Dětská nemocnice“ z 60. let 20. století, jejíž stav byl již velmi žalostný a celá budova ohrožovala bezpečnost pacientů (například problémy s tepelnou izolací nebo s balkony, které byly na pokraji zřícení). V roce 2006 byla zahájena rozsáhlá rekonstrukce, v její první fázi byly rekonstruovány společné interiéry všech čtyř křídel (tedy A, B, C i D), jedná se o výtahy, schodiště atd. V roce 2007 začala oprava exteriérů jednotlivých křídel. V roce 2014 byla rekonstrukce dětské části dokončena a změnilo se i okolí budovy, kterou využívají dětské pacienty. Dětská nemocnice má celkem 667 lůžek, z toho 136 na JIP. Na jeho střeše se nachází moderní heliport spojený, v případě potřeby, s operačním sálem [18].

Druhý monoblok je z přelomu 80. a 90. let 20. století, a jedná se o hlavní budovu pro dospělé. Ta je rozdělena do tzv. „Komunikačních uzlů“ A – G. Oddělení pro dospělé čítá 1 362 lůžek, z toho 218 pro intenzivní péči.

V areálu se také nachází mnoho přízemních domků, které kdysi sloužily jako pavilony, nyní však chátrají nebo jsou využívány jako ordinace, laboratoře a technické zázemí. V horní části areálu se nachází velké nadzemní garáže a ubytovna sester [18].

### 1.1.2 RTG záření

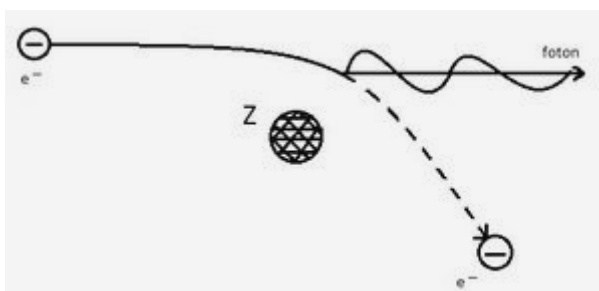
Rentgenové záření je elektromagnetické záření s vlnovou délkou mezi  $10^{-8}$  –  $10^{-12}$  metru. Jeho přirozeným zdrojem mimo Zemi jsou hvězdy. Na Zemi se může přirozeně vytvářet pomocí úderu blesku, uměle se vytváří v rentgenkách, urychlovačích atd. RTG záření má několik základních vlastností, které ho odlišují od běžně viditelného světla,

1. proniká hmotou, čehož využíváme při vyšetřeních pomocí rentgenového záření,
2. vyvolává luminiscenční efekt, tato vlastnost nám pomáhá registrovat RTG záření pomocí speciálních látek, které při interakci s ním emitují světlo,
3. má fotochemický efekt, toho se využívá u rentgenových vyšetření, kdy dochází ke zčernání fotografického filmu po jeho vystavení záření,
4. ionizuje vzduch a jiné plyny, díky čemuž můžeme registrovat toto záření různými typy dozimetřů,
5. vyvolává biologické změny a tím poškozuje živou hmotu, což je základem radiační onkologie.

Rentgenové záření vzniká přivedením vysokého elektrického napětí na katodu, kde vznikne mrak elektronů. Tento mrak je díky vysokému rozdílu v napětí mezi katodou a anodou vyslán směrem k anodě. Zde elektrony naráží na její povrch a předávají jí svou energii, za souběžného vzniku RTG záření. Proces zastavení elektronu musí být velmi rychlý, aby došlo k jednorázovému předání velkého množství energie. Při tvorbě RTG záření vznikají dva typy záření. Prvním typem je brzdné záření, které vzniká při interakci elektronu s jádrem atomu anody.

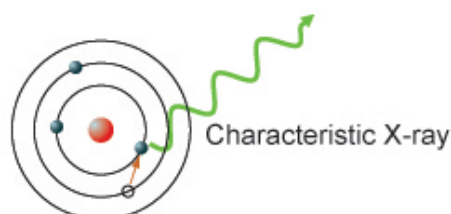
Při snímkování prochází svazek záření vznikající v rentgence vyšetřovanou oblastí, kde se absorbuje v závislosti na složení vyšetřovaných tkání. RTG obraz je dvourozměrný, stínový obraz trojrozměrného objektu. Je obrazem sumačním a zachycuje informace o všech tkáních, kterým záření prošlo, přičemž nezáleží na pořadí, v jakém k tomu došlo. Tkáně, které absorbují více záření vytvářejí na snímku zastínění, tkáně méně absorbující projasnění. Při snímkování se většina oblastí zhotovuje ve dvou projekcích, nejčastěji předozadní a boční. Dvě projekce poskytují především informaci o prostorovém uložení struktur a dovolují nalezení i takových změn, které v jedné projekci nemusí být patrné [19].



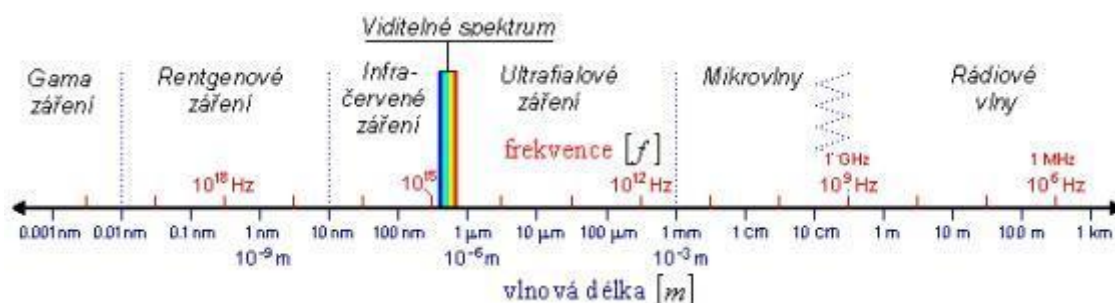


Obrázek 1 Vznik brzdného záření

Druhým typem je záření charakteristické. Vlastnosti tohoto záření závisí na materiálu anody a vzniká v případě, že má dopadající elektron dostatečnou energii k tomu, aby vyrazil některý z elektronů z nižších energetických hladin atomu látky na vyšší energetickou hladinu, nebo byl vyražen z atomu úplně. Při procesu navrácení atomu do klidového stavu dochází k emisi RTG záření [19].



Obrázek 2 Vznik charakteristického RTG záření



Obrázek 3 Spektrum záření

### 1.1.3 Radiační ochrana

Při nákupu jakéhokoliv přístroje produkující ionizační záření, je důležité se zaměřit na velikost dávek tohoto záření, a proto zahrnuji i kapitulu o obecné radiační ochraně.

Cílem radiační ochrany je zcela vyloučit deterministické účinky a snížit pravděpodobnost stochastických účinků na úroveň přijatelnou pro společnost i pro jednotlivce. Deterministickým účinkům lze zabránit stanovením, tak nízkých limitů ekvivalentní dávky, aby nebyla dosažena prahová dávka ani po celoživotním ozáření.

Omezení stochastických účinků se zajišťuje systémem limitování dávek tak, aby pravděpodobnost poškození byla snížena na velmi malou míru.

Základem systému limitování dávek je uplatňování následujících zásad:

požadavek zdůvodnění činnosti vedoucí k ozáření

- princip optimalizace – dávky, které jsou potřebné pro získání požadovaného efektu, musí být co nejnižší,
- princip nepřekročení limitů, dávkový ekvivalent jednotlivce nesmí přesáhnout doporučené limity,
- bezpečnost zdrojů a dodržování bezpečnosti při nakládání se zdroji ionizujícího záření. [19]

## **1.1.4 RTG přístroj ve FNM**

### **1.1.4.1 Kodak DirectView DR 9500**

Klinika zobrazovacích metod ve FNM používá přístroj Kodak DirectView DR 9500. Přístroj splňuje všechny požadavky provozu FNM, vedeného jako traumacentra. RTG diagnostika patří k základním vyšetřovacím metodám. Traumatologické centrum ve FN Motol v minulém roce vyšetřilo pomocí RTG přístroje 31 375 pacientů a celkem provedlo 49 800 vyšetření [20].

Při těchto počtech je nutné provádět vyšetření co nejrychleji a nejšetrněji. Proto i požadavky na přístroj jsou velmi vysoké.

Důvodem obměny přístroje je havarijní stav stávajícího RTG zařízení. Přístroj byl instalován v roce 2008 a není dlouhodobě schopen spolehlivě fungovat. Dochází k častým, různě vážným poruchám, které omezují nepřetržitý provoz tohoto pracoviště. Bez spolehlivého přístroje však není možné 24 hodinový provoz zajistit. Traumatologický RTG je unikátní přístroj s konstrukcí, umožňující snímkovat traumatologického pacienta i s mnohočetnými poraněními tak, že nedochází k jeho zbytečné manipulaci. Tím se zabraňuje zhoršování stavu pacienta.

Kodak DirectView DR 9500 je víceúčelový jednodetektorový DR systém navržený pro maximální flexibilitu, vylepšené pracovní postupy a produktivitu. Technologie se skládá z tradiční režijní rentgenky, stolu a detektoru. Kodak je ojedinělý svojí stavbou, obsahuje stropní závěs s motorizovaným U-ramenem, které tvoří stabilně rentgenka i detektor proti sobě. Nabízí nebývalou volnost, mobilitu a provozní flexibilitu. DR 9500 se

lehce pohybuje kolem pacienta, takže je ideální pro horizontální, vertikální, ale i pro projekce pod určitým úhlem. Detektor a rentgenka jsou vždy v souladu, což umožňuje rychlejší umístění, větší komfort a větší pohodlí pro pacienty – zvláště ty s omezenou schopností pohybu a orientace. Pro zvýšení použitelnosti a větší produktivitu je navržen s třemi rozhraními, ergonomicky umístěných v příhodných místech, aby se minimalizovalo technologického přemístění během postupů snímání obrazu. Data pacienta se přenáší přes DICOM na provozní konzoli, stejně jako na obrazovku na U-rameni. Podle přání obsluhy se samo nastavuje do potřebných přednastavených poloh. Při použití nízké dávky pro pacienta, poskytuje vysoce kvalitní obrázky, které jsou v souladu se značkou Kodak [21].

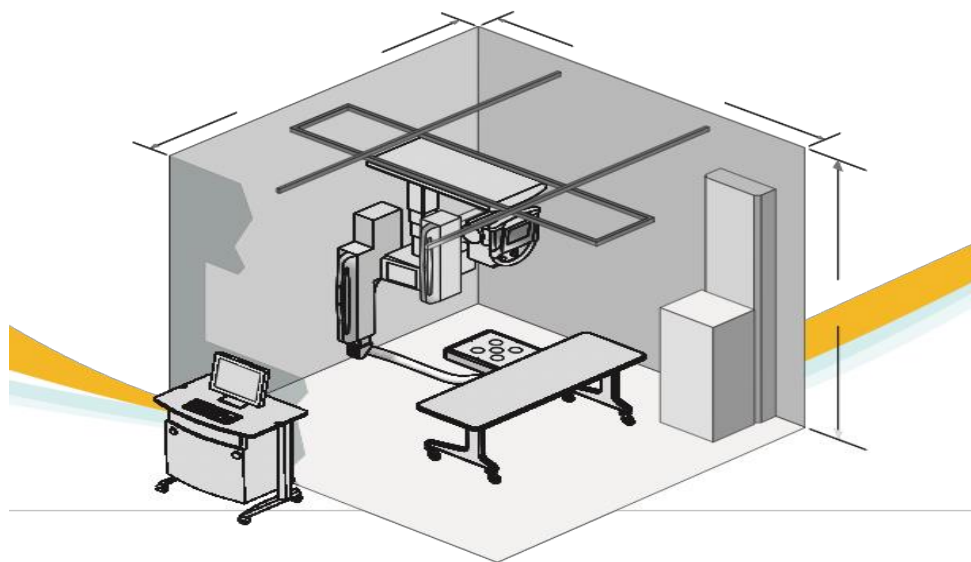
V roce 2008, kdy byl přístroj nainstalován, byl současně spuštěn i PACS, což velmi zlepšilo kvalitu obrazu a urychlilo provoz.



**Obrázek 4 Kodak DirectView ve vertikální pozici**



**Obrázek 5 Kodak DirectView v horizontální pozici**



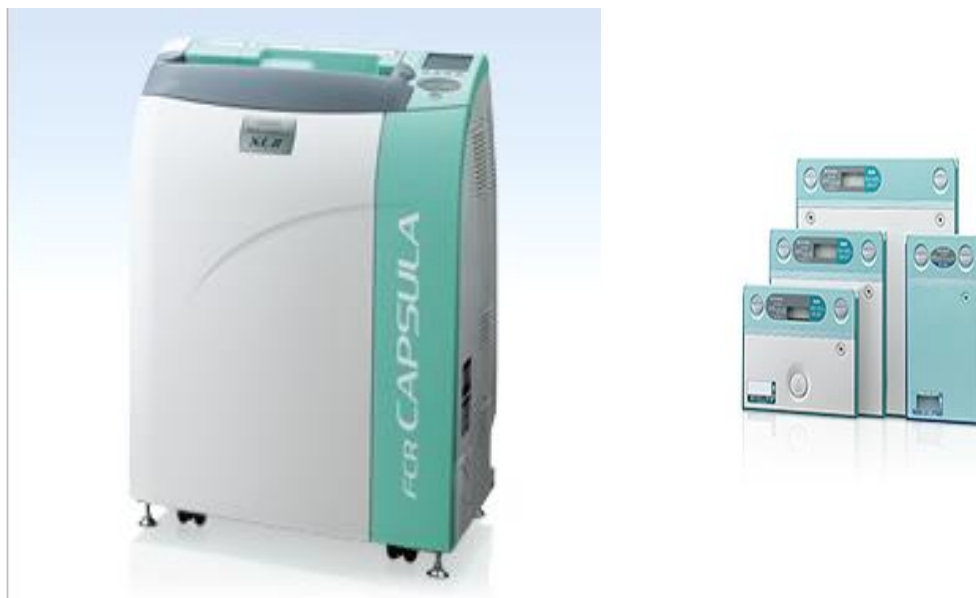
**Obrázek 6 Možné rozvržení snímkovny a ovladovny**

#### **1.1.4.2 FUJI CR**

Dále je pracoviště vybaveno čtečkou kazet FUJI. Je zapotřebí u pacientů přijíždějících z urgentního příjmu s dýchacími potížemi, zpravidla s kyslíkovou maskou. Požadované vyšetření je snímek srdce a plic. Manipulace těmito pacientům dělá velké dýchací potíže a vzpřímený sed je někdy vyloučený, proto volíme snímek vleže a pod pacienta vložíme

CR kazetu. Využití je i u polytraumat ke zhotovení snímků končetin, kdy s pacientem nechceme manipulovat vůbec [22].

Technické vybavení je dále popsáno v místním radiologickém standardu.



Obrázek 7 Čtečka kazet a kazety FUJI

## 1.1.5 Indikace

Nejčastějšími prováděnými snímky jsou pro:

- dušnost a kolapsové stavy – snímek srdce a plic,
- úrazové – lebka, krční páteř, pánev a dlouhé kosti,
- náhlé příhody břichní – snímek břicha na hladinky.

## 1.1.6 Místní radiologický standard

### 1.1.6.1 Základní informace

Místní radiologický standard (dále jen MRS) popisuje radiologická vyšetření prováděná na digitálním skiagrafickém rtg přístroji, účelem je standardizovat postupy lékařského ozáření (dále jen LO) při všech rdg vyšetřeních prováděných na jednotlivých přístrojích v rámci FN Motol v souladu s ustanovením § 63 vyhlášky č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění pozdějších předpisů, která je prováděcím právním předpisem zákona č. 18/1997 Sb., „atomový zákon“, ve znění pozdějších předpisů, v souladu s ustanovením čl. 6 Směrnice Rady 97/43/EURATOM, o lékařském ozáření, a dále v souladu s aktuálním zněním dokumentů „Národní radiologické standardy – radiodiagnostika“ a „Národní radiologické standardy – radiologická fyzika, Postupy pro stanovení a hodnocení dávek pacientů při LO.

Skiagrafická radiologická vyšetření patří mezi základní výkony LO, prováděné v ambulantních i lůžkových zařízeních, indikované i akutně. Skiagrafický zobrazovací systém je určen pro statické dvojrozměrné zobrazení trojrozměrné anatomické struktury. Vychází z principu rozdílné absorpce a rozptylu rtg záření v jednotlivých tkáních lidského těla ve směru ohnisko – přijímač obrazu. Výsledné zobrazení pak přináší zřetelnou informaci o sledovaných strukturách, kterými jsou skelet, měkké tkáně a struktury s náplní kontrastní látky. Digitální skiagrafický zobrazovací systém poskytuje velmi dobrou diagnostickou kvalitu těžící z digitální technologie a umožňuje dosáhnout velké prostorové rozlišení a vysoký kontrast, při možnosti dosažení relativně nízké radiační zátěže pacienta [22].

### **1.1.6.2 Rozsah platnosti**

Každý zaměstnanec podílející se na výkonu LO na tomto digitálním skiagrafickém rtg pracovišti FN Motol je povinen se tímto MRS řídit. Praktickou část výkonu LO je oprávněn provádět pouze RA, který je odpovědný za splnění kritérií zobrazení, MDRÚ a typických efektivních dávek. Klinické hodnocení rtg snímků je oprávněn provádět pouze lékař – radiolog [22].

### **1.1.6.3 Radiologické informace**

#### **1.1.6.3.1 Personální zabezpečení**

Po dobu pracovní doby zajišťuje provoz vždy 1 lékař, 2 radiologičtí asistenti, 1 radiologický fyzik, ve službě se mění pouze počet radiologických asistentů, a to ze dvou na jednoho [22].

#### **1.1.6.3.2 Technické vybavení**

Výkon LO je prováděn na rtg zařízení označeném značkou shody CE, které je výrobcem určeno pro digitální skiografii a výrobce vydal prohlášení o shodě. Pracoviště je dále vybaveno doplňkovým zařízením FUJI pro identifikaci RD kazet do nemocničního PACS, pro výmaz obrazu z CR kazet a pracovní stanici FUJI pro hodnocení technické kvality obrazu. Diagnostická stanice pro hodnocení DR i CR snímků lékařem – radiologem je situována v samostatné místnosti – popisovně vedle rtg vyšetřovny.

### 1.1.6.3.3 Osobní ochranné prostředky a pomůcky

RA jsou povinni při provádění LO na skiagrafickém pracovišti zajistit, aby v průběhu LO nebyly ve vyšetřovně přítomny žádné další osoby, které se přímo nepodílí na LO, vždy obsluhovat rtg přístroj z ovladovny a dodržovat zásady radiační ochrany a další zásady bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Dále jsou RA povinni použít stínících ochranných prostředků pro ochranu radiosenzitivních orgánů a tkání pacienta, pokud se nacházejí v užitém svazku a mimo oblast, která má být zobrazena, nebo v jeho blízkosti – do 5 cm, a pokud tato ochrana nebrání zobrazení.

Stínící schopnosti ochranných prostředků:

- ochranná zástěra gonád – pro šourek (min. 0,5 Pb),
- ochranná zástěra gonád – pro vaječníky (min. 1,0 Pb),
- ochranný límec (min. 0,5 Pb),
- ochranná zástěra (min 0,25 Pb).

Pokud se vyšetření musí zúčastnit osoba poskytující osobě vyšetřované pomoc, vybaví RA tuto osobu přenosným elektronickým osobním dozimetrem a změřenou dávku této osoby zaeviduje do UNIS [22].

### 1.1.6.3.4 Kontraindikace k LO

- Gravidita – podezření z gravidity zapíše RA na žádanku, vyšetření lze provést až po konzultaci s radiologem, indikujícím lékařem a po záznamu lékaře na žádanku.
- Odmítnutí vyšetření pacientem – odmítnutí zaznamená RA do UNIS i na žádanku a zajistí podpis záznamu pacienta.
- Nespolupráce pacienta – RA provede fixaci pacienta, popř. lékař podá pacientovi sedativa.
- Zjištění předchozích významných diagnostických a terapeutických ozáření.
- Alergie na JKL – pouze při vyšetření, která využívají JKL, např angiografie [22].

### 1.1.6.3.5 Expoziční parametry

Expoziční parametry jsou součástí tabulek SOP, které jsou přílohou MRS. Expoziční parametry musí být optimalizovány, tak aby bylo dosaženo radiologem požadované kvality zobrazení při minimalizaci radiační zátěže pacienta. Při provedení LO vždy RA ověří, zda byla dodržena hodnota MDRÚ, v případě neshody o více než 100 % informuje bezodkladně vedoucího RA [22].

#### **1.1.6.3.6 Optimalizace radiační zátěže pacienta**

Nastavení níže uvedených parametrů musí být vždy v optimálním rozmezí s ohledem na ovlivnění výsledné kvality zobrazení – rozlišení, kontrast, šum:

- nastavení celkové filtrace,
- nastavení expozičních parametrů – ohnisko, kV, mAs,
- nastavení velikosti radiačního pole,
- použití sekundární clony nebo vzduchové mezery 15-20 cm mezi pacientem a receptorem obrazu,
- použití stínících prostředků,
- použití fixačních pomůcek [22].

#### **1.1.6.3.7 Hodnocení kvality technického provedení zobrazení**

V případě, že RA zjistí technicky nesprávné provedení radiogramu, které neumožňuje stanovení nálezu lékařem – radiologem, může sám rozhodnout o opakování expozice pro získání technicky správného provedení radiogramu. V takovém případě je povinen oznámit důvod opakování expozice pacientovi a provést o tom záznam do UNIS a na žádanku [22].

#### **1.1.6.3.8 Stanovení efektivní dávky – zaznamenané parametry**

Efektivní dávka pacienta je stanovena a hodnocena pouze na základě údajů zaznamenaných RA v elektronickém provozním deníku rtg přístroje, a to klinickým fyzikem pro radiodiagnostiku.

Součástí tohoto MRS je výpis expozičních parametrů nutných pro stanovení efektivní dávky včetně místa, kam RA jednotlivé parametry zaznamenává [22].

### **1.1.7 Proces pořizování zdravotnické techniky**

FN Motol je příspěvková organizace vedená Ministerstvem zdravotnictví, která čerpá finanční prostředky z veřejných zdrojů, tím pádem pořizování zdravotnické techniky podléhá zákonu č. 137/2006 Sb., o veřejných zakázkách, ve znění pozdějších předpisů. Tato povinnost se pak vztahuje i na soukromá zdravotnická zařízení, pokud alespoň část finančních prostředků čerpají z veřejných zdrojů či dotací. Ačkoli nákup zdravotnické techniky realizovaný prostřednictvím veřejných zakázek může nemocnici významně snížit nákupní náklady, je tento proces po administrativní a právní stránce náročný.



Pro vypsání veřejné zakázky musí instituce jasně určit požadavky na nový přístroj nebo technologii. Součástí je i dodání studie proveditelnosti a analýzy rizik, viz 4.7.

#### **1.1.7.1 Zákon 137/2006 Sb.**

Zákon upravuje:

- postupy při zadávání veřejných zakázek,
- soutěž o návrh,
- dohled nad dodržováním tohoto zákona,
- podmínky vedení a funkce seznamu kvalifikovaných dodavatelů a systému certifikovaných dodavatelů.

Předmětem nákupu mohou být:

- dodávky – léky, spotřební zdravotnický materiál, zdravotnická technika, diagnostika, energie a informační technologie,
- služby,
- stavební práce.

Veřejné zakázky se podle výše jejich předpokládané hodnoty dělí na:

- nadlimitní veřejné zakázky,
- podlimitní veřejné zakázky,
- veřejné zakázky malého rozsahu [23].

##### **1.1.7.1.1 Veřejná zakázka na dodávky**

Veřejná zakázka na dodávky slouží k pořízení zboží, rovněž s poskytnutím služeb nebo stavebních prací potřebných k umístění, montáži nebo souvisí s uvedením zboží do provozu.

##### **1.1.7.2 Nadlimitní veřejná zakázka**

Nadlimitní veřejná zakázka pro ČR a státní příspěvkové organizace dosáhne nejméně finančního limitu bez DPH 3 395 000 Kč [24].

##### **1.1.7.3 Projekty EU na získání dotace na nákup zdravotnických přístrojů**

Největším z těchto programů, z pohledu finanční alokace, je Integrovaný operační program Evropské unie. V rámci vyhlášených výzev v oblasti služeb veřejného zdraví mohou

žadatelé předložit žádost o finanční podporu pro projekty zaměřené mimo jiné na modernizaci a obnovu svých specializovaných pracovišť. Nemocnice tak mohou prostřednictvím projektů získat nevratné dotace na nákup zdravotnické techniky.

V rámci aktivit zaměřených na podporu modernizace technického a přístrojového vybavení tak zdravotnická zařízení realizovala projekty a vybavila svá traumatologická, onkologická či iktová oddělení moderními přístroji odpovídajícími evropským standardům. Avšak vedle všech pozitiv, které dotace na nákup zdravotnické techniky přináší, existují také určitá jejich negativa. Problematickým faktorem provázejícím nákup zdravotnické techniky z dotačních fondů je skutečnost, že v rámci projektu se zdravotnická zařízení snaží vyčerpat schválený rozpočet a nakoupit ten nejlepší, a tedy často i dražší přístroj, jehož funkce pak nejsou beze zbytku využity. Nemocnice nemají v některých případech pro tak kvalitní přístroje dostatečné personální vybavení, případně chybí vybavení na následné lékařské zákroky. Nárazově zvýšená poptávka po zdravotnické technice způsobená časově omezenými výzvami navíc vede k nárazovému zvýšení tržních cen.

Takový nákup má v tomto směru svá specifika. Nejenže musí být realizován prostřednictvím zadání veřejné zakázky v souladu se zákonem, ale rovněž v souladu s pravidly stanovenými pro výběrová řízení a veřejné zakázky Příručkou pro žadatele a příjemce a souvisejícími závaznými pokyny Ministerstva zdravotnictví, které plnilo v programovém období 2007-2013 roli zprostředkujícího subjektu poskytovatele dotace [25].

#### **1.1.7.4 Komise pro posuzování rozmístění přístrojových zdravotnických prostředků**

Jedná se o útvar, který byl zřízen 10. 4. 2014, ministrem zdravotnictví Svatoplukem Němečkem, jako opatření ke zvýšení efektivity a transparentnosti zdravotnictví. Tzv. přístrojová komise má za úkol posuzovat účelnost pořízení zdravotnické techniky, jejíž nákup a provoz jsou hrazeny z veřejného zdravotnictví.

Toto platí pro všechna zdravotnická zařízení při nákupu nákladné, tzv. „těžké zdravotnické techniky“ s pořizovací cenou nad 5 mil. Kč. Klíčové stanovisko komise, která zahrnuje zástupce ministerstva, VZP, SZP, zástupce odborů, krajů, odborných společností a České lékařské komory. Bez doporučujícího stanoviska komise pojišťovny nemocnicím výkony prováděné na diskutované zdravotnické přístrojové technice neproplatí.

Rozhodujícím faktorem je pak přínos nové techniky, její využitelnost a rovnoměrné rozložení v rámci ČR. Stanoviska přístrojové komise jsou zveřejňovány.

V oblasti veřejných zakázek a veřejného zdravotního pojištění existuje vedle již zřízené přístrojové komise rovněž plán na zavedení centralizace nákupů ze strany Ministerstva zdravotnictví, jehož cílem je zvýšení efektivity a transparentnosti nákupu spotřebního zdravotnického materiálu i zdravotnické techniky. Je však třeba říci, že centrální zadávání je vhodné pro opakující se zakázky s jednoduchým předmětem; úspěšně probíhá například při nákupu energií. V případě zdravotnické techniky, kdy by více zadavatelů soutěžilo stejný předmět v rámci jednoho časového období v oddělených zakázkách, hrozil by nárůst nákladů a nejednotnost cen, což by se mohlo jevit nehospodárně. Navíc je třeba říci, že požadavky na pořizovanou zdravotnickou techniku vychází z potřeb jednotlivých zadavatelů, tudíž by bylo velmi obtížné vypracovat jednotné zadání, přesný plán i samotný katalog výrobků. Centralizované zadávání Ministerstvem zdravotnictví tedy z mnoha pohledů není pro zakázky na dodávku zdravotnické techniky vhodným institutem.

Dalším počinem Ministerstva zdravotnictví, jenž si kladl za cíl kontrolovat nákup zdravotnické techniky prostřednictvím veřejných zakázek, byl plán na vytvoření Národního informačního systému pro sledování nákladů na nákup zdravotnické techniky, speciálního zdravotnického materiálu a léků z roku 2011. Účelem této webové aplikace určené pro management zdravotnických zařízení jako zadavatele veřejných zakázek bylo zpřístupnit široké veřejnosti, zřizovatelům nemocnic a zdravotním pojišťovnám informace o vynakládání veřejných prostředků ve zdravotnictví [25].

### **1.1.8 Zastarávání zdravotnických přístrojů**

Ve FNM není jednotný systém neboli program obměny zdravotnické techniky, většinou se přístroj mění ve chvíli, kdy už se vyměnit musí. Takový výdaj není vždy plánovaný a ve výdajích nemocnice je velmi znát, hlavně u přístrojů produkujících ionizující záření jako je RTG, CT či MR. O obměně přístroje se zpravidla začne uvažovat, pokud technologicky nestačí nebo jeho servisní výdaje přesahují výnosy.

The Canadian Association of Radiologists se ve studii z roku 2014 zabývala životností radiologických přístrojů, rozděluje je podle vytíženosti a snaží se definovat kombinací kritérií, která usnadní proces vyřazování radiologické techniky z provozu. Mezi tyto kritéria patří věk, poruchovost a vytíženost, provozní náklady, cena servisu, kvalita

zobrazení, bezpečnost, regulační opatření, nároky na vybavení a atraktivita, jak pro pacienty, tak pro zaměstnance. Také doporučuje dobu, za kterou je vhodné přístroj vyměnit [26].

Jandová ve své studii z roku 2015, kde vytváří postup a kritéria pro vyřazování zdravotnické techniky hodnotí přístroj, pro který je vytvořena tato studie. Určením kritérií vhodných pro posouzení vyřazení, nahrazení novou zdravotnickou technikou a dále metodami hodnotového inženýrství aplikuje výsledky na skupinu infuzních pump, operačních lamp a RTG přístrojů. Dle jejích výsledků Kodak Direct View dosáhl výsledku 37,49 %, což dle provedených metod značí, že přístroj ještě není vhodné vyměnit. Dá se tvrdit, že zde je obměna přístroje způsobená i technologickým pokrokem, kdy přístroj stále plní svoji provozní funkci, ale z kvalitativního hlediska je vhodné ho vyměnit [27].

Dle The Canadian Association of radiologists je přístroj, díky svému nepřetržitému provozu, zařazen do kategorie velmi vyčísleného přístroje. Vzhledem k jeho provoznímu věku je doporučena výměna [26].

### **1.1.9 Ekonomika zdravotnictví**

Zdravotnictví patří mezi nejsledovanější oblasti lidské činnosti. Zasahuje do života všech lidí, bez ohledu na jejich národní, politickou, náboženskou nebo společenskou příslušnost. Společným znakem jeho fungování je všude přítomný nedostatek finančních zdrojů bez ohledu na to, jestli se jedná o státy vyspělé či nikoliv. Z důvodu stále se zlepšujících technologií a metod léčby je zdravotnictví velmi nákladné, ale zdraví lidí představuje největší bohatství státu, tudíž je potřeba zdroje využívat efektivně. Zdravotnictví nemá a nemůže mít neomezené prostředky, ikdyž si to většina z nás přeje, hlavně pokud se situace přímo týká nás nebo našich nejbližších. Zdravotnictví je ekonomickou oblastí, kde se jako v jiných oblastech musíme snažit generovat zisk. Platí zde stejná ekonomická pravidla, kde probíhají veškeré ekonomické jevy a procesy. Jednotné řešení hledají, jak odborníci, tak politici. Zlepšení situace vidí v důsledném odstraňování plýtvání, hlavně pak při nákupu drahé techniky ve zdravotnictví, bez které je fungování zdravotnictví vyloučeno.

Pro zdravotnická zařízení platí stejná pravidla jako pro standardní ekonomický objekt:

- existují finanční nástroje ohodnocování výkonů zdravotnického zařízení,
- je povinnost ohodnocovat práci pracovníků mzdou,

- je povinnost hradit dodané statky podnikatelským subjektům (dodavatelé léků, materiálu a potravin) za standardních tržních podmínek.

Zásadním specifíkem zdravotnického zařízení je pouze částečné působení na trhu. Ten v plném rozsahu působí na straně vstupů:

- léky, materiál, zdravotní prostředky, energie, potraviny a další statky jsou dodávány za tržních podmínek,
- pracovní síla je opatřována na parcovním trhu.

Strana výstupů je v polotržním prostředí, protože skutečný zákazník nevstupuje v roli peněžně orientovaného spotřebitele, ale pouze v roli spotřebitele služeb zdravotnických zařízení, za které platí zdravotní pojišťovna.

Dalším specifíkem poskytování zdravotní péče je fakt, že při stejném počtu vynaložených prostředků nemusí být vždy výsledek stejný. Také je složité efekt léčby nebo i diagnostického výkonu vyjádřit číselně. Někdy až kombinace více metod přinese očekávaný efekt. Někdy je efekt znát až za dlouhou dobu, např. programy prevence. Je ale jasné, že účinek pro obyvatelstvo, i budoucí, zde je, ikdyž je reakce na vložené náklady často otázkou mnoha let po realizaci nákladů [28],[29].

Nemoc z hlediska ekonomického znamená:

- ztrátu pracovního potenciálu společnosti, nevytvoření nového bohatství,
- náklady na nemocenské a důchody,
- náklady na léčbu [30].

Pro sledování ekonomického stavu a vývoje ekonomiky se používá HDP – hrubý domácí produkt. Ve zdravotnictví používáme údaj, kolik % HDP je využito na zdravotnictví. V roce 2010 byl podíl HDP 7,5 %, nejčerstvější údaj z roku 2014 udává 7,0 % podíl HPD využitý na zdravotnictví [31].

## 2 Cíle práce a pracovní hypotézy

Hlavním cílem je hodnocení efektivity nákupu nového traumatologického RTG přístroje ve Fakultní nemocnici v Motole.

Díličními cíly jsou:

- zhodnocení současné situace na daném oddělení,
- specifikace parametrů potřebných pro nákup,
- analýza trhu,
- multikriteriální rozhodování a expertní hodnocení pro vyhodnocení efektu,
- nákladová analýza,
- hodnocení návratnosti investice,
- analýza dopadu na rozpočet,
- možnosti financování tohoto přístroje.

### 2.1.1 Zhodnocení současné situace

Zhodnocením současného stavu a získáním informací o současném přístroji je možno následně specifikovat blíže potřebné parametry pro nákup nového přístroje, který je pro toto pracoviště nejvhodnější.

### 2.1.2 Potřebné parametry pro nákup

Abych byla schopná vybrat ty nejvhodnější přístroje přímo pro toto pracoviště, musím si položit otázku „Co znamená traumatologický RTG?“. Definice tohoto termínu nebyla v odborné literatuře nalezena. Konzultací s biomedicínskými inženýry a radiologickými fyziky jsou určeny potřebné parametry, které by měl traumatologický přístroj splňovat, následně mohla vzniknout i definice traumatologického přístroje. Vědomě jsou popsány spíše funkce, které musí přístroj splňovat, než jak by měl vypadat. Ohodnocení konstrukčního provedení je součástí dotazníků, které jsou vyplňovány s expertní skupinou.

**Traumatologický RTG přístroj musí nabízet možnost rotace a posunu ve všech rovinách rengenky a detektoru, a tím zajistit bezpečné snímkování pacienta bez nutnosti jeho nadbytečného pohybu. K provedení všech snímků stačí pouze jeden překlad, z transportního lehátka na vyšetřovací stůl. Rychlost servisu a možnost rychlého zajištění náhradních dílů je zde také velmi důležitá.**

Idea stávajícího přístroje je taková, že již na oddělení urgentního příjmu se pacient s podezřením na polytrauma uloží na lůžko, které je RTG nekontrastní. Pacient se proto může snímkovat bez jediného přesunu. Bohužel toto v praxi není možné, přídatná RTG lůžka nemají bezpečnostní postranice a chybí jim úchyty např. na kyslíkovou láhev. V rámci bezpečnosti a nemocničních nařízení proto personál pacienty ukládá na standardní lůžko, vhodné k transportu nemocných. Snímkování na standardním pojízdném lůžku provádíme pouze u zhoršených pacientů s požadavkem na RTG plic, kdy použijeme RTG kazetu a snímek vyvoláme ve čtečce RTG obrazu. Vyšetření polytraumatu takto není možné, proto pacienta přesouváme na RTG stůl. Pod pacienty s podezřením na úraz páteře se vkládá RTG nekontrastní tvrdá deska s úchyty, kdy pacienta překládáme velmi šetrně.

### **2.1.2.1 Konstrukční provedení**

- motorizace všech pohybů detektoru,
- motorizace všech pohybů rentgenky,
- měnitelná ohnisková vzdálenost SID min. 30-200 cm,
- rotace rentgenky min.  $\pm 120^\circ$  okolo vertikální osy,
- rotace rentgenky min.  $\pm 120^\circ$  okolo horizontální osy,
- autopoziční systém s možností uložení pozic,
- antikolizní systém.

### **2.1.2.2 Pacientský stůl**

- nosnost stolu min. 225 kg,
- výškově nastavitelný stůl 55-94 cm,
- longitudinální pohyb stolu min.  $\pm 10$  cm, plovoucí deska,
- laterální pohyb stolu min.  $\pm 20$  cm, plovoucí deska,
- rotace stolu okolo vertikální osy min.  $340^\circ$ .

### **2.1.2.3 Generátor a rentgenka**

- vysokofrekvenční generátor 100 kHz, výkon min. 65 kW,
- rozsah výstupního napětí min. 40 kV – 150 kV,
- rozsah výstupního proudu min. 10 – 800 mA,
- ohniska rentgenky 0,6 a 1,0 mm,
- integrovaný DAP metr,
- AEC expoziční automatika min. 5 komůrková,

- kolimátor automatický s možností manuálního nastavení,
- DAP integrovaný s ukládáním dopadové dávky do PACS.

#### 2.1.2.4 Detektor

##### **Integrovaný detektor**

Velikost pixelu:	max. 125 $\mu$ m
Velikost detektoru:	min. 43 x 42 cm
Počet detekčních ploch:	jedna
Pixely:	min. 11 Mpx
Scintilátor:	CsI
Výstupní hloubka rozlišení	min. 12 bitů

##### **Přenosný detektor**

Velikost pixelu:	125 $\mu$ m
Velikost detektoru:	min. 35 x 43 cm
Hmotnost detektoru vč. baterie:	3,4 kg
Počet detekčních ploch:	jedna
Pixely:	min. 9 Mpx
Scintilátor:	CsI
Kapacita baterií na jedno nabití:	min. 140 snímků
Nabíječka s min. dvěma náhradními bateriemi	
Výstupní hloubka rozlišení	min. 12 bitů

#### 2.1.2.5 Akviziční stanice

- LCD Dotyková ovládací akviziční stanice,
- Možnost manuálního zadání dat pacienta,
- Automatické vykrývání neužitečných oblastí snímku,
- Výběr vyšetřovacího protokolu z anatomického obrazce,
- Automatický výběr následujícího předvoleného protokolu po každé expozici,



- Sdružený protokol – možnost sdružení více libovolných předvolených protokolů do jednoho – zadání jedním kliknutím např. sérii onkologických vyšetření,
- Možnost přerušování vyšetření, odeslání dílčích snímků a jeho pozdější dokončení. Mezi tím lze provádět jiná vyšetření,
- Provedení jednoho vyšetření s jediným snímkem s nutností maximálně 5 kliknutí (obsahuje výběr pacienta z worklistu, volbu protokolu, odeslání do PACS),
- Možnost uživatelského přizpůsobení ovládání, názvů do českého jazyka,
- Postprocesing: jas, kontrast, zoom, měření, rotace, zvýraznění hran, potlačení šumu, výřez, výběr anatomického pohledu, zobrazení dávky, nástroje pro měření, vkládání textu a značek,
- Pokročilý postprocesing: zpracování obrazu na základě předvolené projekce zvýraznění hran a okrajů a další,
- Automatické ukládání expozičních dat vč. dávky v DICOM formátu,
- Možnost zvolení zobrazení údajů na snímku: název nemocnice, datum, expoziční techniku, dávku, popis operátora a další,
- Rychlost zobrazení snímku v náhledu max. 3s, dostupnost celého snímku v plném rozlišení do max. 5 s.,
- DICOM 3,0 (Send/Storage, Print, Modality Worklist/MPPS, Query/Retrieve, Dose Structured Report),
- Možnost vzdáleného ovládání a diagnostiky systému pro účely rychlé servisní pomoci.

### **2.1.3 Analýza trhu**

Po oslovení všech distributorů RTG přístrojů v ČR jsem vybrala 4 přístroje, které jako jediní splňují požadované parametry.

#### **2.1.3.1 PHILIPS DigitalDiagnost**

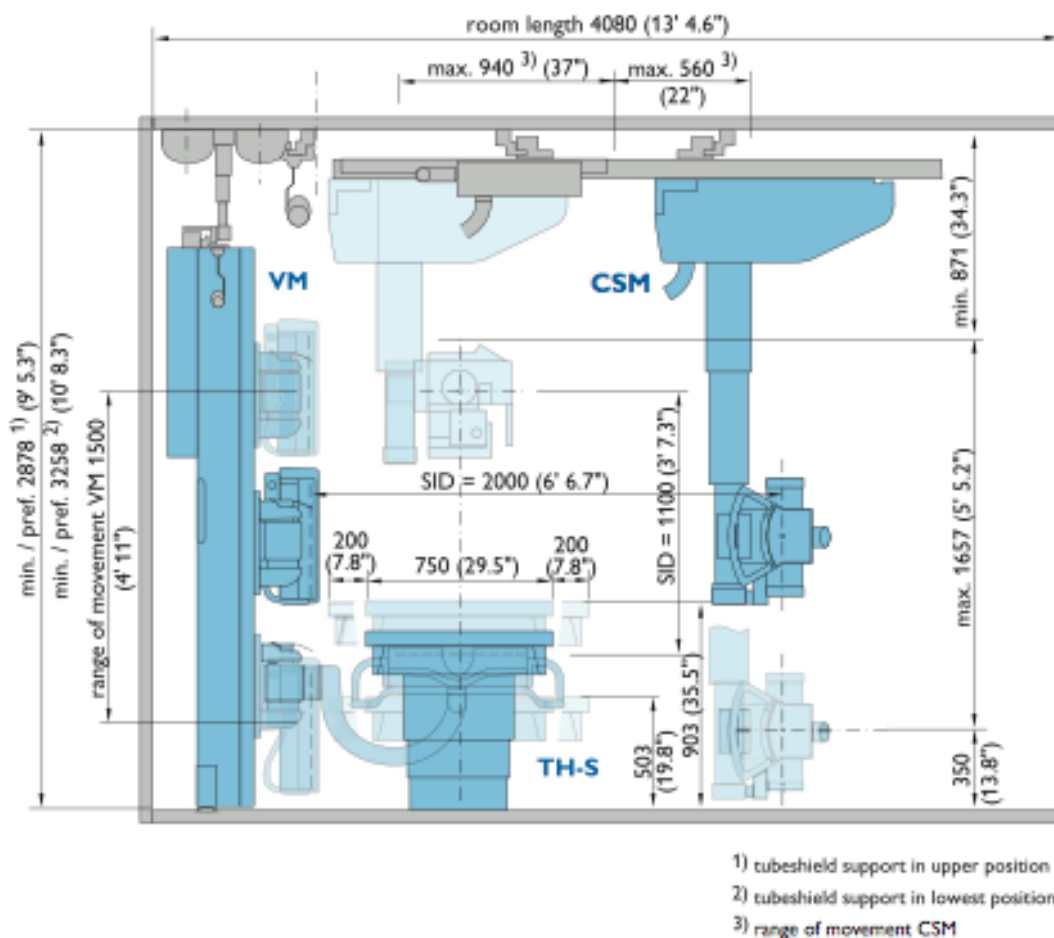
DigitalDiagnost nabízí individuální konfiguraci přístroje, pro účely traumacentra je nejvhodnější flexibilní varianta, stropně zavěšené rentgenky s vertikálně umístěným pohyblivým multifunkčním detektorem, velikosti 43x43 cm. RTG stůl není upevněn středovou teleskopickou nohou, nýbrž stranovou a to poskytuje možnost otočení stolu o 90°. Tím může být umožněno snímání, pokud pacient bude transportován již z urgentního příjmu na RTG nekontrastním stole bez zábran.

Flexibilní provedení umožňuje provádět všechny vyšetření tradiční dvoudetektorové snímkovny jedním vysoce flexibilním vertikálně umístěným detektorem. Bez nutnosti pohybu pacientem je umožněno snímkování jak horizontálním, tak vertikálním paprskem. Konfigurace nabízí také využití volného detektoru SkyPlate pro snímkování imobilních pacientů např. na invalidním vozíku.

DigitalDiagnost využívá systém Eleva pro intuitivní dotykovou pracovní stanici, která zajišťuje konečný postprocessing a síťovou komunikaci [32].



**Obrázek 8 Philips Digital Diagnost, připraven na snímkování vertikálním paprskem**



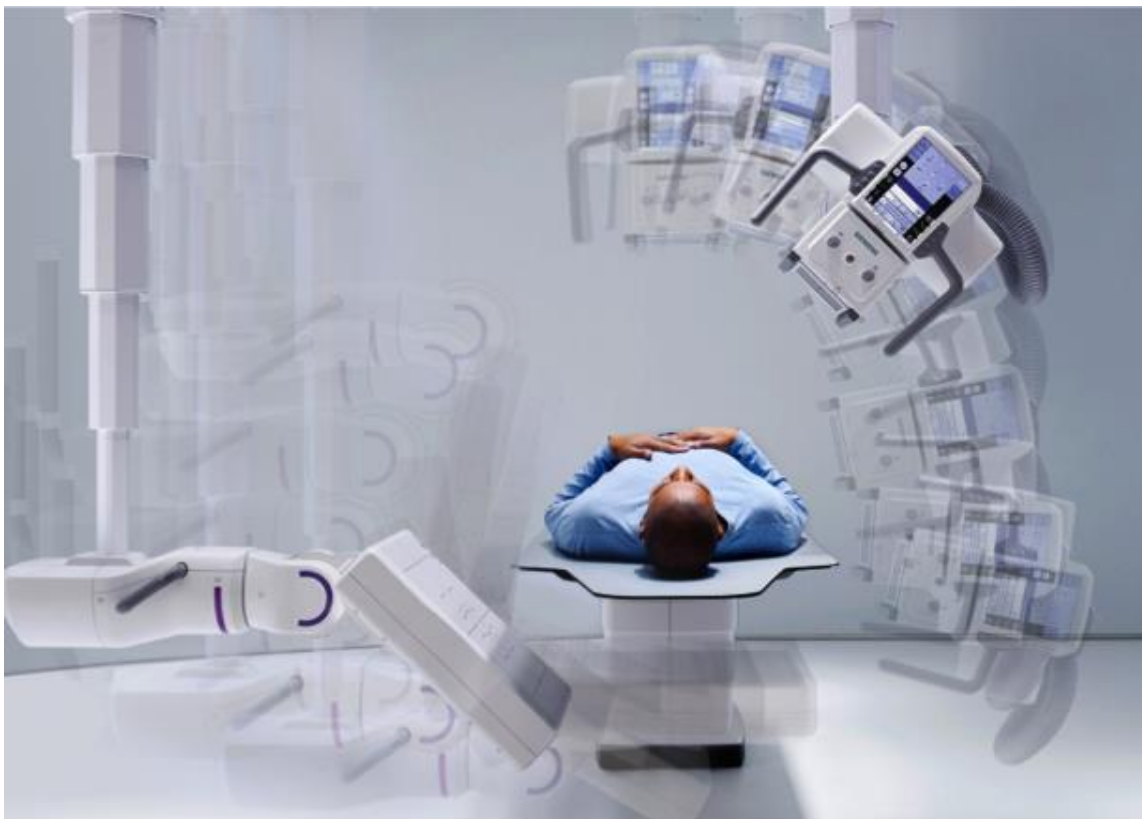
Obrázek 9 Philips Digital Diagnost, možná úprava vyšetřovny

### 2.1.3.2 Siemens Multitom RAX

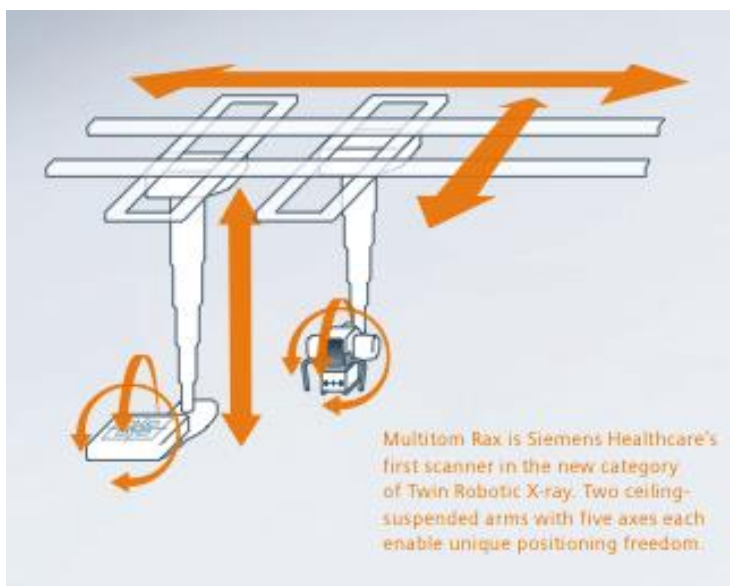
Druhým vybraným přístrojem je pokročilý rentgenový systém Multitom Rax. Přístroj se dvěma robotickými rameny umožňuje získat jak 2D, tak 3D obrazy různých částí těla bez nutnosti pohybu pacienta.

Jedno rameno nese rentgenku a velký dotykový displej, na druhém je zavěšen detektor o rozměrech 43x43 cm. Je uzpůsoben i k provádění skiaskopických a jednodušších angiografických výkonů. Ramena zaujímají předem nastavené pozice, a tak zkracují dobu vyšetření, disponují velmi senzitivním antikolizním systémem.

Přídavný digitalizovaný detektor o velikosti 35x43 cm má stejně jako primární detektor, velmi dobré detekční parametry [33].



**Obrázek 10 Siemens Multitom RAX, 2 robotická ramena**



**Obrázek 11 Siemens Multitom RAX, systém zavěšení obotických ramen**

### 2.1.3.3 Canon Adora DRi

Canon má pokročilý detektor, je přenosný, lehký a může být oddělen od dokovací stanice. Rentgenka s detektorem umožňuje pohyb ve třech osách X, Y, Z. Tím splňuje podmínky traumatologického RTG přístroje. Stropní závěs má posilovač pohybů, a tím nezatěžuje personál při manipulaci. Přístroj je vybaven nastavením pozic, do kterých se sám nastaví. Při změně polohy pacienta, samozřejmě je antikolizní systém [34].



Obrázek 12 Canon Adora DRi, pozice pro snímkování vertikálním paprskem

### 2.1.3.4 GMM OPERA SWING

Skioskopická sklopná stěna umožňuje také vyšetřit pacienta bez nutnosti pohybu, díky maximální pohyblivosti systému rentgenka – detektor umožňuje provedení i speciálních projekcí, umožňuje také snímkování mimo stůl, např. pacienty na vozíku. Má velmi dobré detekční vlastnosti a nabízí i možnost DSA a provádění „dlouhých snímků“, kdy se více snímků spojí v jeden dlouhý, vhodné pro snímkování dolních končetin nebo páteře [35].



**Obrázek 13 GMM Opera Swing, možnosti detektoru a rentgenky**



**Obrázek 14 GMM Opera Swing, možnost snímkování na RTG nekontrastním lehátku**

## 3 Metody

### 3.1 Expertní hodnocení

Určením metody pro výběr expertní skupiny a následným dotazníkem vyhodnotím váhy kritérií. Mnoho metod multikriteriální analýzy je založeno na expertním názoru. Dosazením hodnoty, která vychází z úsudku více expertů, se zvyšuje důvěryhodnost studie. Správná volba těchto parametrů je pro konečný výběr zdravotnického přístroje zásadní [36].

Expertní skupina obsahuje členy z řad vedoucích pracovníků spojených s výběrem přístrojů, lékařů, radiologických laborantů, kteří se strojem pracují, biomedicínským inženýrem a radiologickým fyzikem, kteří toto pracoviště znají.

Jako expert z latinského expertus (zkušený, vyzkoušený, osvědčený) je vnímán nositel odborné a kvalifikované informace, resp. role, kterou může přijmout erudovaný jedinec a která se blíží roli konzultanta, poradce, arbitra.

Kvalitu experta určuje nejen jeho erudice, ale i určitý věhlas v odborných kruzích či pracovním okolí. Výběr expertů lze provádět třemi způsoby – citační analýzou, účelovým výběrem a výběrem nabalováním. Citační analýza vychází z publikační činnosti daného experta. Míra citovanosti následně odráží jeho renomé v určité oblasti. Slabina tohoto postupu je, že mezi odkazy může být značné množství autocitací. Při volbě metody tzv. účelovým výběrem (úsudkem) jsou experti vyhledáváni na základě vlastního uvážení. Pomoc při výběru mohou poskytnout i jiní odborníci na danou problematiku. Výběr nabalováním (tzv. snowball neboli sněhová koule) je metodou, kdy vybranými experty jsou ti s největší frekvencí na seznamu volených typů (možných expertů). Na začátku je požádáno několik osob (možných expertů), aby uvedly 3-5 jiných osob vhodných k zařazení do panelu expertů. Jmenované osoby jsou následně požádány o totéž. Tím počet typů strmě narůstá. Po určité době se některé osoby na seznamu volitelných typů začnou opakovat. Ty s největší frekvencí jsou vybráni jako experti [37].

Pro účely této práce jsem vybrala metodu účelovým výběrem, kdy expertní skupina obsahuje odborníky z Kliniky zobrazovacích metod FNM. Složení skupiny je dáno mírou zainteresovanosti do problematiky, všichni odborníci se podílejí na chodu tohoto pracoviště, a mohou se tak podílet na určení důležitosti kritérií.

Expertní skupiny tvoří 13 členů, rozdělených do 4 skupin:

- vedení kliniky – přednosta kliniky, primář kliniky, vedoucí radiologický laborant,
- techničtí pracovníci – biomedicínský inženýr, radiologický fyzik,
- lékaře sloužící na daném pracovišti,
- radiologické laboranty, sloužící na daném pracovišti.

Odborníci se hodnotí dle jejich charakteristik váhou, která je zohledněna při zpracování výsledků dotazníkového šetření. Každý odborník se hodnotí podle pracovní pozice, dosaženého vzdělání, celkové délky praxe, délky praxe v traumacentru a míry zapojení do problematiky [38].

Hodnocení odborníků je přizpůsobeno požadavkům této studie, vzdělání zde nehraje takovou roli jako např. míra zapojení do problematiky a délka praxe. Expertní skupinu tvoří odborníci, kteří mají zájem vybrat, co nejvhodnější přístroj, který bude splňovat požadavky kliniky a zajistí hladký a rychlý průběh traumatologického RTG pracoviště [12].

**Tabulka 1 Bodové ohodnocení odborníka**

Pracovní pozice	Body	Vzdělání	Body	Celková délka praxe	Body	Délka praxe v traumacentru	Body	Míra zapojení do problematiky	Body
Přednosta kliniky, člen přístrojové komise	1	prof., MUDr.	1	10 let a více	1	10 a více let	1	Výkon povolání přímo souvisí s daným pracovištěm	1
Primář kliniky	1	Technické vysokoškolské vzdělání	1	10 - 5 let	0,8	10 - 5 let	0,8	Práce na klinice přímo nesouvisí s daným pracovištěm	0,5
Lékař	1	Vysokoškolské Mgr.	0,8	méně než 5 let	0,6	méně než 5 let	0,6		
Biomedicínský inženýr	1	Vysokoškolské technické Bc.vzdělání	0,8						
Radiologický fyzik	1	Střední technické odborné vzdělání	0,8						
Vedoucí radiologický laborant	1								
Úsekový radiologický laborant	0,8								
Radiologický laborant	0,8								

Názory odborníků vyhodnocuji dotazníkovým šetřením, u kterého jsem vždy přítomna a připravena odpovídat na otázky. První část dotazníku se týká porovnávání parametrů mezi sebou, v druhé části se hodnotí konstrukční provedení na základě obrázků přístrojů splňujících daná kritéria. Nejprve je odborníkům popsána funkce přístroje, jak je



uchycena rentgenka, jak detector a hlavně, jak fungují společně. Přístroje jsou hodnoceny na stupnici 1-10, kdy 10 je největší.

### 3.1.1 Posuzované parametry

- Konstrukční provedení,
- Nosnost RTG stolu,
- Cena servisu,
- Rychlost servisu,
- DQE – detekční kvantová účinnost.

Detekční kvantová účinnost vyjadřuje, jaké procentuální množství fotonů vyzářených z rentgenky je po průchodu tkání reálně zaznamenáno a použito k tvorbě RTG obrazu.

Vytvoření účelově orientované soustavy kritérií je velmi důležitým krokem, který výrazně ovlivňuje celkové výsledné hodnocení. Soubor kritérií musí být úplný a přizpůsobený dané problematice [38].

Kritéria v této studii byla konzultována s odborníky z oddělení radiologické fyziky a biomedicínského inženýrství. Mohlo by se zdát, že počet kritérií by mohl být větší, ale vybrané přístroje splňují již tak přísná kritéria a jejich vlastnosti se v některých ohledech liší jen velmi málo nebo vůbec, např. velikost primárního detektoru je u všech variant stejná, výkonostní i detekční parametry se liší jen velmi málo.

## 3.2 Saatyho metoda

V dotazníkovém šetření odborníci odpovídají na otázky zaměřené na důležitost kritérií jednotlivých variant vůči sobě a velikost významnosti hodnotí na škále, která je uvedena v tabulce.

Tabulka 2 Škála hodnocení

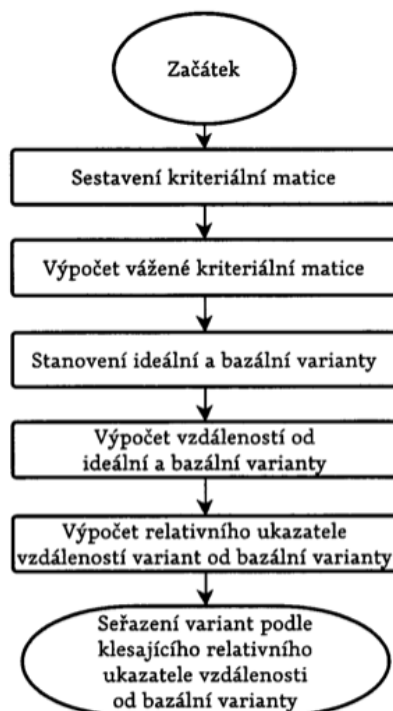
Body	Slovní hodnocení závislosti kritérií
1	Obě kritéria mají stejný význam
3	První kritérium má mírně větší význam než druhé
5	První kritérium má dosti větší význam než druhé
7	První kritérium má prokazatelně větší význam než druhé
9	První kritérium má absolutně větší význam než druhé

### 3.3 Multikriteriální rozhodování

Tato analýza patří do skupiny metod pro multikriteriální rozhodování a používá se v matematickém modelování. Zabývá se hodnocením možných alternativ na základě různých kritérií. Alternativa hodnocená z pohledu jednoho kritéria totiž nemusí odpovídat hodnocení podle kritéria jiného. Cílem této metody je shrnout a utřídit informace o variantních projektech. Výsledkem této analýzy je buď nalezení nejlepší varianty podle uvažovaných kritérií, vyloučení neefektivních variant, nebo vytvoření preferenčního pořadí variant na základě celého souboru kritérií. V takovém případě je nejlépe hodnocená varianta tzv. kompromisní. Hodnocení variant jako takové nejvíce závisí na dvou aspektech. Za prvé na důležitosti jednotlivých kritérií a za druhé na hodnocení samotných variant. Tato analýza umožňuje každému přizpůsobit hodnocení jednotlivých kritérií ke svým preferencím [38].

#### 3.3.1 Metoda TOPSIS

Princip metody TOPSIS je založen na vytvoření „ideální“ varianty. Za nejvhodnější z reálných variant je považována ta, která je ideální variantě nejbližší. Metoda je založena na výběru varianty, která je nejbližší k ideální variantě a nejdále od bazální (hypoteticky nejhorší) varianty.



Obrázek 15 Použití metody TOPSIS

Nejprve je nutné sestavit normalizovanou kritériální matici  $R=(r_{ij})$ ,

$$R = \frac{y_{i,j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^p (y_{i,j})^2}} \quad (1)$$

kde  $y_{ij}$  označuje hodnocení  $i$ -tého kritéria  $j$ -tým expertem.

Po této transformaci jsou sloupce v matici  $R$  vektory jednotkové délky. Následně vypočteme váženou kritériální matici tak, že každý  $j$ -tý sloupec normalizované kritériální matice násobíme odpovídající vahou  $v_j$ .

Dalším krokem je stanovení ideální a bazální varianty, vzhledem k vážené kritériální matici, a výpočet vzdáleností od jednotlivých variant. Vzorec pro výpočet vzdálenosti od ideální varianty je

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^k S(W_{i,j} - H_j)^2} \quad (2)$$

A vzorec pro výpočet vzdálenosti od bazální varianty je

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^k S(W_{i,j} - L_j)^2} \quad (3)$$

Ze vzdáleností od bazální a ideální varianty následně vypočteme relativní ukazatel vzdálenosti od bazální varianty

$$c_i = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+} \quad (4)$$

Podle klesajícího ukazatele  $c_i$  lze konečně jednotlivé varianty seřadit od nejvhodnější k nejméně vhodné.

### 3.3.2 Cost-effectiveness analýza

Jedním z nejdůležitějších parametrů pro aplikaci CEA je cena. Efekt získám z multikritériální analýzy, resp. z metody TOPSIS, kde použiji ukazatel užítka.

Analýza nákladové efektivity spočívá ve výpočtu poměru nákladů k efektu. Cost-effectiveness analýza je jednou z metod HTA, které se používají při hodnocení zdravotnických prostředků. Oproti Cost-benefit analýze, která je asi nejčastěji používanou analýzou, kde se v průběhu nemusí započítávat ocenění užítka  $P_1$  a  $P_2$ , která bývá v mnoha případech těžké určit, viz rovnice č. 5 Cost-benefit analýza a rovnice č. 6 Cost-effectiveness analýza.

$$\frac{P_1 * E_1}{C_1} < \frac{P_2 * E_2}{C_2} \quad (5)$$

$$\frac{C_1}{E_1} < \frac{C_2}{E_2} \quad (6)$$

Po úspěšném provedení CEA je nutné dodržet  $E_x \neq E_y$ . Koefficienty  $E_1, E_2 \dots E_n$  nám totiž udávají jaká je hodnota přínosu n-té varianty. Tyto varianty se však hodnotí současně v jednu chvíli, a proto je nutné dodržet výše uvedenou podmínku. Cílem je tedy výběr takové varianty, která nám dodá potřebný efekt za co nejnižší cenu. Pro některé účely je však lepší vyjádřit účinnost varianty množství přínosu na monetární jednotku (např. Kč), kde efektivnost je převrácená hodnota nákladů. Toho lze dosáhnout převrácením rovnice pro výpočet CEA. Výsledek je vidět u rovnice č. 7 Převrácená rovnice CEA.

$$\frac{E_1}{C_1} > \frac{E_2}{C_2} \quad (7)$$

Pokud nyní porovnáme rovnici č. 5 a č. 7, zjistíme, že jediný rozdíl je v absenci cen  $P_1$  a  $P_2$  u CEA. Z toho vyplývá, že pokud jsou ceny jednotlivých přínosů stejné, můžeme tvrdit, že  $P_1 = P_2 = P$ . Vydělením rovnice č. 5 hodnotou  $P$ , získáme hlavní CEA kritérium. Cost-effectiveness analýzu tedy můžeme považovat za určitý zvláštní případ cost-benefit analýzy, přičemž je ovšem nutné dávat si pozor na to, aby byl účinek stejné povahy pro všechny dané variant [6], [39].

### 3.4 Hodnocení návratnosti investice

ROI ( Return on Investment ) je návratnost investice, vyjadřuje čistý zisk nebo ztrátu ve vztahu k počáteční investici, uvedená v procentech. Výpočet je proveden pomocí rovnice č. 8.

$$ROI = (\text{výnosy} - \text{investice}) / \text{investice} \times 100 (\%) \quad (8)$$

### 3.5 Hodnocení doby návratnosti investice

Doba návratnosti investice je důležitý a často používaný ukazatel hodnocení investic. Ukazuje, po jakou dobu, bude v ohrožení počáteční kapitál. Výpočet je proveden pomocí rovnice č. 9, kde  $IN$  je počáteční investice a  $CF$  je peněžní tok.

$$TN = \frac{IN}{CF} \quad (9)$$

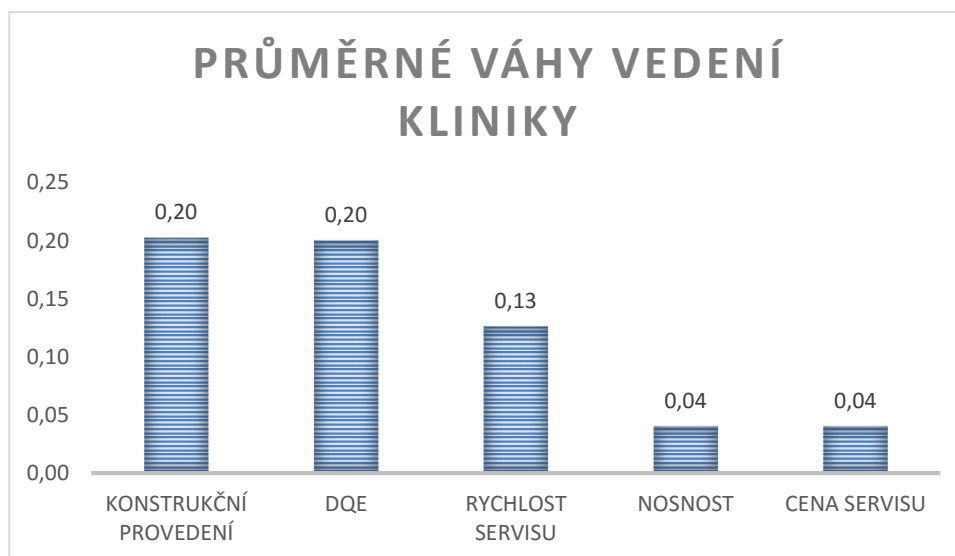
Výsledkem je počet let, za které peněžní příjmy vyrovnají počáteční výdaj na investici.

## 4 Výsledky

### 4.1 Expertní hodnocení

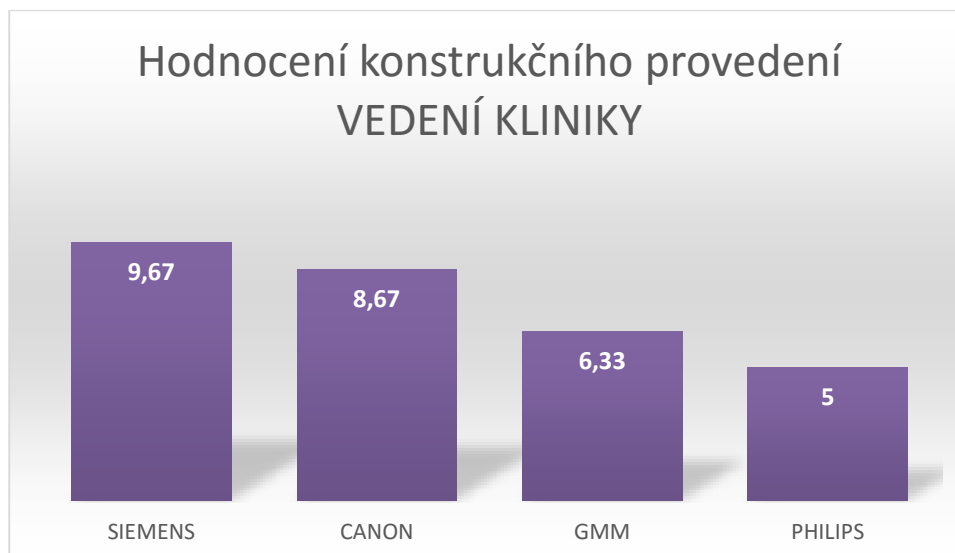
Expertní skupinu tvoří skupiny odborníků dle pracovní pozice. Nejprve vyhodnotím, zda se jejich názory liší a posoudím, čím by mohli být ovlivněny.

#### 4.1.1 Vedení kliniky



**Graf 2 Průměrné váhy dle vedení kliniky**

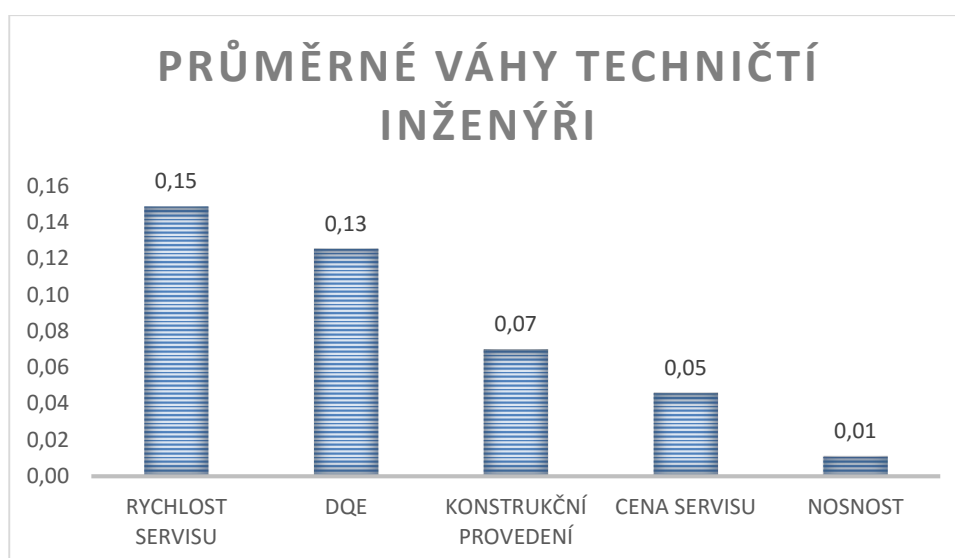
Z názoru vedení kliniky vyplývá, že nejdůležitějším kritériem je konstrukční provedení spolu s detekční kvantovou účinností, oproti tomu nejméně důležitým kritériem je nosnost a cena servisu se stejnou hodnotou váhového faktoru. Z diskuze vyplynulo, že cenou se vedení kliniky zabývá až po vybrání nejvhodnějšího přístroje. Všichni odborníci se shodli, že se snaží vybrat přístroj, který nejvíce odpovídá potřebám pracovního provozu daného pracoviště, a cenu přenechávají na ekonomickém oddělení a doufají v kladné vyřízení.



**Graf 3** Hodnocení konstrukčního provedení odborníků z vedení kliniky

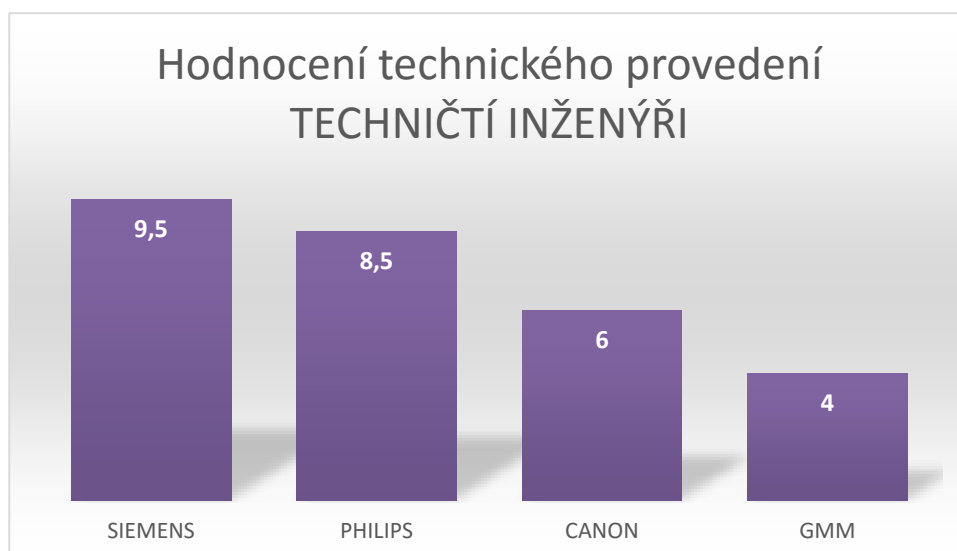
Graf 2 ukazuje, že vedení kliniky ohodnotilo přístroj Siemens a Canon velmi kladně.

#### 4.1.2 Techničtí inženýři



**Graf 4** Průměrné váhy dle odborníků technického zaměření

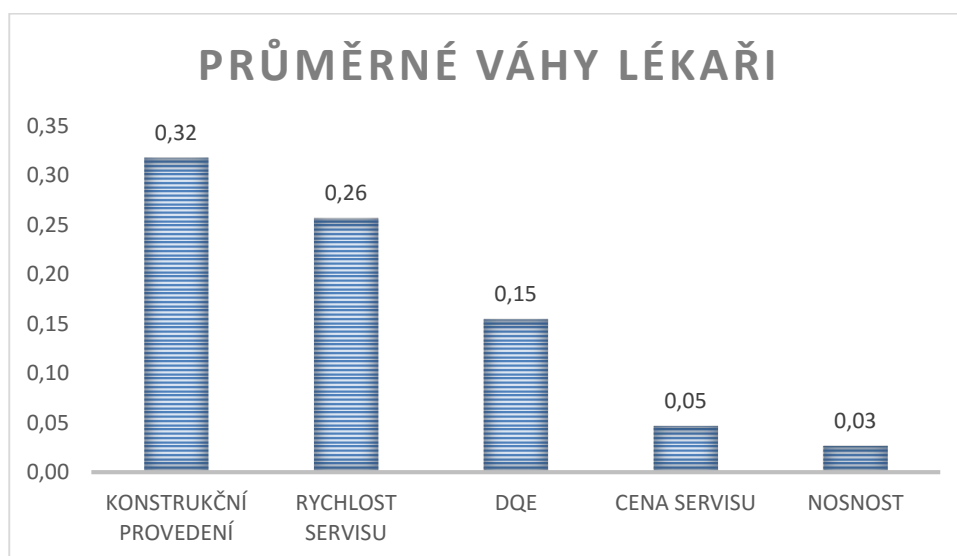
Graf 3 ukazuje převahu kritéria rychlost servisu a detekční kvantová účinnost nad konstrukčním provedením, které pro ostatní pracovníky bylo nejlépe hodnocené. Pro radiologického fyzika bylo nejdůležitějším kritériem DQE, pro biomedicínského inženýra rychlost servisu. Důležitost konstrukčního provedení též nevylučují, ale upozorňují na důležitost nepřetržitého provozu, kdy pacienti z urgentního příjmu musí využít jiného nejbližše umístěného RTG pracoviště, které je o patro níž a tím se čas vyšetření podstatně prodlužuje a to nesmí mít dlouhého trvání.



**Graf 5** Hodnocení technického provedení odborníků technického zaměření

I tato skupina pracovníků hodnotila oba přístroje se stropním závěsem velmi kladně, naopak přístroj GMM dostal velmi nízkou hodnotu.

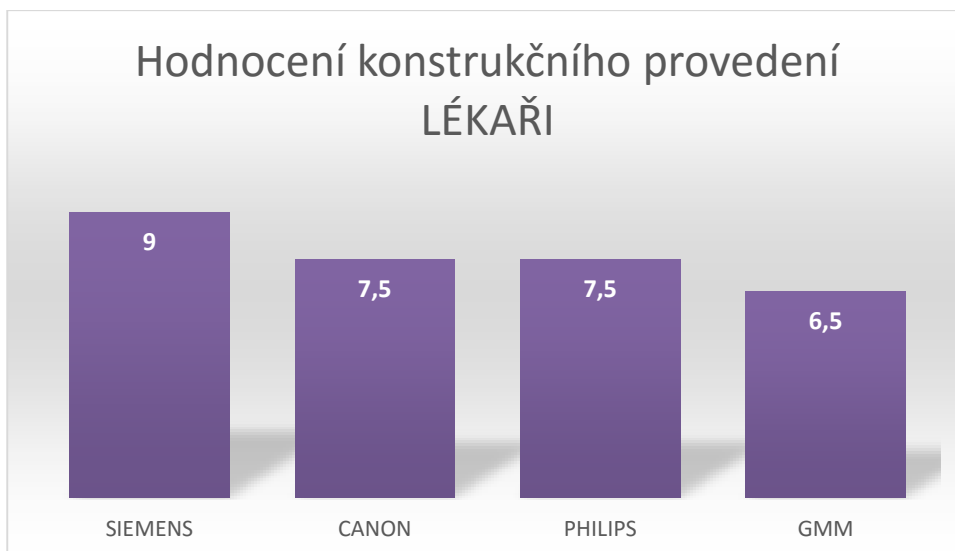
#### 4.1.3 Lékaři sloužící na daném pracovišti



**Graf 6** Hodnocení vah dle lékařů

Lékaři vyhodnotili konstrukční provedení velmi vysokou váhou, na proti tomu nosnost nepovažují za důležitou.

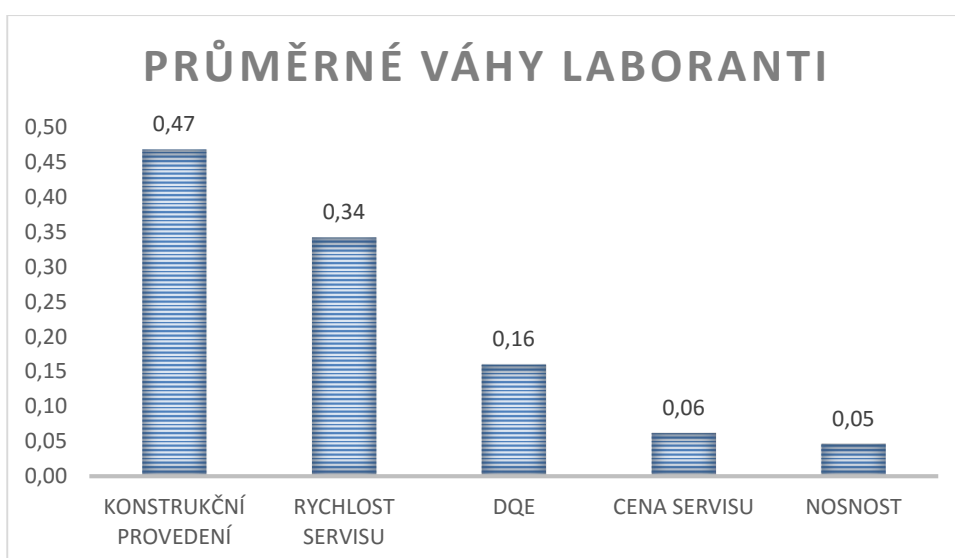




**Graf 7** Hodnocení konstrukčního provedení lékaři

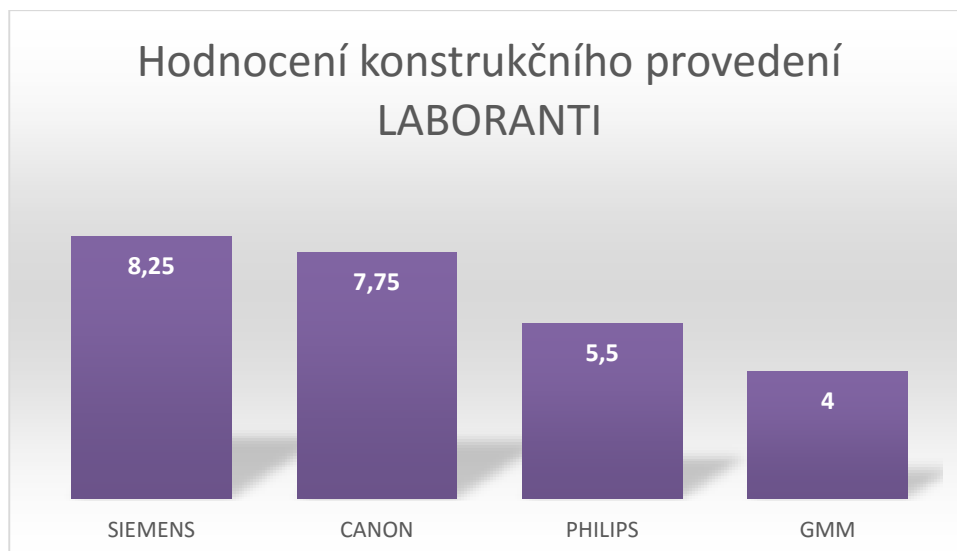
Nejvyšší hodnotu lékaři přidělili přístroji Siemens, stejnou hodnotu obdrželi Canon a Philips. Zajímavostí v tomto hodnocení je, že jeden odborník přidělil přístroji Philips nejvyšší hodnotu z důvodu bezpečnosti a stability systému. Jako jediný tvrdí, že při poruše antikolizního systému může dojít k poškození pacienta, a proto se mu systém s vertikálně umístěným detektorem a stropně zavěšenou rentgenkou zdá nejbezpečnější a také tvrdí, že mu systém připadá nejstabilnější z pohledu možnosti poruchy.

#### 4.1.4 Radiologičtí laboranti sloužící na daném pracovišti



**Graf 8** Průměrné váhy dle radiologických asistentů

Z grafu vyplývá, že laboranti, kteří na přístroji pracují každodenně, přidělili konstrukčnímu provedení nejvyšší váhu ze všech.



**Graf 9** Hodnocení konstrukčního provedení dle radiologických laborantů

Laboranti přidělili vysokou hodnotu přístrojům Siemens a Canon, kteří mají oba stropně zavěšenou rentgenku i detektor. Naopak přístroj GMM se jim zdá pro traumatologické účely nevhodný.

#### 4.1.5 Výsledné hodnoty vah

Výsledky z dotazníkové šetření utříděné do saatyho matic, viz Příloha 3 Saatyho matice, vynásobím vahou každého odborníka zvlášť. Tím dostanu výsledné hodnoty vah kritérií. Konzistence matic je zkontrolována Programem MCA7 [41], kde všechny matice mají hodnotu 0 – 0,1, tedy jsou konzistentní.

**Tabulka 3** Výsledné hodnoty vah kritérií

KRITÉRIUM	VÝSLEDNÁ VÁHA
KONSTRUKČNÍ PROVEDENÍ	0,35
RYCHLOST SERVISU	0,29
DQE	0,22
CENA SERVISU	0,06
NOSNOST	0,04

## 4.2 TOPSIS

Dalším dílčím cílem je multikriteriální analýza, zvolila jsem metodu TOPSIS, která je založena na vytvoření ideální a bazální varianty, tedy varianty s nejlepšími a varianty s nejhoršími výsledky. Za nejvhodnější variantu je považován přístroj, který se nejvíce blíží ideální variantě a přitom je nejdále od bazální.

**Tabulka 4 Tabulka výchozích hodnot**

	PROVEDENÍ	NOSNOST	CENA SERVISU	RYCHLOST SERVISU	DQE
PHILIPS	5,70	225	9	4	25
SIEMENS	7,93	240	8	2	28
CANON	6,68	250	6	3	25
PROMEDICA	4,92	225	7	3	24

Nejdříve je potřeba si hodnoty přístrojů zpracovat přehledně do tabulky výchozích hodnot pro výpočet metody TOPSIS, tabulka je doplněná o výslednou hodnotu konstrukčního provedení dle expertní skupiny.

Prvním krokem k úspěšnému výpočtu metody TOPSIS je sestavení normalizované kritériální matice.

**Tabulka 5 Normalizovaná kritériální matice**

	PROVEDENÍ	NOSNOST	CENA SERVISU	RYCHLOST SERVISU	DQE
PHILIPS	2,53517	107,60322	5,34098	2,59554	12,23375
SIEMENS	4,90782	122,42855	4,22004	0,64889	15,34602
CANON	3,48507	132,84348	2,37377	1,45999	12,23375
GMM	1,88763	107,60322	3,23096	1,45999	11,27463

Po zohlednění vah kritérií je vytvořena vážená kritériální matice.

**Tabulka 6 Vážená kritériální matice**

	PROVEDENÍ	NOSNOST	CENA SERVISU	RYCHLOST SERVISU	DQE
PHILIPS	0,8961	4,3273	0,3445	0,7592	2,6454
SIEMENS	1,7347	4,9235	0,2722	0,1898	3,3184
CANON	1,2318	5,3423	0,1531	0,4270	2,6454
GMM	0,6672	4,3273	0,2084	0,4270	2,4380

Převedením na maximalizační a minimalizační matici jsou hodnoty tepve vhodné jako podklad k výpočtu ideální a bazální varianty.

**Tabulka 7 Maximalizační a minimalizační matice**

	MAX	MAX	MIN	MIN	MAX
	PROVEDENÍ	NOSNOST	CENA SERVISU	RYCHLOST SERVISU	DQE
PHILIPS	0,8961	4,3273	-0,3445	-0,7592	2,6454
SIEMENS	1,7347	4,9235	-0,2722	-0,1898	3,3184
CANON	1,2318	5,3423	-0,1531	-0,4270	2,6454
GMM	0,6672	4,3273	-0,2084	-0,4270	2,4380

Z matice bazální varianty je dobře vidět, kde má jaký přístroj nedostatky. Již z této matice je zřejmé, že Philips a GMM mají u svých kritérií třikrát 0, což znamená, že tři z pěti kritérií měli nejhorší hodnotu.

**Tabulka 8 Matice vzdálenosti od bazální varianty**

	PROVEDENÍ	NOSNOST	CENA SERVISU	RYCHLOST SERVISU	DQE
PHILIPS	0,0524	0	0	0	0,0430
SIEMENS	1,1395	0,3555	0,0052	0,3242	0,7751
CANON	0,3188	1,0303	0,0366	0,1103	0,0430
GMM	0	0	0,0185	0,1103	0

Z matice ideální varianty je zřejmé že nejlepších výsledků dosahuje Siemens se třemi nejlepšími hodnotami z pěti.

**Tabulka 9 Matice vzdálenosti od ideální varianty**

	PROVEDENÍ	NOSNOST	CENA SERVISU	RYCHLOST SERVISU	DQE
PHILIPS	0,7033	1,0303	0,0366	0,3242	0,0430
SIEMENS	0	0,1754	0,0142	0	0
CANON	0,2529	0	0	0,0563	0,4529
GMM	1,1395	1,0303	0,0031	0,0563	0,7751

Výsledné pořadí metody TOPSIS ukazuje jaký přístroj, má pro dané pracoviště největší užitek z pohledu jeho vlastností. Dá se říci, že vítězný přístroj Siemens a druhý v pořadí Canon „utekli“ dvoum zbylým hlavně v důsledku velmi dobrého bodového ohodnocení konstrukčního provedení a s tím souvisejícího velmi dobrého váhové ohodnocení konstrukčního provedení.

Tabulka 10 Výsledné pořadí metody TOPSIS

VARIANTA	UKAZATEL UŽITKU	POŘADÍ
PHILIPS	0,1744	3.
SIEMENS	0,7874	1.
CANON	0,5870	2.
GMM	0,1716	4.

### 4.3 Cost-effectiveness analýza

Do vzorce cost-effectiveness analýzy je dosazeno za efekt ukazatel užitku z metod TOPSIS a za peněžní jednotku pořizovací cenu přístroje. Jaká je pořizovací cena přístroje, mi poskytlí distributoři firem, cena je orientační a jedná se spíše o nejvyšší možnou variantu, kdy závisí na vyjednávacích schopnostech nemocnice a uzavření smlouvy mezi nemocnicí a distributorem.

Následuje rovnice pro výpočet množství přínosů na jednotku peněz.

$$\frac{E_1}{C_1} > \frac{E_2}{C_2} > \frac{E_3}{C_3} > \frac{E_4}{C_4} \quad (10)$$

Tabulka 11 Tabulka výsledných hodnot metody TOPSIS a CEA

VARIANTA	UKAZATEL UŽITKU	POŘADÍ TOPSIS	CENA	VÝSLEDEK CEA	POŘADÍ CEA
PHILIPS	0,1744	3.	8	0,0218	3.
SIEMENS	0,7874	1.	10	0,0787	1.
CANON	0,5870	2.	12	0,0489	2.
GMM	0,1716	4.	9	0,0191	4.

Pořadí zůstalo stejné i po provedení nákladové analýzy. Přístroj od firmy Siemens můžeme prohlásit za vítěze. Výsledkem je přístroj efektivní, jak z pohledu vlastností přístroje, tak i pořizovací ceny. Dá se říci, že mezi prvním a posledním místem je velký rozdíl, proto se přístroje od firmy GMM a Philips nedají prohlásit za vhodné přístroje pro traumatologické použití.

### 4.4 Návratnost investice

Dle výsledků multikriteriální analýzy a analýzy nákladové efektivity je nejvhodnější přístroj Siemens Multitom Rax. V této části je spočítána návratnost investice konkrétně pro tento přístroj. Výsledek ukáže, kdy se investice nemocnici vrátí, a kdy začne přístroj

vydělávat. Důležité je znát míru inflace, což je procentní přírůstek indexů spotřebitelských cen. Vypočítává se poměrem spotřebitelských cen dvou srovnávacích období. Spotřebitelskými cenami je myšleno potravinářské zboží, nepotravinářské zboží a služby. Průměrnou roční míru inflace v roce 2015 dle Českého statistického úřadu vidíme v tabulce 12. [41]

**Tabulka 12 Míra inflace za rok 2015 dle ČSÚ**

Průměrná roční míra inflace v roce 2015	0,3 %
---	-------

Pro návratnost investice je potřeba znát příjmy a náklady pracoviště.

#### 4.4.1 Příjmy pracoviště

Příjmy pracoviště, je pouze částka, kterou zdravotní pojišťovna za provedené výkony zaplatí. Důležité je znát, kolik pacientů průměrně RTG pracoviště navštíví a vývoj této hodnoty.

**Tabulka 13 Tabulka provedených výkonů za posledních 5 let**

ROK	OŠETŘENÝCH PACIENTŮ	PROVEDENÝCH VÝKONŮ
2012	29 567	45 035
2013	29 248	45 571
2014	30 143	46 888
2015	31 375	49 800
2016 Předpoklad	35 424	54 525



**Graf 10** Vývoj počtu provedených výkonů

Z grafu vyplývá, že se počet pacientů ošetřených na pracovišti zvyšuje každoročně. Za poslední rok počet pacientů narostl velmi výrazně, to může být způsobeno otevřením nového urgentního příjmu 3. května 2015. Nárůst počtu pacientů zaznamenala celá nemocnice, což ale určitě nebude mít zvyšující se tendenci i v dalších letech. Kapacity nemocnice jsou omezené a v tuto chvíli se zdají být naplněny. Vedení nemocnice se velmi úspěšně snaží o zviditelnění nemocnice a získání dobrého jména formou propagace, jak na facebookové stránce, tak v televizi. Facebooková stránka má tisíce sledujících uživatelů a pořad Nemocnice Motol na televizi Prima, vysílající se každý čtvrteční večer v hlavním vysílacím čase, má velmi dobré ohlasy a sledovanost.

Když pomínou nárůst počtu pacientů zapříčiněnou otevřením urgentního příjmu, je nárůst počtu pacientů 2 % ročně [20].

Další důležitou potřebnou hodnotou je průměrná úhrada za výkon. Nejprve je zjištěno, jaká vyšetření byla provedena na traumatologickém RTG v roce 2015 a v jakém počtu.

**Tabulka 14 Tabulka provedených vyšetření v roce 2015**

VÝKON	POČET	BODOVÁ HODNOTA	POPIS VÝKONU
89127	15 450	223	RTG KOSTÍ A KLOUBŮ KONČETIN
89131	7 620	177	RTG HRUDNÍKU
89111	6 543	155	RTG PRSTŮ RUKY NEBO NOHY
89125	3 373	199	RTG RAMENNÍHO KLOUBU
89123	3 115	128	RTG PÁNVE NEBO KYČELNÍHO KLOUBU
89117	2 922	155	RTG KRKU A KRČNÍ PÁTEŘE
89143	2 833	225	RTG BŘICHA
89119	2 782	187	RTG HRUDNÍ A BEDERNÍ PÁTEŘE
89115	2 093	163	RTG LEBKY, PŘEHLEDNÉ SNÍMKY
89129	1 731	223	RTG ŽEBER A STERNA
89113	842	213	RTG LEBKY, CÍLENÉ SNÍMKY
89121	186	163	RTG KŘÍŽOVÉ KOSTI A SI KLOUBU

Bodová hodnota u výkonu znamená, kolik pojišťovna za výkon zaplatí. Smlouvu se zdravotní pojišťovnou má každé zdravotnické zařízení individuálně uzavřenou. Pro potřeby investiční návratnosti FN Motol počítám hodnotu bodu 1 Kč.

Jednoduchým výpočtem průměru získám cenu, kterou pojišťovna průměrně zaplatí za 1 výkon na tomto pracovišti. Průměrná cena za výkon činí 190 Kč za jeden výkon. Tato hodnota byla vypočítána z dat roku 2015.

#### **4.4.2 Náklady pracoviště**

Do nákladů na provoz tohoto pracoviště jsou započítány náklady na pořízení přístroje, náklady na servis, náklady na lidské zdroje a náklady na spotřebu elektrické energie. Náklady na spotřební materiál jsou zanedbány, na tomto pracovišti se spotřebují pouze běžné ochranné pomůcky a desinfekční prostředky, jako na každém jiném pracovišti v nemocnici.

##### **4.4.2.1 Náklady na lidské zdroje**

Jak je již popsáno v první části práce, provoz je zajištěn dvěma lékaři, dvěma radiologickými laboranty a jedním radiologickým fyzikem. Ve službě se tento počet snižuje na jednoho lékaře a jednoho radiologického asistenta. Podle počtu hodin odpracovaných za měsíc je vypočítáno, kolik úvazků od každé pracovní pozice je na provoz potřeba, je to:

- 6 lékařů,
- 6 radiologických laborantů,



- 1 radiologický fyzik.

**Tabulka 15 Tabulka průměrné měsíční hrubé mzdy**

ZAMĚSTNANEC	HRUBÁ MZDA
LÉKAŘ VE SLUŽBÁCH	70 000
RADIOLOGICKÝ LABORANT VE SLUŽBÁCH	40 000
RADIOLOGICKÝ FYZIK	35 000

V tabulce jsou uvedeny průměrné měsíční hrubé mzdy zaměstnanců zajišťující provoz. Lékař a radiologický laborant pracuje ve službách, kde jsou do průměru započteny příplatky za práci v noci a víkendové příplatky.

Celkové náklady na lidské zdroje jsou uvedeny v tabulce.

**Tabulka 16 Tabulka nákladů na lidské zdroje**

MĚSÍČNĚ	695 000
ROČNĚ	8 340 000

#### 4.4.2.2 Náklady na servis

Firma Siemens uvádí 8% náklad na servis vypočítaný z pořizovací ceny. Cena servisu zahrnuje kompletní pozáruční servis, zahrnující i náhradní díly.

**Tabulka 17 Náklady na servis**

Požizovací cena	Cena servisu	Roční náklady na servis	Měsíční náklady na servis
10 mil.	8 %	600 tis.	50 tis.

#### 4.4.2.3 Náklady na energie

Siemens Multitom Rax disponuje generátorem s výkonem 65 kW. Je zvažováno, že se při každém provedeném snímku využije plně jeho kapacita. Denně se provede na pracovišti 140 vyšetření, podle druhu vyšetření bylo zjištěno, že se denně provede 225 expozic, jelikož většina vyšetření jsou 2 expozice, prováděné na sobě v kolmých rovinách, s výjimkou např. snímku hrudníku. Při uvážení použití 100 mAs na každou expozici, je maximální výkon využíván denně 22,5 s. Další výkon je potřeba pro přípravu na expozici, která spočívá v elektrickém pohybu stropního závěsu a zahřátí rentgenky. Je počítáno 15 vteřin před každou expozicí na přípravu o výkonu 5kW. Zbylý čas je přístroj v pohotovostním režimu, kdy má spotřebu 3 A na fázi. Pro výpočet nákladů energie v pohotovostním režimu tedy použijí výkon 3 kW. Cenu za 1 kWh počítám 3 Kč. Dobrou

smlouvou nemocnice s dodavatelem se může nemocnice cenu snížit až na 2 Kč za 1 kWh, ale tento údaj mi nebyl poskytnut. Náklady na energii jsou zpracovány v následující přehledné tabulce.

**Tabulka 18 Roční náklady na energii**

	Výkon	Čas	Cena 1kWh	Spotřeba za den	Cena za 1 den	Cena za rok	
Expozice	65kW	22,5sek.	3 Kč	1,7kWh	5,1 Kč	1 861,5 Kč	
Příprava na expozici	5kW	1 hod.	3 Kč	5kWh	15 Kč	5 475 Kč	
Pohotovostní režim	3kW	23hod.	3 Kč	69kWh	207 Kč	75 555 Kč	
						Cena celkem za rok	82 891,5 Kč

#### 4.4.3 Výpočet návratnosti investice

**Tabulka 19 Tabulka návratnosti investice**

ROK	ODPIS	MZDY	SERVIS	ENERGIE	PŘÍJMY	ZISK BEZ ODPISU	ZISK	BILANCE
2016	2000000	8340000	600000	82892	10359750	1336859	-663142	-663142
2017	2000000	8365020	601800	83140	10598024	1548064	-451936	-1115077
2018	2000000	8390115	603605	83390	10841779	1764669	-235331	-1350409
2019	2000000	8415285	605416	83640	11091140	1986798	-13202	-1363610
2020	2000000	8440531	607232	83891	11346236	2214582	214582	-1149029
2021	0	8465853	609054	84142	11607199	2448150	2448150	1299121
2022	0	8491250	610881	84395	11874165	2687638	2687638	3986760
2023	0	8516724	612714	84648	12147271	2933185	2933185	6919944

Z tabulky návratnosti investice je zřejmé, že za dobu životnosti přístroje (8 let) se zisk dostává do plusu. Přitom životnost přístroje může být v některých případech, dle výrobce, i 10 let, ale pro výpočet jsem předpokládala stejnou dobu, za kterou je nutné vyměnit stávající přístroj. Odpisy přístroje stanovuji na 5 let, podle zákona 586/1995 Sb., o daních z příjmu, kde přístroj spadá do odpisové skupiny č. 2 v příloze 1, kdy je doba odpisu stanovena na 5 let, jako přístroj zdravotnický nebo zařízení, chirurgické a ortopedické prostředky kromě dýchacích přístrojů a plynových masek. Výnos investice 6 919 944Kč, s přihlédnutím k potřebě stavebních úprav ve výši 0,5mil. Kč je tedy výnos 6 419 944Kč.

#### 4.4.4 Výpočet ROI

Tabulka 20 Tabulka výpočtu ROI

	VÝNOSY	INVESTICE	
ROI	6 419 944	10 000 000	64%

Z tabulky 20 vyplývá, že návratnost investice po dobu životnosti je plusová, 64 %.

#### 4.4.5 Výpočet doby návratnosti investice

Tabulka 21 Doba návratnosti investice

	INVESTICE	CF	
TN	10000000	2114993	4,7 roku

Z tabulky 21 vyplývá, že investice vrátí za 4,7 roku, což je při životnosti nejméně 8 let velmi dobrý výsledek.

### 4.5 Analýza dopadu na rozpočet

Analýza dopadu na rozpočet (budget impact analysis – BIA) se používá pro ekonomické posouzení nové technologie před vstupem na trh. Provádí se před zařazením nové intervence do úhradového systému. Ukazuje, jaký bude finanční dopad této změny. Je nezbytná pro plánování finančních zdrojů ze zdravotního pojištění. Pro provedení je nutné znát náklady související se vstupem nové intervence a náklady intervence stávající v následujících letech. Výsledkem je rozdíl mezi těmito náklady v Kč. Standardem je časový horizont 5 let.

V případě této studie, kde je uvažován nákup traumatologického RTG přístroje, je efekt diagnostického výkonu pro pacienta stejný a úhrada za výkony také zůstává. S instalací nového přístroje je efekt z pohledu obsluhujícího personálu. Pohodlnost ovládání a rychlost snímkování určitě ocení všichni radiologičtí laboranti, lékaři se mohou těšit na větší kvalitu obrazu a spolehlivost, z pohledu bezporuchovosti, na novém přístroji ocení personál celé nemocnice. Pro pacienta je zde časová úspora vyšetření a z kvalitnějšího pořízeného obrazu, před instalací bohužel nejsou tyto kritéria měřitelné.

### 4.6 Možnosti financování toho přístroje

Dále jsou zhodnoceny možnosti financování tohoto přístroje, k tomu je potřeba znát financování zdravotnických zařízení.

### **4.6.1 Financování zdravotnických zařízení**

Hlavním příjmem většiny zdravotnických zařízení jsou platby zdravotnických pojišťoven za výkony, každé zdravotnické zařízení může mít i jiné zdroje:

- tržby za zdravotnické výkony hrazené zdravotními pojišťovnami,
- tržby za zdravotnické výkony hrazené přímo platbami pacientů nebo podniků,
- tržby za tzv. nadstandardní péči – např. samostatný pokoj, nadstandardní strava, ubytování doprovázející osoby,
- příjmy za speciální za úkony od pojišťovny,
- příjmy za tržby nezdravotnických služeb, např. pronájem prostorů,
- příjmy za prodej zboží,
- regulační poplatky – nyní pouze poplatek 90 Kč za pohotovostní ošetření nevyžadující hospitalizaci,
- sponzorské dary,
- granty,
- dotace.

### **4.6.2 Financování z veřejného zdravotního pojištění**

Každý občan ČR je zapojen do systému zdravotního pojištění, platbou pojistného získává nárok na zdravotní péči. V případě studentů, nezaopatřených dětí, důchodců a nezaměstnaných je plátcem za pojištěnce stát. Zákon č. 48/1997 o veřejném zdravotním pojištění stanovuje, co je možno ze zdravotního pojištění uhradit.

### **4.6.3 Možnost financování**

Možností financování je i ve zdravotnictví více:

- z vlastních prostředků organizace vytvořené vlastní činností
- částečné vlastní zdroje jsou nezbytné i pro další možnosti:
  - dodavatelský úvěr, který je nejčastější formou financování z cizích zdrojů, kdy nabytý majetek je ve vlastnictví zdravotnické organizace, ale za své závazky ručí svým majetkem, dodavatelský úvěr není ministerstvem financí doporučen,
  - finanční leasing, kdy majetek nepřechází do vlastnictví organizace, první splátka je akontace a až po splacení poslední splátky přechází majetek do

vlastnictví organizace, tento způsob je ministerstvem financí pro zdravotnické prostředky přímo zakázán,

- splátkový prodej je podobná forma jako leasing s tím rozdílem, že nabytý majetek přechází do vlastnictví kupujícího,
- dotace je zpravidla nevratná finanční pomoc, která se spojuje s konkrétním investičním záměrem, pro zdravotnictví se takové dotace poskytují jak Ministerstvem zdravotnictví ČR, tak regionálních a místních orgánů, Evropské unie poskytuje značné prostředky na tyto projekty,
- využití sponzorských příspěvků a darů.

Bohužel žádný z probíhajících nebo připravovaných dotačních programů se netýkájí financování rentgenové techniky, dotačního programu tedy není možné využít. Vzhledem k pozitivnímu hospodářskému výsledku nemocnice se jeví financování tohoto zdravotnického přístroje nejvhodnější z vlastních zdrojů.

## **4.7 Analýza rizik**

Analýzu rizik dodává zdravotnické zařízení v rámci studie proveditelnosti jako podklad k výběrovému řízení.

Obrázek 20 ukazuje právně – finanční rizika, technická rizika, personální rizika a rizika provozní.

Zamítnutí požadavku Ministerstvem zdravotnictví a nedostatek finančních prostředků hodnotím jako dopad kritický, ale pravděpodobnost vzniku je velmi malá. Dalším velmi významným dopadem je ztrátovost projektu, ale vzhledem k vypočítané návratnosti investice výskyt nepředpokládám.

Za kritickou významnost uvádím zpoždění realizace, a tím způsobené prodražení celého projektu, které je u stavebních a instalačních prací běžně možné, proto bych se při realizaci projektu na tyto kritická místa zaměřila a snažila se jim předejít.

Tabulka 22 Analýza rizik

ANALÝZA RIZIK			Závažnost důsledku	Závažnost průměr	Pravděpodobnost vzniku	Hodnocení rizika	Významnost
NÁKUP TRAUMATOLOGICKÉHO RTG							
	Riziko	Dopad					
Právní / Finanční rizika	Zamítnutí požadavku na nákup MZ ČR	Projekt by nemohl být realizován	5	5,0	2	10	B
	Nedostatek finančních prostředků	Ohrožení realizace projektu	5	5,0	2	10	B
	Navýšení cen technologií a dalších vstupů	Zvýšení celkových nákladů projektu	3	3,0	2	6	B
		Zvýšení nároků na financování realizační fáze projektu	3				
	Nedostatek indikovaných pacientů	Ztrátovost projektu (nevýčerpání hrazených hodin)	4	4,0	1	4	A
	Neočekávané provozní náklady	Zvýšení celkových nákladů projektu	3	3,0	3	9	B
Nedostatek finančních prostředků v provozní fázi projektu	Ohrožení realizace a návratnosti projektu	4	4,0	2	8	B	
Technická rizika	Dodatečné změny v projektu	Prodražení a zpoždění realizace projektu	2	2,0	2	4	A
	Nedodržení termínu realizace	Zpoždění realizace projektu	4	4,0	3	12	C
	Špatná koordinace dodavatelských prací a instalace technologií	Prodražení a zpoždění realizace projektu	4	4,0	3	12	C
		Prodražení a zpoždění realizace projektu	3	3,0	3	9	B
	Komplikace se stavebními úpravami	Ohrožení plnění provozní fáze projektu	3	2,5	1	2,5	A
	Problémy s kompatibilitou dalších technických zařízení	Prodražení provozní fáze projektu	2				
Personální rizika	Nedostatek personálu vstupujícího do projektu	Neefektivní provoz, nesplnění očekávaného plánu	3	3,5	1	4	A
		Ztrátovost projektu (příjmy < náklady)	4				
	Příliš mnoho personálu vstupujícího do projektu	Neefektivní provoz, nevyužití lidských zdrojů	2	3,0	2	6	B
		Ztrátovost projektu (příjmy < náklady)	4				
	Neochota pracovníků aktivně se zapojit do realizace projektu	Neefektivní provoz	2	3,0	3	9	B
		Ztrátovost projektu (příjmy < náklady)	4				
Nedostatek kvalifikovaného personálu	Neefektivní provoz, nesplnění očekávaného plánu	2	2,0	1	2	A	
Náklady spojené s doplněním kvalifikace	2						
Selhání lidského faktoru	Ohrožení správného a efektivního provozu	3	3,0	2	6	B	
Provozní rizika	Problémy s uvedením systému do provozu	Zpoždění realizace projektu	2	2,5	2	5	B
		Zvýšení provozních nákladů	3				
	Problémy s provozem systému	Zpoždění realizace projektu	1	2,0	3	6	B
		Zvýšení provozních nákladů	2				
		Ohrožení správného a efektivního provozu	3				
	Porucha některé ze součástí systému	Ohrožení běžného provozu	3	2,7	3	8	B
		Ohrožení správného a efektivního provozu	3				
	Konec technické podpory v průběhu provozování systému	Zvýšení provozních nákladů	2	2,7	1	3	A
		Ztrátovost projektu (příjmy < náklady)	4				
		Nesplnění očekávaného plánu	2				
Nevyužití lidských a materiálních zdrojů		2					

Hodnota	Dopad	Pravděpodobnost výskytu
0	Žádný	Nemožná
1	Téměř neznatelný	Téměř nemožná
2	Drobný	Výjimečně možná
3	Významný	Běžně možná
4	Velmi významný	Pravděpodobná
5	Nepřijatelný	Hraničící s jistotou
	<b>Stupeň významnosti</b>	<b>Hodnota</b>
A	Běžný	0 - 4
B	Závažný	5 - 11
C	Kritický	12 - 25

## 5 Diskuse

K výběru a následnému nákupu zdravotnických technologií je, dle WHO, doporučeno využívat metod HTA. Doporučuje zavádět systémy pro posuzování, plánování a nákup ve spolupráci s odborníky z oboru [1]. Metod HTA je využíváno, jak v Evropě, tak v USA [2],[3]. Analýzou studií provedených na problematiku HTA jsem zjistila, že nejvíce studií se týká zavedení nebo využití nové technologie nebo intervence. Široké využití metod HTA se jeví být vhodné i pro potřeby hodnocení zdravotnické techniky [15].

Expertní rozhodování bylo upraveno na potřeby této studie [12]. Výsledky HTA studií jsou doporučení o možném pořízení techniky pro zdravotnická zařízení, jak z pohledu uživatelského, tak z pohledu finanční efektivity nákupu. Vypracováním HTA studie nezbavujeme odpovědnosti, rozhodnutí vždy zůstává na zdravotnickém zařízení [42].

Cílem této práce je zhodnotit efektivitu nákupu nového traumatologického RTG přístroje ve FNM. Prvním krokem je zpracování současného stavu problematiky analýzou, jak zahraničních, tak českých studií zabývajících se hodnocení zdravotnické techniky [1]-[4],[7]-[15]. Dalším krokem je zanalyzovat situaci na daném pracovišti, pro které se nový přístroj vybírá, abych byla schopná správně určit kritéria pro výběr takového přístroje, který je vyhovující všem požadavkům a vysokým nárokům traumatologického provozu. Přístroj je vybírán do FN Motol, která je traumacentrem, což znamená, že je nemocnice připravena a vybavena na příjem většího počtu raněných např. při hromadném neštěstí.

Specifika provozu na traumatologickém RTG jsou odlišná od standardního ortopedického RTG pracoviště. Traumatologický RTG je umístěn v hale urgentního příjmu a slouží pro snímkování ambulantních pacientů, přicházejících na kontrolní vyšetření, ale hlavně pro potřeby ambulancí urgentního příjmu, kdy jsou snímkováni akutní pacienti, kteří přijíždějí na pracoviště po předchozí domluvě a na vyšetření nečekají. Jedná se nejčastěji o pacienty s poruchami dýchání a pacienty po úrazech, kdy je velmi důležitá šetrná manipulace, ale důležitou roli hraje i čas.

Nyní je na pracovišti využíván přístroj, který má jeden stropní závěs, na kterém je současně uchycena, jak rentgenka, tak detektor. Tento systém se uživatelsky pro provoz traumatologického RTG pracoviště osvědčil. Bohužel firma již tento přístroj nevyrobí. Přístroj je v provozu již 8 let a jeho životnost končí.

Jednoznačná definice traumatologického RTG přístroje neexistuje. Ve spolupráci se zaměstnanci FN Motol je tato definice vytvořena a na jejím základě je možno vybrat přístroje vhodné pro tento provoz.

Průzkumem trhu jsou vybrány 4 přístroje, které se dají považovat za traumatologické. Jsou to Philips DigitalDiagnost, Siemens Multitom RAX, Canon Adora DRi a GMM Opera Swing. Hodnocení vah kritérií je provedeno na základě názoru expertní skupiny, která je složena ze 13 odborníků, kteří jsou rozděleni do 4 skupin dle pracovní pozice. Provedením statistiky těchto skupin je možno pozorovat, jestli se názory na hodnocená kritéria liší a je uvažováno nad příčinami těchto odlišností. Expertní skupina je tvořena odborníky z vedení kliniky, technickými pracovníky, lékaři a radiologickými laboranty.

Přístroje se hodnotí posouzením kritérií pomocí Saatyho metody. Kritéria jsou konstrukční provedení, nosnost, cena servisu, rychlost servisu a DQE – detekční kvantová účinnost. Konstrukční provedení, které nemá číselnou hodnotu, je také hodnoceno expertní skupinou v rámci dotazníkového šetření. Po předložení obrázků přístrojů a popisu funkcí odborníci přidělují body na stupnici 1-10.

Členům expertní skupiny, dle své odbornosti a zkušeností, je přidělena váha názoru dle předem určených parametrů. Po vyhodnocení dotazníků a sestavení Saatyho matic je názor odborníka vynásoben jeho váhou názoru.

Konstrukční provedení je pro 7 odborníků kritérium nejdůležitější.

Zprůměrované váhy jsou použity pro základ metody TOPSIS, kde je vítězným přístrojem Siemens Multitom RAX.

Po provedení analýzy nákladové efektivity se pořadí nezměnilo, Siemens Multitom RAX na prvním místě s hodnotou 0,0787, na druhém místě Canon ADORA DRi s hodnotou 0,0489, na třetí pozici Philips Digital Diagnost s hodnotou 0,0218 a poslední místo obsadil přístroj GMM Opera Swing s hodnotou 0,0191. Nejvíce je pořadí ovlivněno konstrukčním provedením, které je nejlépe hodnocené právě u vítězného přístroje. První dva přístroje disponují stropním závěsem, kde je umístěná jak rentgenka, tak detektor. Dá se tedy tvrdit, podle názoru expertní skupiny, že nejvhodnější varianta pro traumatologické použití je přístroj se stropně zavěšenou rentgenkou i detektorem.

Dalším dílčím cílem je zhodnocení návratnosti investice, kde je třeba vypočítat všechny příjmy a náklady pracoviště. Do příjmů pracoviště spadají pouze úhrady za



provedené výkony, nákladů je potřeba vyčíslit více. Největším finančním nákladem jsou náklady na lidské zdroje, ale počítáno je i s náklady na servis a energie. Je počítáno s mírou inflace 0,3%. Výsledky jsou zpracovány do přehledné tabulky. Pořízení přístroje se ukázalo jako ziskové při očekávané době provozu 8 let.

Návratnost investice je 64 % se ziskem 6 419 944 Kč, doba návratnosti investice 4,7 roku, což je velmi příznivé vzhledem k očekávané době provozu.

Zajímavým údajem je, že se každoročně počet ošetřených pacientů zvyšuje o 2 % již po dobu 10 let. V minulém roce, vlivem otevření nového urgentního příjmu, se počet navýšil o 15 %, ale stejný vývoj nárůstu pacientů se neočekává. S vývojem přírůstků pacientů je počítáno i v návratnosti investice, tento trend se očekává a je uvažováno nad navýšením personálních kapacit.

Provedení analýzy dopadu na rozpočet je v této studii zbytečné. Efekt léčby a výnosy pracoviště, vzhledem k úhradě výkonů, zůstávají stejné.

Další postup práce vidím v používání transportních lehátek, která jsou RTG nekontrastní, kdy se pacient např. s podezřením na úraz páteře už na urgentním příjmu na toto lehátko uloží a pro RTG vyšetření není nutný další přesun nemocného, kdy ušetříme čas, ale především nemůže dojít k poškození pacienta. Tato lehátka existují a se stávajícím přístrojem byla dodána, ale nepoužívají se z důvodu bezpečnosti. Lehátko nemá žádné bezpečnostní zábrany, stojan na infuzní set ani držák na kyslíkovou lahev. Myslím si, že kdyby lehátko tímto disponovalo, používání by nic nebránilo a jak pro personál oddělení urgentního příjmu, tak personál zhotovující RTG snímek by se práce mohla stát pohodlnější a rychlejší, nemluvě o časovém a bezpečnostním přínosu pro pacienta.

## Závěr

Cílem práce bylo hodnocení efektivity nákupu nového traumatologického RTG přístroje ve Fakultní nemocnici v Motole.

Zhodnocením současného stavu na oddělení a následnou specifikací parametrů potřebných pro nákup byly vybrány 4 možné varianty přístrojů, které mohou být považovány za traumatologické. Přístroje splňující již tak přísné parametry byly posuzovány podle 5. kritérií – konstrukční provedení, nosnost RTG stolu, cena servisu, rychlost servisu a DQE.

Zhodnocení vah kritérií bylo provedeno na základě hodnocení expertní skupiny tvořenou 13. odborníky, kteří pracoviště dobře znají a někteří z nich s přístrojem pracují každodenně. V rámci expertního hodnocení byla každému odborníkovi, dle jeho odbornosti a zkušeností, přidělena váha jeho názoru. Touto hodnotou byl názor odborníka vynásoben, průměr vah kritérií od odborníků poskytl konečnou hodnotu vah pro další analýzy. Nejlépe hodnoceným kritériem bylo konstrukční provedení.

Provedení metody TOPSIS a analýzy nákladové efektivity ukázalo vítěze. Tím je jednoznačně Siemens Multitom RAX s výslednou hodnotou 0,0787 z analýzy nákladové efektivity. Z výsledků se dá tvrdit, že nejvhodnější řešení pro traumatologický provoz je konstrukční provedení přístroje se systémem stropně uchycené rentgenky, ale i detektoru.

Z výpočtů investiční návratnosti a doby návratnosti investice vyplývá, že investice se nemocnici vrátí již za 4,7 roku.

Financování tohoto přístroje je, při dobrém hospodářském výsledku nemocnice, nejvhodnější z vlastních zdrojů.

## Seznam použité literatury

- [1] WHO Medical devices technical series. *World Health Organization*. [Online] 2011 Dostupné z <http://apps.who.int/medicinedocs/documents/s21560en/s21560en.pdf>
- [2] COOKSON, Richard; MAYNARD, Alan. Health technology assessment in Europe. *International journal of technology assessment in health care*, 2000, 16.02: 639-650.
- [3] EISENBERG, John M.; ZARIN, Deborah. Health technology assessment in the United States. *International journal of technology assessment in health care*, 2002, 18.02: 192-198.
- [4] DOLEŽAL, Tomáš. Health Technology Assessment (HTA) jako standardní postup hodnocení zdravotních technologií. *Medical Tribune*. 2009
- [5] ROGALEWICZ, Vladimír. *Co je (a co není) HTA*. Kladno. 2012. Czechhta.cz. ČVUT – Fakulta biomedicínského inženýrství
- [6] GOODMAN, Clifford S. Introduction to health technology assessment. *The Lewin Group. virginia, USA*, 2004.
- [7] SAATY, Roseanna W. The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 1987, 9.3: 161-176.
- [8] BOUDARD, Aurélie, et al. Clinical studies of innovative medical devices: what level of evidence for hospital- based health technology assessment?. *Journal of evaluation in clinical practice*, 2013, 19.4: 697-702.
- [9] GOVENDER, Moreshnee; MUELLER, Debjani B.; BASU, Debashis. Purchasing of medical equipment in public hospitals: the mini-HTA tool. *SAMJ: South African Medical Journal*, 2011, 101.11: 807-808.
- [10] MARTELLI, Nicolas, et al. Combining multi-criteria decision analysis and mini-health technology assessment: A funding decision-support tool for medical devices in a university hospital setting. *Journal of biomedical informatics*, 2016, 59: 201-208.
- [11] MARGOTTI, Ana E., et al. Health technology assessment to improve the medical equipment life cycle management. In: *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2013 35th Annual International Conference of the IEEE*. IEEE, 2013. p. 354-357.
- [12] ILVEV, Ilya; KNEPPO, Peter, BARTÁK, Miroslav. *Method for selecting expert groups and determining the importance of experts` judgements for the purpose of managerial decision-making tasks in the health*. *E + M Ekonomie a Management*, 2015, 2: 57.

- [13] VLČEK, Mattin. *Nákup lineárního urychlovače*. Kladno. Diplomová práce. 2015. ČVUT, Fakulta biomedicínského inženýrství, Katedra biomedicínské techniky. Vedoucí práce Ing. Cajthamlová.
- [14] BRAŽINOVÁ, T. *Zhodnocení efektivity nákupu mobilního radiodiagnostického přístroje*. Kladno. Diplomová práce. 2013. ČVUT – Fakulta biomedicínského inženýrství. Vedoucí práce Ing. Juříčková.
- [15] KUBÁTOVÁ, I. *Využití hodnotového inženýrství u multikriteriálního rozhodování při hodnocení zdravotnické techniky*. Kladno. ČVUT. Disertační práce. 2015. Fakulta biomedicínského inženýrství, obor Biomedicínská a klinická technika.
- [16] WIKIPEDIE. Dostupné z <http://sc.wikipedia.org/wiki/Traumacentrum>
- [17] Věstník MZ ČR. 2009. Dostupné z [http://www.mzcr.cz/Legislativa/obsah/2009\\_1779\\_11.html](http://www.mzcr.cz/Legislativa/obsah/2009_1779_11.html)
- [18] WIKIPEDIE. Dostupné z [https://cs.wikipedia.org/wiki/Fakultn%C3%AD\\_nemocnice\\_v\\_Motole](https://cs.wikipedia.org/wiki/Fakultn%C3%AD_nemocnice_v_Motole)
- [19] SEIDL, Z., A. BURGETOVÁ, E. HOFFMANNOVÁ, M. MAŠEK, M. VANĚČKOVÁ a T. VITÁK. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada Publishing. 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.
- [20] Statistika FN MOTOL, RTG program
- [21] <http://www.overallmedical.ee/assets/solutions/DR9500/DR9500.pdf>
- [22] Místní radiologický standard FN MOTOL
- [23] Zákon č. 137/2006 Sb., o veřejných zakázkách, ve znění pozdějších předpisů. Dostupné z <http://www.portal-vz.cz/getmedia/159c12a2-0827-4fd6-b462-952c55b29590/ZVZ-KZ-transparentni-novela>
- [24] JUŘIČKOVÁ, Ivana. *Jakost, spolehlivost a klinické hodnocení*. ČVUT – Fakulta biomedicínského inženýrství
- [25] ŠPLÍCHALOVÁ, M. *Pořizování zdravotnické techniky z pohledu zadávání veřejných zakázek*. Brno. Bakalářská práce. 2015. Právnická fakulta Masarykovy univerzity, Obor Mezinárodně obchodní právní studia, Katedra obchodního práva.
- [26] Renewal of radiological equipment. Dostupné z:  
[http://80.download.springer.com.dialog.cvut.cz/static/pdf/119/art%253A10.1007%252Fs13244-014-0345-1.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.1007%2Fs13244-014-0345-1&token2=exp=1457555654~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F119%2Fart%25253A10.1007%25252Fs13244-014-0345-1.pdf%3ForiginUrl%3Dhttp%253A%252F%252Flink.springer.com%252Farticle%252F10.1007%252Fs13244-014-0345-1\\*~hmac=6aa3cc3f736c58b0a5b8fd947a023be20b271851f2e6ca89c16c7fc8421c21d5](http://80.download.springer.com.dialog.cvut.cz/static/pdf/119/art%253A10.1007%252Fs13244-014-0345-1.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.1007%2Fs13244-014-0345-1&token2=exp=1457555654~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F119%2Fart%25253A10.1007%25252Fs13244-014-0345-1.pdf%3ForiginUrl%3Dhttp%253A%252F%252Flink.springer.com%252Farticle%252F10.1007%252Fs13244-014-0345-1*~hmac=6aa3cc3f736c58b0a5b8fd947a023be20b271851f2e6ca89c16c7fc8421c21d5)

- [27] JANDOVÁ, Veronika. *Kritéria pro vyřazování zdravotnické techniky*. Kladno: ČVUT. Diplomová práce. 2015. ČVUT, Fakulta biomedicínského inženýrství, Katedra biomedicínské techniky. Vedoucí práce Ing. Iveta Radostová.
- [28] BOROVSÝ, J., DYNAROVÁ, V. *Ekonomika zdravotnických zařízení*. Skripta ČVUT. 2012. ČVUT - Fakulta biomedicínského inženýrství.
- [29] ZLÁMAL, J., BELLOVÁ, J. *Ekonomika zdravotnictví*. Národní centrum ošetrovatelství nelékařských zdravotnických oborů. 2005. ISBN 807-01-3429-1
- [30] KALÁBOVÁ, L. BELLOVÁ, J., ZLÁMAL, J. *Ekonomické předpoklady poskytování zdravotní péče*. 2015. Dostupné z: <http://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2014/06/12.pdf> ÚZIS – Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR. Dostupné z: [www.uzis.cz/rychle-informace/vydaje-na-zdravotnictvi-2010-2014](http://www.uzis.cz/rychle-informace/vydaje-na-zdravotnictvi-2010-2014)
- [31] ÚZIS – Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR. Dostupné z: [www.uzis.cz/rychle-informace/vydaje-na-zdravotnictvi-2010-2014](http://www.uzis.cz/rychle-informace/vydaje-na-zdravotnictvi-2010-2014)
- [32] PHILIPS Healthcare ČR. Dostupné z: <http://www.philips.cz/DigitalDiagnost4.1Specification452299103191.pdf>
- [33] SIEMENS. Dostupné z: <http://www.healthcare.siemens.com/%2Frobotic-x-ray%2Ftwin-robotic-x-ray%2Fmultitom-rax&h=wAQFtlf36>
- [34] AURA Medical s.r.o. Dostupné z: <http://nrtxray.com/p/products/adora/dri>
- [35] PROMEDICA Praha. Dostupné z: [http://www.gmmspa.com/%2Fpage%2Fpagina.aspx%3FID%3DOPERA\\_T002%26L%3DEN&h=wAQFtlf36](http://www.gmmspa.com/%2Fpage%2Fpagina.aspx%3FID%3DOPERA_T002%26L%3DEN&h=wAQFtlf36)
- [36] KNEPPO, P. 2013. *Hodnocení zdravotnických přístrojů. Vybrané kapitoly pro praxi*. Kladno. ČVUT. ISBN 978-80-01-05430-7
- [37] REICHEL, J. *Kapitoly metodologie sociálních výzkumů*. Praha: Grada, 184 s. Sociologie. 2009. ISBN 978-80-247-3006-6.
- [38] KORVINY, P. *Teoretické základy vícekritériálního rozhodování*. Dostupné na [http://korviny.cz/mca7/soubory/teorie\\_mca.pdf](http://korviny.cz/mca7/soubory/teorie_mca.pdf)
- [39] KOUDELKA, J. *Porovnání přístrojů CT a MR ve zdravotnictví v rámci daného města*. Kladno: ČVUT. Diplomová práce. 2011. ČVUT, Fakulta biomedicínského inženýrství, Katedra biomedicínské techniky.
- [40] KORVINY, Petr. Program MCA7, online. Dostupné z : [http://korviny.cz/mca7/mca7\\_download.php](http://korviny.cz/mca7/mca7_download.php)
- [41] Český statistický úřad, dostupné na: [https://www.czso.cz/csu/czso/mira\\_inflace](https://www.czso.cz/csu/czso/mira_inflace)
- [42] ROGALEWICZ, Vladimír. *Hodnocení zdravotnických technologií*. Přednáška ČVUT 2015/2016

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Vznik brzdného záření.....	17
Obrázek 2 Vznik charakteristického RTG záření .....	17
Obrázek 3 Spektrum záření.....	17
Obrázek 4 Kodak DirectView ve vertikální pozici .....	19
Obrázek 5 Kodak DirectView v horizontální pozici .....	20
Obrázek 6 Možné rozvržení snímkovny a ovladovny .....	20
Obrázek 7 Čtečka kazet a kazety FUJI.....	21
Obrázek 8 Philips Digital Diagnost, připraven na snímkování vertikálním paprskem .....	34
Obrázek 9 Philips Digital Diagnost, možná úprava vyšetřovny .....	35
Obrázek 10 Siemens Multitom RAX, 2 robotická ramena .....	36
Obrázek 11 Siemens Multitom RAX, systém zavěšení obotických ramen .....	36
Obrázek 12 Canon Adora DRi, pozice pro snímkování vertikálním paprskem .....	37
Obrázek 13 GMM Opera Swing, možnosti detektoru a rentgenky.....	38
Obrázek 14 GMM Opera Swing, možnost snímkování na RTG nekontrastním lehátku ....	38
Obrázek 15 Použití metody TOPSIS.....	42

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Bodové ohodnocení odborníka.....	40
Tabulka 2 Škála hodnocení.....	41
Tabulka 3 Výsledné hodnoty vah kritérií .....	50
Tabulka 4 Tabulka výchozích hodnot .....	51
Tabulka 5 Normalizovaná kritériální matice .....	51
Tabulka 6 Vážená kritériální matice .....	51
Tabulka 7 Maximalizační a minimalizační matice .....	52
Tabulka 8 Matice vzdálenosti od bazální varianty.....	52
Tabulka 9 Matice vzdálenosti od ideální varianty .....	52
Tabulka 10 Výsledné pořadí metody TOPSIS.....	53
Tabulka 11 Tabulka výsledných hodnot metody TOPSIS a CEA .....	53
Tabulka 12 Míra inflace za rok 2015 dle ČSÚ .....	54
Tabulka 13 Tabulka provedených výkonů za posledních 5 let.....	54
Tabulka 14 Tabulka provedených vyšetření v roce 2015 .....	56
Tabulka 15 Tabulka průměrné měsíční hrubé mzdy .....	57
Tabulka 16 Tabulka nákladů na lidské zdroje .....	57
Tabulka 17 Náklady na servis.....	57
Tabulka 18 Roční náklady na energii.....	58
Tabulka 19 Tabulka návratnosti investice .....	58
Tabulka 20 Doba návratnosti investice.....	58
Tabulka 21 Analýza rizik.....	62

## Seznam grafů

Graf 1 Průměrné váhy dle vedení kliniky .....	46
Graf 2 Hodnocení konstrukčního provedení odborníků z vedení kliniky .....	47
Graf 3 Průměrné váhy dle odborníků technického zaměření .....	47
Graf 4 Hodnocení technického provedení odborníků technického zaměření.....	48
Graf 5 Hodnocení vah dle lékařů .....	48
Graf 6 Hodnocení konstrukčního provedení lékaři .....	49
Graf 7 Průměrné váhy dle radiologických asistentů .....	49
Graf 8 Hodnocení konstrukčního provedení dle radiologických laborantů .....	50
Graf 9 Vývoj počtu provedených výkonů .....	55



# Přílohy

## Příloha 1

### *Členové expertní skupiny*

prof. MUDr. Miroslav Roček Csc.

prim. MUDr. Radek Pádr

Mgr. Tomáš Schilla

Ing. Jan Koudelka

Ing. Daša Chmelová

MUDr. Michal Polovinčák

MUDr. Radim Pavlík

MUDr. Zuzana Bejlková

MUDr. Martin Kysilko

Mgr. Jakub Svačina

Bc. Petra Svobodová

Bc. Házová Andrea

Robin Poděšť

## Příloha 2

### **Dotazníkové šetření**

Dobrý den,

jmenuji se Anna Vosmíková a jsem studentkou Fakulty biomedicínského inženýrství na Kladně, obor Systémová integrace procesů ve zdravotnictví na katedře Biomedicínské a klinické techniky.

Toto dotazníkové šetření se týká vypracování diplomové práce na téma „Hodnocení efektivity nákupu nového traumatologického RTG přístroje ve FNM“, kde pracuji.

Přístroj je využíván pro snímkování úrazů, pracoviště je umístěno naproti urgentnímu příjmu.

Snímkování na tomto pracovišti má různá specifika.

Při snímkování polytraumat je zde důležitá časová úspora a znemožněná mobilita pacienta, způsobená, jak bolestivostí, tak např. podezřením na úraz páteře.

Děkuji za spolupráci!

### **Hodnocená kritéria**

- Konstrukční provedení
- Nosnost RTG stolu – v závislosti na tom, že minimum je 225kg
- Cena servisu
- Rychlost servisu
- DQE – Detekční kvantová účinnost, vyjádřeno v %, kolik fotonů se detekuje po průchodu vyšetřovanou oblastí, „senzitivita detektoru“, nepřímou ovlivňuje radiační dávku

Jak je důležité konstrukční provedení oproti nosnosti RTG stolu?

- Kritéria jsou **stejně významná**
- První kritérium je **slabě významnější** než druhé
- První kritérium je **silně významnější** než druhé
- První kritérium je **velmi silně významnější** než druhé
- První kritérium je **absolutně významnější** než druhé
- Druhé kritérium je **slabě významnější** než první
- Druhé kritérium je **silně významnější** než první
- Druhé kritérium je **velmi silně významnější** než první
- Druhé kritérium je **absolutně významnější** než první

Jak je důležitá nosnost stolu oproti ceně servisu?

- Kritéria jsou **stejně významná**
- První kritérium **je slabě významnější** než druhé
- První kritérium **je silně významnější** než druhé
- První kritérium **je velmi silně významnější** než druhé
- První kritérium **je absolutně významnější** než druhé
- Druhé kritérium **je slabě významnější** než první
- Druhé kritérium **je silně významnější** než první
- Druhé kritérium **je velmi silně významnější** než první
- Druhé kritérium **je absolutně významnější** než první

Jak je důležité konstrukční provedení oproti ceně servisu?

- Kritéria jsou **stejně významná**
- První kritérium **je slabě významnější** než druhé
- První kritérium **je silně významnější** než druhé
- První kritérium **je velmi silně významnější** než druhé
- První kritérium **je absolutně významnější** než druhé
- Druhé kritérium **je slabě významnější** než první
- Druhé kritérium **je silně významnější** než první
- Druhé kritérium **je velmi silně významnější** než první
- Druhé kritérium **je absolutně významnější** než první

Jak je důležitá nosnost stolu oproti DQE?

- Kritéria jsou **stejně významná**
- První kritérium **je slabě významnější** než druhé
- První kritérium **je silně významnější** než druhé
- První kritérium **je velmi silně významnější** než druhé
- První kritérium **je absolutně významnější** než druhé
- Druhé kritérium **je slabě významnější** než první
- Druhé kritérium **je silně významnější** než první
- Druhé kritérium **je velmi silně významnější** než první
- Druhé kritérium **je absolutně významnější** než první

Jak je důležité konstrukční provedení oproti rychlosti servisu?

- Kritéria jsou **stejně významná**
- První kritérium **je slabě významnější** než druhé
- První kritérium **je silně významnější** než druhé
- První kritérium **je velmi silně významnější** než druhé
- První kritérium **je absolutně významnější** než druhé
- Druhé kritérium **je slabě významnější** než první
- Druhé kritérium **je silně významnější** než první
- Druhé kritérium **je velmi silně významnější** než první

- Druhé kritérium **je absolutně významnější** než první

Jak je důležitá cena servisu oproti rychlosti servisu?

- Kritéria jsou **stejně významná**
- První kritérium **je slabě významnější** než druhé
- První kritérium **je silně významnější** než druhé
- První kritérium **je velmi silně významnější** než druhé
- První kritérium **je absolutně významnější** než druhé
- Druhé kritérium **je slabě významnější** než první
- Druhé kritérium **je silně významnější** než první
- Druhé kritérium **je velmi silně významnější** než první
- Druhé kritérium **je absolutně významnější** než první

Jak je důležité konstrukční provedení oproti DQE?

- Kritéria jsou **stejně významná**
- První kritérium **je slabě významnější** než druhé
- První kritérium **je silně významnější** než druhé
- První kritérium **je velmi silně významnější** než druhé
- První kritérium **je absolutně významnější** než druhé
- Druhé kritérium **je slabě významnější** než první
- Druhé kritérium **je silně významnější** než první
- Druhé kritérium **je velmi silně významnější** než první
- Druhé kritérium **je absolutně významnější** než první

Jak je důležitá cena servisu oproti DQE?

- Kritéria jsou **stejně významná**
- První kritérium **je slabě významnější** než druhé
- První kritérium **je silně významnější** než druhé
- První kritérium **je velmi silně významnější** než druhé
- První kritérium **je absolutně významnější** než druhé
- Druhé kritérium **je slabě významnější** než první
- Druhé kritérium **je silně významnější** než první
- Druhé kritérium **je velmi silně významnější** než první
- Druhé kritérium **je absolutně významnější** než první

Jak je důležitá rychlost servisu oproti DQE?

- Kritéria jsou **stejně významná**
- První kritérium **je slabě významnější** než druhé
- První kritérium **je silně významnější** než druhé
- První kritérium **je velmi silně významnější** než druhé
- První kritérium **je absolutně významnější** než druhé
- Druhé kritérium **je slabě významnější** než první

- Druhé kritérium **je silně významnější** než první
- Druhé kritérium **je velmi silně významnější** než první
- Druhé kritérium **je absolutně významnější** než první

Jak je důležité DQE oproti konstrukčnímu provedení?

- Kritéria jsou **stejně významná**
- První kritérium **je slabě významnější** než druhé
- První kritérium **je silně významnější** než druhé
- První kritérium **je velmi silně významnější** než druhé
- První kritérium **je absolutně významnější** než druhé
- Druhé kritérium **je slabě významnější** než první
- Druhé kritérium **je silně významnější** než první
- Druhé kritérium **je velmi silně významnější** než první
- Druhé kritérium **je absolutně významnější** než první

Jak je důležitá nosnost stolu oproti rychlosti servisu?

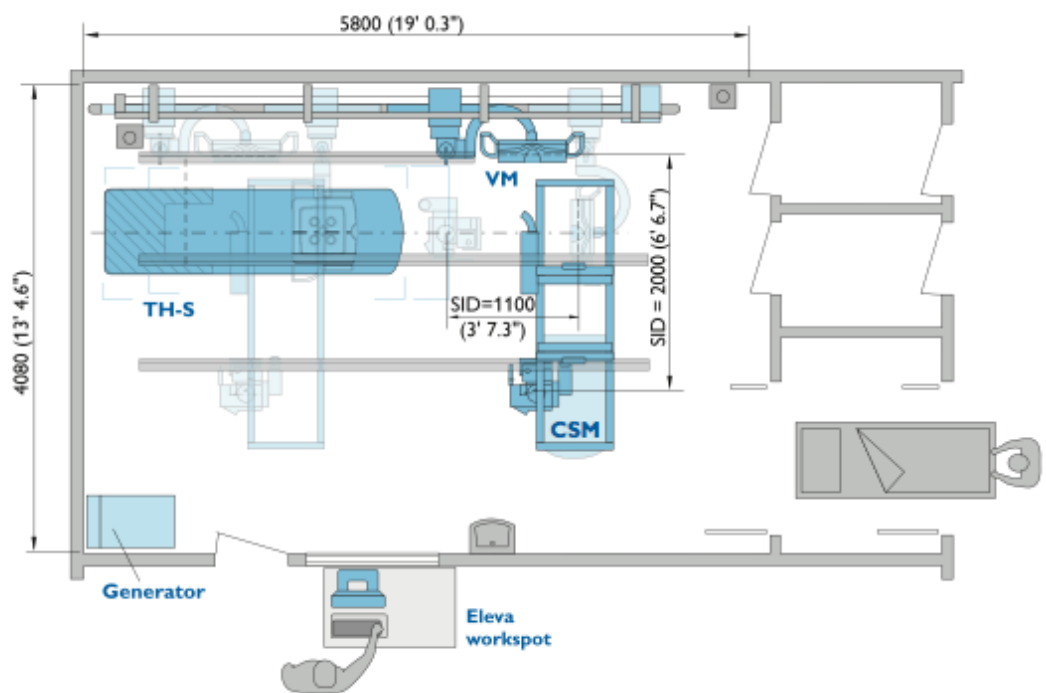
- Kritéria jsou **stejně významná**
- První kritérium **je slabě významnější** než druhé
- První kritérium **je silně významnější** než druhé
- První kritérium **je velmi silně významnější** než druhé
- První kritérium **je absolutně významnější** než druhé
- Druhé kritérium **je slabě významnější** než první
- Druhé kritérium **je silně významnější** než první
- Druhé kritérium **je velmi silně významnější** než první
- Druhé kritérium **je absolutně významnější** než první

Jak je důležité DQE oproti rychlosti servisu?

- Kritéria jsou **stejně významná**
- První kritérium **je slabě významnější** než druhé
- První kritérium **je silně významnější** než druhé
- První kritérium **je velmi silně významnější** než druhé
- První kritérium **je absolutně významnější** než druhé
- Druhé kritérium **je slabě významnější** než první
- Druhé kritérium **je silně významnější** než první
- Druhé kritérium **je velmi silně významnější** než první
- Druhé kritérium **je absolutně významnější** než první

Dále prosím o zhodnocení konkrétních typů konstrukčního provedení:

1,



2,



3,





4,



Prosím o zhodnocení na stupnici 1-10 (10 nejlepší, 1 nejhorší)

1.	
2.	
3.	
4.	

## Příloha 3

### Saatyho matice

Expert 1												
	KONSTRUKČNÍ NOSNOST		CENA SERVIS RYCHLOST SE DQE			součin	geom.průměr váhy					
KONSTRUKČNÍ NOSNOST	1	9	7	3	1	189,00	2,85293818	0,38	0,32	PHILIPS	5	4,2
NOSNOST	1/9	1	1/9	1/9	1/9	0,00	0,17242729	0,02	0,02	SIEMENS	8	6,72
CENA SERVIS RYCHLOST SE	1/7	9	1	1/9	1/3	0,05	0,54394644	0,07	0,06	ADORA	8	6,72
DQE	1	9	3	1	1	27,00	1,93318204	0,26	0,22	GMM	2	1,68
							7,435676					

Expert 2												
	KONSTRUKČNÍ NOSNOST		CENA SERVIS RYCHLOST SE DQE			součin	geom.průměr váhy					
KONSTRUKČNÍ NOSNOST	1	9	1	1/3	1	3,00000	1,24573094	0,19	0,17	PHILIPS	5	4,6
NOSNOST	1/9	1	1/3	1/5	1/5	0,00148	0,27173104	0,04	0,04	SIEMENS	6	5,52
CENA SERVIS RYCHLOST SE	1	3	1	1/5	1/7	0,08571	0,61180165	0,09	0,08	ADORA	7	6,44
DQE	1	5	7	1/3	1	225,00000	2,95417694	0,44	0,40	GMM	5	4,6
							11,66667	1,63451668	0,24	0,22		
							6,71795725					

Expert 3												
	KONSTRUKČNÍ NOSNOST		CENA SERVIS RYCHLOST SE DQE			součin	geom.průměr váhy					
KONSTRUKČNÍ NOSNOST	1	9	7	1	3	189,00	2,85293818	0,38	0,29	PHILIPS	6	4,56
NOSNOST	1/9	1	1	1/9	1/7	0,00	0,28137363	0,04	0,03	SIEMENS	10	7,6
CENA SERVIS RYCHLOST SE	1/7	1	1	1/9	7	0,11	0,64439401	0,09	0,07	ADORA	8	6,08
DQE	1/3	7	1/7	1/3	1	243,00	3	0,40	0,31	GMM	2	1,52
							0,11	0,64439401	0,09	0,07		
							7,42309983					

Expert 4												
	KONSTRUKČNÍ NOSNOST		CENA SERVIS RYCHLOST SE DQE			součin	geom.průměr váhy					
KONSTRUKČNÍ NOSNOST	1	9	9	7	7	3969,00	5,24488801	1,39	1,11	PHILIPS	6	4,8
NOSNOST	1/9	1	5	1/7	1/3	0,03	0,48361709	0,13	0,10	SIEMENS	9	7,2
CENA SERVIS RYCHLOST SE	1/9	1/5	1	1/9	1/5	0,00	0,2181298	0,06	0,05	ADORA	8	6,4
DQE	1/7	7	9	1	7	63,00	2,29017205	0,61	0,48	GMM	7	5,6
							0,31	0,78918539	0,21	0,17		
							3,78110432					

Expert 5												
	KONSTRUKČNÍ NOSNOST		CENA SERVIS RYCHLOST SE DQE			součin	geom.průměr váhy					
KONSTRUKČNÍ NOSNOST	1	9	9	1	1	81,00	2,40822469	0,37	0,33	PHILIPS	5	4,5
NOSNOST	1/9	1	5	1/3	1	0,19	0,71370912	0,11	0,10	SIEMENS	10	9
CENA SERVIS RYCHLOST SE	1/9	1/5	1	1/7	1/5	0,00	0,22937384	0,03	0,03	ADORA	9	8,1
DQE	1	1	5	1	1	21,00	1,83841629	0,28	0,25	GMM	6	5,4
							5,00	1,37972966	0,21	0,19		
							6,5694536					

Expert 6												
	KONSTRUKČNÍ NOSNOST		CENA SERVIS RYCHLOST SE DQE			součin	geom.průměr váhy					
KONSTRUKČNÍ NOSNOST	1	7	5	1	1/3	11,67	1,63451668	0,25	0,21	PHILIPS	6	4,92
NOSNOST	1/7	1	1/3	1/3	1/5	0,00	0,31647389	0,05	0,04	SIEMENS	9	7,38
CENA SERVIS RYCHLOST SE	1/5	3	1	1/3	1/3	0,07	0,58181076	0,09	0,07	ADORA	9	7,38
DQE	3	5	3	3	1	3,00	1,24573094	0,19	0,16	GMM	7	5,74
							135,00	2,66726861	0,41	0,34		
							6,44580088					

Expert 7						0,9						
	KONSTRUKČNÍ	NOSNOST	CENA SERVIS	RYCHLOST SE	DQE	součin	geom.průměr váhy					
KONSTRUKČNÍ	1	9	5	5	1	225,00	2,95417694	0,39	0,35	PHILIPS	4	3,6
NOSNOST	1/9	1	1/5	1/7	1/9	0,00	0,20393388	0,03	0,02	SIEMENS	10	9
CENA SERVIS	1/5	5	1	1/5	1/5	0,04	0,52530556	0,07	0,06	ADORA	8	7,2
RYCHLOST SE	1/5	7	5	1	1/3	2,33	1,18466445	0,16	0,14	GMM	6	5,4
DQE	1	9	5	3	1	135,00	2,66726861	0,35	0,32			
							7,53534944					

Expert 8						1						
	KONSTRUKČNÍ	NOSNOST	CENA SERVIS	RYCHLOST SE	DQE	součin	geom.průměr váhy					
KONSTRUKČNÍ	1	9	7	1	7	441,00	3,37977445	0,44	0,44	PHILIPS	8	
NOSNOST	1/9	1	1/9	1/9	1/7	0,00	0,18131548	0,02	0,02	SIEMENS	10	
CENA SERVIS	1/7	9	1	1/5	1/5	0,05	0,55238375	0,07	0,07	ADORA	7	
RYCHLOST SE	1	9	5	1	1	45,00	2,14112737	0,28	0,28	GMM	8	
DQE	1/7	7	5	1	1	5,00	1,37972966	0,18	0,18			
							7,6343307					

Expert 9						1						
	KONSTRUKČNÍ	NOSNOST	CENA SERVIS	RYCHLOST SE	DQE	součin	geom.průměr váhy					
KONSTRUKČNÍ	1	7	5	3	5	525,00	3,49970841	0,45	0,45	PHILIPS	6	
NOSNOST	1/7	1	7	1/7	1/9	0,02	0,43664842	0,06	0,06	SIEMENS	8	
CENA SERVIS	1/5	1/7	1	1/7	1/5	0,00	0,24119749	0,03	0,03	ADORA	6	
RYCHLOST SE	1/3	7	7	1	5	81,67	2,41217585	0,31	0,31	GMM	4	
DQE	1/5	9	5	1/5	1	1,80	1,12474611	0,15	0,15			
							7,71447628					

Expert 10						0,92						
	KONSTRUKČNÍ	NOSNOST	CENA SERVIS	RYCHLOST SE	DQE	součin	geom.průměr váhy					
KONSTRUKČNÍ	1	9	9	1	1	81,00	2,40822469	0,31	0,29	PHILIPS	7	6,44
NOSNOST	1/9	1	1/9	1/9	1/9	0,00	0,17242729	0,02	0,02	SIEMENS	10	9,2
CENA SERVIS	1/9	9	1	1/7	1/9	0,02	0,43664842	0,06	0,05	ADORA	9	8,28
RYCHLOST SE	1	9	7	1	1	63,00	2,29017205	0,30	0,27	GMM	7	6,44
DQE	1	9	9	1	1	81,00	2,40822469	0,31	0,29			
							7,71569712					

Expert 11						0,84						
	KONSTRUKČNÍ	NOSNOST	CENA SERVIS	RYCHLOST SE	DQE	součin	geom.průměr váhy					
KONSTRUKČNÍ	1	9	7	1	3	189,00	2,85293818	0,38	0,32	PHILIPS	9	7,56
NOSNOST	1/9	1	1/5	1/9	1/5	0,00	0,2181298	0,03	0,02	SIEMENS	8	6,72
CENA SERVIS	1/7	5	1	1/5	1/3	0,05	0,54394644	0,07	0,06	ADORA	8	6,72
RYCHLOST SE	1	9	5	1	5	225,00	2,95417694	0,39	0,33	GMM	7	5,88
DQE	1/3	5	3	1/5	1	1,00	1	0,13	0,11			
							7,56919136					

Expert 12						0,84						
	KONSTRUKČNÍ	NOSNOST	CENA SERVIS	RYCHLOST SE	DQE	součin	geom.průměr váhy					
KONSTRUKČNÍ	1	9	1/7	1/3	3	1,29	1,0515475	0,15	0,12	PHILIPS	9	7,56
NOSNOST	1/9	1	1/9	1/7	1/5	0,00	0,20393388	0,03	0,02	SIEMENS	9	7,56
CENA SERVIS	7	9	1	1/5	1/5	2,52	1,20304011	0,17	0,14	ADORA	6	5,04
RYCHLOST SE	3	7	5	1	7	735,00	3,74332442	0,52	0,43	GMM	4	3,36
DQE	1/3	5	5	1/7	1	1,19	1,03548579	0,14	0,12			
							7,2373317					

Expert 13													
	KONSTRUKČNÍ NOSNOST		CENA SERVIS		RYCHLOST SE DQE		součin	geom.průměrná váhy		0,92	PHILIPS	8	7,36
KONSTRUKČNÍ NOSNOST	1	7	7	1	1/5	1/5	9,80	1,57850229	0,20	0,19	SIEMENS	10	9,2
NOSNOST	1/7	1	1/9	1/7	1/7	1/7	0,00	0,20048998	0,03	0,02	ADORA	6	5,52
CENA SERVIS	1/7	9	1	1/7	1/7	1/7	0,03	0,48282492	0,06	0,06	GMM	4	3,68
RYCHLOST SE	1	7	7	1	1/3	1/3	16,33	1,748296	0,23	0,21			
DQE	5	7	7	3	1	1	735,00	3,74332442	0,48	0,44			
								7,75343762					