

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**

Zdravotně sociální fakulta

# **Bakalářská práce**

**2008**

**Erich Radmacher**

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zdravotně sociální fakulta



**OPTIMALIZACE PARAMETRŮ RTG PRACOVIŠTĚ  
V ZÁVISLOSTI NA TYPU PRACOVIŠTĚ**

**Bakalářská práce**

Vedoucí práce: Doc.MUDr.Martin Köcher,Ph.D.

Autor: Erich Radmacher

9. 5. 2008

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedené v seznamu použité literatury.

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

V Samotiškách, 9. 5. 2008 .....

Erich Radmacher

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Doc. MUDr. Martinu Köcherovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi při psaní bakalářské práce poskytl.

Paní Mgr. Janě Zapletalové, Dr. za pomoc při zpracování statistických dat.

Rovněž tímto děkuji panu Otokaru Vojtíškovi, prom. fyz. za zapůjčení odborné literatury a poskytnuté konzultace.

.

V Samotiškách 9. 5. 2008

## **Abstrakt**

Optimalizace parametrů RTG přístroje v závislosti na typu pracoviště.

Přes rychlý vývoj moderních zobrazovacích metod, zůstává skiografie základem radio-diagnostiky. Jednotlivá skiografická pracoviště potřebují pro svůj bezproblémový provoz odpovídající přístrojové vybavení. Parametry RTG přístroje musí být v souladu s druhem a počtem prováděných výkonů.

V první části se práce zabývá skiografickým RTG přístrojem a jeho jednotlivými konstrukčními celky, včetně principu jejich funkce, nezbytným RTG nářadím a pomůckami. Dále je vysvětlen vznik RTG obrazu ve filmové a digitální skiografii.

V další části práce je prezentováno provedené dotazníkové šetření. Účelem šetření bylo získat údaje o charakteru různých typů skiografických pracovišť a používaných RTG přístrojích. Získaná kvalitativní a kvantitativní statistická data jsou uvedena a je vyhodnocen vliv jednotlivých parametrů přístroje na průchodnost pracoviště s přihlédnutím k hodnocení přístrojů jejich uživateli. Na základě počtu expozic a dalších údajů jsou stanoveny základní typy pracoviště.

V závěru je navržena optimální konfigurace parametrů RTG přístrojů pro jednotlivé typy pracovišť. Práce by mohla sloužit k orientaci členů výběrové komise při nákupu nových přístrojů.

## **Abstract**

### **X-ray Unit Parameters Optimisation Based on the Laboratory Type**

Despite the rapid development of modern imaging methods, the radiography has remained the basic tool in radiodiagnostics. Individual radiography laboratories need adequate instrumentation for their flawless operation. The parameters of an X-ray unit must correspond to the type and quantity of its output required.

The first part of the dissertation describes an X-ray unit and its individual structural units, including their principle of function. The necessary X-ray equipment and tools are also described, as well as the generation of a radiographic image in film and digital radiography.

The next part of the dissertation presents the questionnaire inquiry performed. The objective of the inquiry was to obtain data on the specifics of various types of radiographic laboratories and the X-ray units used. The qualitative and quantitative statistical data obtained are presented, and the effects of the unit's various parameters on the laboratory's workflow are evaluated, taking the users' judgement of the instruments into account. On the basis of the number of exposures and other data, the basic types of radiography laboratories are specified.

In conclusion, the optimum configuration of the parameters of an X-ray unit for individual types of laboratories is proposed. The work could serve as an aid for the orientation of the selection committee when purchasing a new unit.

Key words:

X-ray unit

X-ray laboratory

Parameters of the unit

Laboratory workflow

Statistical test

## Obsah:

Úvod .....	8
<b>1. Současný stav .....</b>	<b>9</b>
1.1. <i>Přehled použití RTG přístrojů .....</i>	9
1.2. <i>RTG přístroje používané v humánní medicíně .....</i>	9
1.3. <i>RTG skiagrafický přístroj .....</i>	9
1.4. <i>Rentgenový zářič .....</i>	10
1.4.1. <i>Rentgenka .....</i>	10
1.4.1.1. <i>Katoda .....</i>	11
1.4.1.2. <i>Anoda .....</i>	11
1.4.2. <i>Kryt rentgenky .....</i>	12
1.4.3. <i>Primární clona .....</i>	12
1.5. <i>Generátor vysokého napětí .....</i>	13
1.5.1. <i>Transformátor .....</i>	13
1.5.2. <i>Usměrňovač napětí .....</i>	14
1.5.3. <i>Ovladač .....</i>	15
1.6. <i>RTG nářadí .....</i>	15
1.6.1. <i>Stativ .....</i>	16
1.6.2. <i>Snímkovací stůl .....</i>	16
1.6.3. <i>Snímkovací stojany .....</i>	17
1.7. <i>Sekundární clony .....</i>	17
1.8. <i>RTG pomůcky .....</i>	18
1.9. <i>Vznik RTG obrazu .....</i>	18
1.9.1. <i>Rozlišovací schopnost RTG obrazu .....</i>	19
1.9.2. <i>Faktory ovlivňující kvalitu a kvantitu RTG záření .....</i>	20
1.9.3. <i>Optická hustota .....</i>	21
1.9.4. <i>Filmová skiografie .....</i>	21
1.9.5. <i>Negatoskop .....</i>	22

1.9.6.	<i>Digitální skiografie</i>	22
1.9.7.	<i>Nepřímá digitalizace</i>	22
1.9.8.	<i>Přímá digitalizace</i>	23
1.9.9.	<i>Diagnostický monitor</i>	24
1.10.	<i>Zabezpečení kvality RTG přístrojů v provozu</i>	24
<b>2.</b>	<b>Cíl práce a hypotéza</b>	26
<b>3.</b>	<b>Metodika</b>	27
3.1.	<i>Dotazníkové šetření</i>	27
<b>4.</b>	<b>Výsledky</b>	29
4.1.	<i>Údaje získané dotazníkovým šetřením</i>	29
4.2.	<i>Posouzení závislosti počtu exp. na vybraných charakteristikách přístroje..</i>	37
4.2.1.	<i>Vliv nepřímé digitalizace na počet expozic</i>	37
4.2.2.	<i>Vliv typu závěsu na počet expozic</i>	38
4.2.3.	<i>Vliv multipulsního generátoru na počet expozic</i>	40
4.2.4.	<i>Vliv výkonu generátoru na počet expozic</i>	41
4.2.5.	<i>Vliv typu clony na počet expozic</i>	43
4.2.6.	<i>Vliv přímé digitalizace na počet expozic</i>	45
4.2.7.	<i>Vliv elevace stolu na počet expozic</i>	45
4.2.8.	<i>Vliv synchronizace sekundární clony na počet expozic</i>	45
4.2.9.	<i>Vliv DAP metru na počet expozic</i>	47
4.2.10.	<i>Vliv expoziční automatiky na počet expozic</i>	47
4.2.11.	<i>Vliv orgánové automatiky na počet expozic</i>	49
4.3.	<i>Stanovení typů pracoviště</i>	50
4.4.	<i>Návrh vybavení jednotlivých typů pracoviště</i>	51
<b>5.</b>	<b>Diskuse</b>	55
<b>6.</b>	<b>Závěr</b>	57
<b>7.</b>	<b>Seznam použité literatury</b>	58
<b>8.</b>	<b>Klíčová slova</b>	60
<b>9.</b>	<b>Seznam příloh</b>	61



## Úvod

I po 113 letech od objevu RTG záření (8. 11. 1895), a přes rychlý rozvoj jiných zobrazovacích metod, zůstává skiografie základní metodou radiodiagnostiky. Jednou z nezbytných podmínek pro bezproblémové fungování skiografického pracoviště je odpovídající přístrojové vybavení. V současnosti je v rámci zdravotnických zařízení v provozu mnoho typů skiografických pracovišť. Jednotlivá pracoviště se liší počtem a skladbou prováděných výkonů. Zejména u vysoce vytížených vyšetřoven může být nevhodně zvolený RTG přístroj zdrojem nežádoucích komplikací, které se negativně projeví na výkonnosti tohoto pracoviště. Naopak existují pracoviště, která jsou vytížená jen minimálně, avšak z různých důvodů je nelze jednoduše zrušit. Vybavit takovouto vyšetřovnu RTG snímkovacím kompletem pro nepřetržitý provoz by bylo pravděpodobně z ekonomického hlediska nevýhodné. V některých zdravotnických zařízeních jsou provozována i pracoviště, která jsou více či méně specializovaná na určitý druh RTG vyšetření. Zde je výhodné používat RTG přístroj, který je pro tuto specializaci určen nebo přizpůsoben. Při zřizování nového nebo modernizaci stávajícího skiografického pracoviště je důležité správně vyhodnotit množství a druh výkonů, které zde budou prováděny, a zvolit RTG přístroj s nejvýhodnější kombinací parametrů. Je třeba zohlednit nejen náklady na pořízení a provoz tohoto přístroje, ale i uvážit, zda by účelným nákupem výkonného přístroje nebylo možné snížit pracovní zátěž zaměstnanců.

Jako radiologický asistent bych rád přispěl k vytvoření přehledu hlavních požadavků na přístrojové vybavení jednotlivých typů skiografických pracovišť. Při psaní této práce jsem se pokusil využít své zkušenosti i zkušenosti svých kolegů. Věřím, že výsledky mého výzkumu budou přínosné pro orientaci zadavatelů zakázek a členů výběrové komise, kteří mají za úkol nákup nových RTG přístrojů.

## **1. Současný stav**

### **1.1. Přehled použití RTG přístrojů**

V současnosti nalezly RTG přístroje uplatnění v mnoha oborech lidské činnosti. Přístroje pro technické účely jsou využívány zejména v defektoskopii, existuje řada typů bezpečnostních rentgenů, RTG záření se uplatňuje například i při průmyslové těžbě diamantů. Velké množství RTG přístrojů je používáno ve veterinární a humánní medicíně.

### **1.2. RTG přístroje používané v humánní medicíně**

Přístroje pro humánní medicínu lze podle účelu rozdělit na přístroje diagnostické - pro skiaskopii, skiagrafii, kostní denzitometrii a CT přístroje a přístroje terapeutické - ozařovací. Skiaskopické přístroje je možno dále rozdělit podle způsobu použití na sklopné stěny pro vyšetření GIT, angiografické linky pro kardiologii a vaskulární radiologii, a pojízdné přístroje pro práci na operačních sálech traumatologie, ortopedie, cévní chirurgie atd. Většina skiaskopických přístrojů včetně pojízdných disponuje možností provést skiagrafický snímek a dále má velké množství různých funkcí, jako je možnost vyšetření v DSA módu aj. Skiagrafické rentgeny slouží ke snímkování skeletu a orgánů. Některé přístroje jsou navíc vybaveny možností provádět klasickou tomografií. Zvláštní skupinu tvoří zubní rentgeny a mamografy. Tyto přístroje se liší konstrukcí stativu i rentgenky. Existují také pojízdné přístroje pro snímkování pacientů na odděleních.

### **1.3. RTG skiagrafický přístroj**

Skiagrafický přístroj slouží ke zhotovení statického RTG obrazu skeletu, a orgánů pomocí záznamového média. Podle použitého záznamového média jde buď o obraz digitální nebo, snímkuje-li na film, o obraz analogový. Se způsobem záznamu také souvisí možnost dalšího zpracování - tzv. postprocesing - a způsob archivace dat. Zdrojem RTG záření je zářič, který je fixován prostřednictvím stativu a propojen s generátorem pomocí vysokonapěťových kabelů. Svazek záření je vymezen pomocí primární clony. K ovládání generátoru slouží ovladač, který může být vybaven expoziční, případně orgá-

novou automatikou. K provozu RTG vyšetřovny je dále nezbytný snímkovací stůl, vertigraf a různé pomůcky. U přístrojů vyrobených po roce 2002 je zákonem dána povinnost používat DAP (Dose Area Product) metr. Nová rentgenová zařízení musí být vyba-vena tam, kde je to z technických důvodů možné, přidruženým zařízením a příslušen-ství, která poskytnou kvantitativní informaci o ozáření, jemuž je vystavena vyšetřova-ná osoba <sup>(15, 26)</sup>.

#### **1.4. Rentgenový zářič**

Zářič obsahuje rentgenku uloženou v krytu rentgenky. Samotná rentgenová lam-pa je evakuovaná trubice, která osahuje dvě elektrody - katodu a anodu.

##### **1.4.1. Rentgenka**

Rentgenka je zdrojem brzdného a charakteristického záření. Brzdné záření vzni-ká během brzdění urychlených elektronů v elektrickém poli atomových jader. V důsledku zákona o zachování energie zde dochází k přeměně kinetické energie elek-tronů v jiné formy energie. Malá část přebytečné energie je vyzářena ve formě fotonů elektromagnetického záření. Účinnost přeměny energie letících elektronů na brzdné záření je velice malá. Pro elektrony urychlené napětím 100 KV je přibližně 0,9 %. Zbý-vajících 99 % energie se přemění na teplo, což způsobuje potíže s přehříváním rentgen-ky.

Brzdné záření má spojitě spektrum. Při interakcích elektronů v atomovém obalu vzniká vedle záření brzdného také záření charakteristické. K jeho vzniku dojde, pokud se dopadající elektron srazí s některým elektronem z obalu atomu v materiálu anody. Pokud je energie dopadajícího elektronu vyšší než vazebná energie elektronu v obalu na některé slupce, dojde k vyražení tohoto elektronu z atomového obalu. Takto uvolněné místo je obsazeno elektronem z vyšší slupky a přebytečná energie je vyzářena ve formě charakteristického záření. Jelikož rozdíly mezi jednotlivými slupkami jsou pro každý prvek charakteristické, je spektrum charakteristického záření čárové. Podíl charakter-istického záření roste s rostoucí energií dopadajících elektronů, což souvisí s vazebnými energiemi v obalu.

#### ***1.4.1.1. Katoda***

Katoda je zde zdrojem elektronů, které jsou tepelně emitovány žhavením wolframového vlákna pomocí protékajícího proudu o velikosti řádově jednotek ampér a napětí kolem deseti voltů na teplotu 2 000 až 2 700 °C. Dvouohniskové rentgenky mají dvě vlákna. Mimo expozici je katoda podžhavená z důvodu šetření vlákna. Kolem vlákna je fokusační elektroda, která má záporný náboj. Může mít tvar misky nebo dutého válce – Wehneltův válec. Úkolem této elektrody je soustředit svazek elektronů do malého ohniska na povrchu anody. Velikost ohniska má značný vliv na kvalitu obrazu. Množství emitovaných elektronů lze ovlivnit jednak velikostí žhavicího proudu, anebo volbou času, po kterou je žhaveno vlákno. V praxi se používá takzvané elektrické množství, což je součin proudu a času – mAs.

#### ***1.4.1.2. Anoda***

Po připojení vysokého napětí dojde k urychlení elektronů uvolněných z katody, směrem k anodě. Přibližně jedno procento kinetické energie urychlených elektronů je během brzdění v polích jader atomů materiálu anody přeměněno na brzdné a charakteristické záření. Zbývající energie je vyzářena ve formě tepla. Nejjednodušší rentgenky mají pevnou anodu, teplo vzniklé při dopadu elektronů je odváděno prostřednictvím měděné tyče. Takové rentgenky jsou využívány tam, kde nejsou kladeny vysoké nároky na tepelnou kapacitu anody. Naprostá většina diagnostických rentgenek je opatřena rotační anodou ve tvaru masivního disku se zkosenými hranami. Úhlem zkosení je dána velikost efektivního ohniska. U rentgenek pro běžnou skiografii se používají úhly 12 – 19°. Pomocí rotace je zde docíleno rovnoměrného rozložení tepelné zátěže po odvodu rentgenky. Rychlost rotace se pohybuje od asi 3 000 do 10 000 otáček za minutu<sup>(8)</sup>. Na anodě jsou tři druhy ohnisek. Elektrické ohnisko je plocha, na kterou dopadají elektrony emitované katodou. V případě rotační anody jde o ohniskovou dráhu. Tepelné ohnisko je oblast, ve které se během expozice vytváří teplo. Optické ohnisko je elektrické ohnisko pozorované ze směru centrálního paprsku. Velikost optického ohniska má významný vliv na geometrickou neostrost RTG obrazu.

Materiálem používaným pro výrobu anody je nejčastěji wolfram nebo jeho slitina s rheniem. Legování rheniem zlepšuje odolnost proti povrchovému poškození. Pro mamografii se používají anody s molybdenem nebo rhodiem. Tyto materiály poskytují rentgenové záření o nízké energii, která je vhodná pro vyšetření měkkých tkání. Tepelné zatížení ohniska je v pro skiagrafické rentgenky v řádu stovek  $W/mm^2$ . Wolfram má bod tání  $3380\text{ }^\circ C$ . To umožňuje zahřívání anody na velmi vysokou teplotu. Tepelná zátížitelnost anody je udávána v tepelných jednotkách - Heat Unit.  $1\text{ HU} = 0,745\text{ J}$ . Na počet expozic, které lze uskutečnit za určitou dobu, aniž by docházelo k přehřátí rentgeny, má vliv také rychlost odvádění tepla. Účinnost chlazení může tedy vyvažovat nedostačnou tepelnou kapacitu anody.

#### **1.4.2. Kryt rentgenky**

Kryt rentgenky je obvykle vyroben z lehké slitiny. RTG záření se během expozice šíří z ohniska anody všemi směry, proto je kryt ve střední části vybaven olověným stíněním. Úkolem tohoto stínění je odstínit rentgenové záření, které neprojde výstupním okénkem. Únikové záření z krytu rentgenky naměřené 1 m od ohniska nemá přesáhnout hodnotu  $1\text{ mGy/hod}$  při maximálním příkonu specifikovaném výrobcem pro danou rentgenku. Rentgenka je uložena v olejové lázni. Prostřednictvím přirozené, nebo nucené cirkulace tohoto oleje je teplo odváděno do krytu rentgenky a odtud do volného prostoru. Tepelná roztažnost oleje je kompenzována gumovou nebo kovovou membránou. V krytu rentgenky je umístěno výstupní okénko. Toto okénko je zpravidla zhotoveno z beryliového skla, které se vyznačuje minimální absorpcí záření, což je důležité zejména v mamografii. Součástí krytu rentgenky jsou průchodky pro vysokonapěťové kabely, pouzdra přídavné filtrace, držák primární clony, závěs a ložiska rotoru anody. Po obvodu jsou takzvané brýle, které slouží k uchycení zářiče na stativ. Důležitou funkcí krytu je v neposlední řadě ochrana rentgenky před mechanickým poškozením.

#### **1.4.3. Primární clona**

Primární clona vymezuje svazek záření. Velikost pole, které má být ozářeno, je dána velikostí vyšetřovaného orgánu, případně jeho diagnostikované části. Přesným

vymezením pole je minimalizována radiační zátěž pacienta a omezeno množství sekundárního záření, které by zbytečně zhoršovalo kvalitu snímku. Primární clona je skompletována s RTG zářičem. Obsahuje dva páry olověných lamel, které se pohybují ve dvou rovinách nad sebou kolmých k ose svazku. Lamely se umísťují v určité vzdálenosti od ohniska, aby byla omezena velikost polostínu. Některé přístroje mohou být vybaveny také IRIS clonou. Součástí primární clony je světelná indikace velikosti pole se záměrným křížem. Tento kříž bývá u některých přístrojů realizován pomocí laserového paprsku. Uvnitř clony je mimo svazek záření umístěn zdroj světla a ve svazku je vloženo nakloněné zrcátko. Záření prochází zrcadlem, které tak představuje součást vlastní filtrace clony. Primární clony bývají opatřeny přídatnou filtrací, která stejně jako vlastní filtrace rentgenky odstraní nízkoenergetické složky RTG záření. Celková filtrace by měla dosahovat hodnoty 2,5 mm Al. Moderní přístroje bývají často vybaveny systémem automatické kolimace. Clony automaticky vymezí velikost pole podle formátu použitého receptoru. Odpadá zde nutnost manipulace s kolimátorem, což vede k úsporám času, a také se eliminuje možnost chybného vymezení ozařovaného pole.

### **1.5. Generátor vysokého napětí**

Generátor dodává usměrněné a „vyhlazené“ vysoké napětí nezbytné pro urychlení tepelně emitovaných elektronů a je také zdrojem pro žhavení katody. V elektrické síti je běžně dostupné střídavé napětí 220 nebo 380 voltů s frekvencí 50 Hz, zatím co napětí mezi anodou a katodou se u rentgenových přístrojů pro skiografii pohybuje přibližně v rozmezí od 38 do 140 kV. Střídavé napětí v síti má sinusový průběh kde je střídavě vždy jedna polovina vlny kladná a druhá záporná. Jelikož v rentgence je žádoucí pohyb elektronů pouze směrem od katody k anodě, je nezbytné síťové napětí po transformaci usměrnit. I usměrněné napětí si však zachovává svůj vlnový charakter, což má vliv na homogenitu záření.

#### **1.5.1. Transformátor**

Transformátor je tvořen dvěma izolovanými cívkami se společným jádrem. Vlivem střídavého napětí přivedeného na primární cívku dochází k elektromagnetické indukci a vzniku oscilujícího magnetického pole ve společném jádře cívek.

V sekundárním vinutí se tak vytváří rovněž střídavé napětí. Poměr velikostí napětí mezi primární a sekundární cívkou je stejný jako poměr počtu závitů těchto cívek. Autotransformátor funguje na stejném principu, ale má pouze jedno vinutí. U tohoto vinutí lze měnit počet závitů, kterými bude protékat připojené napětí. Lze také měnit počet závitů, ze kterých je napětí odebíráno. K výstupu transformátoru, který dodává konstantní vysoké napětí, je připojen autotransformátor. Změnou počtu závitů, ze kterých je napětí odebíráno, lze měnit jeho velikost.

### **1.5.2. Usměrňovač napětí**

Usměrňovač napětí slouží k přeměně střídavého napětí na napětí stejnosměrné. Nejjednodušší přístroje využívají skutečnost, že se samotná rentgenka chová jako dioda a propouští tedy napětí pouze v jednom směru. Toto řešení však nelze u výkonnějších přístrojů použít, protože druhá polovina vlny by mohla způsobit urychlení elektronů z rozžhavené anody směrem ke katodě a způsobit tak její poškození. U generátorů pro RTG přístroje jsou proto používány diodové nebo polovodičové usměrňovače. Podle způsobu připojení k napájecí síti jsou usměrňovače jednofázové nebo třífázové. Usměrňovač může být jednocestný nebo dvoucestný - využívat jednu nebo obě poloviny vlny. Výhodou jednofázového usměrňovače je jednoduchost, ale vlivem zvlnění je záření nehomogenní. Třífázový usměrňovač využívá tři samostatné fáze. Sinusový průběh těchto fází je posunutý vždy o  $120^\circ$ . Napětí v třífázovém generátoru je transformováno třemi transformátory zapojenými do trojúhelníku. Při použití dvoucestného usměrňovače dostaneme napětí s šesti pulzy během jedné vlny původního napětí. Dvanáctipulzní třífázový generátor vznikne po připojení dalších třech transformátorů.

Moderní RTG přístroje používají jako zdroj vysokého napětí vysokofrekvenční generátor. Síťové napětí je nejdříve usměrněno. Toto usměrněné napětí je pomocí vysokofrekvenčního invertoru změněno opět na střídavé napětí, ale o frekvenci 500 Hz – 40 kHz. Dále je toto vysokofrekvenční napětí transformováno na potřebnou velikost pro napájení rentgenky a poté opět usměrněno. Velkou výhodou tohoto zdroje je „vyhlazené“ napětí pro rentgenku. Anodové napětí má po celou dobu konstantní hodnotu, která nekolísá během expozice. Záření je homogenní, pacient je vystaven nižší radiační zátě-

ži, expozici lze přesně reprodukovat. Předností je také podstatně nižší hmotnost a dále možnost dodávat vysoké napětí pro více RTG přístrojů.

### **1.5.3. Ovladač**

Prostřednictvím ovladače lze ovládat generátor vysokého napětí, který generuje zvolený expoziční impuls. Expoziční impuls je definován napětím mezi katodou a anodou v kilovoltech, proudem protékajícím rentgenkou v miliampérech a délkou expozice v sekundách. V praxi se používá přednastavené elektrické množství, což je součin proudu a času, jehož jednotkou je mAs<sup>(8)</sup>.

Anodové napětí určuje energii emitovaných fotonů a tím pronikavost záření. Proud ovlivňuje počet emitovaných elektronů a tím intenzitu záření – takzvanou hustotu svazku. Ovládací panel tedy umožňuje nastavení popsaných expozičních hodnot, případně přepínání velikosti ohniska a obsahuje tlačítko pro start expozice a vypínač generátoru.

Moderní přístroje jsou vybaveny expoziční a orgánovou automatikou. Orgánová automatika není automatikou v pravém slova smyslu. Jde o přednastavené kombinace expozičních hodnot pro jednotlivé orgány pro urychlení práce. Pomocí obrazového panelu zvolíme požadovaný orgán, velikost pacienta, případně citlivost systému film-fólie a můžeme spustit expozici. Expoziční automatika se stará o dodržení podmínek vyšetření. V průběhu expozice je měřen náboj kondenzátoru, který je připojen k ionizační komoře. Ionizační komory jsou umístěny za prozařovaným objektem, po průchodu dostatečného množství záření je expozice ukončena. Náboj kondenzátoru ovlivňuje také nežádoucí sekundární záření, proto je na ovladači možnost nastavit velikost pacienta. Systém řízení expozice je před uvedením do provozu kalibrován pomocí fantomu lidského těla.

### **1.6. RTG nářadí**

RTG nářadí slouží k zabezpečení polohy pacienta a k fixaci rentgenky a záznamového média v požadované poloze. K základnímu nářadí patří sklopné stěny používané při skioskopii, snímkovací stoly, snímkovací stojany a stativ nebo závěs pro RTG zářič. Soupravu je možné na vyžádání doplnit o zařízení pro klasickou tomografii. Uni-



verzální nářadí vhodné pro všechny druhy skiagrafických vyšetření neexistuje. Cena RTG nářadí tvoří významnou část ceny RTG soupravy.

### **1.6.1. Stativ**

Funkcí stativu je upevnění zářiče a jeho fixace v požadované poloze. Před vlastním provedením expozice je nezbytné stabilizovat soustavu zářič, pacient -respektive snímkaný orgán - a detektor záření tak, aby svazek záření procházející pacientem dopadal na detektor v požadovaném úhlu. Prostřednictvím stativu lze se zářičem manipulovat. Skiagrafické soupravy používají buď pojízdný sloup s podlažním, nebo podlažním a stropním vedením, anebo stropní závěs. Volba stativu záleží na druhu prováděných vyšetření a na vytíženosti pracoviště. Sloupový stativ vyžaduje při práci složitější manipulaci, ale výhodou je nízká pořizovací cena. Stropní závěs umožňuje veliký rozsah pohybu zářiče v rámci vyšetřovny v osách  $x$ ,  $y$ ,  $z$  a usnadňuje snímkování pacienta na lůžku či lehátku. Nejdokonalejším druhem stativu je autopoziční stropní závěs. Ovladač RTG přístroje s autopozičním závěsem umožňuje uložit velké množství projekcí <sup>(17)</sup>. Při zvolení požadovaného orgánu zaujme zářič i receptor automaticky předvolenou polohu. Tím je minimalizována nutnost manipulace s přístrojem.

### **1.6.2. Snímkovací stůl**

Snímkovací stůl slouží k horizontálnímu uložení pacienta. Úložná deska musí být co nejvíce transparentní pro rentgenové záření, ale zároveň dostatečně mechanicky pevná. Při zatížení deklarovaném výrobcem se nesmí prohýbat ani pružit. Důležitou podmínkou je snadná omyvatelnost. V současnosti bývají používány kompozitní materiály obsahující uhlíková vlákna. Nejjednodušší snímkovací stoly mohou mít pevnou úložnou desku nebo desku, která se může pohybovat pouze ve směru podélné osy. V praxi je však téměř výhradně používána plovoucí deska pohyblivá všemi směry. Výhodou je co největší rozsah tohoto pohybu. Deska je v požadované poloze aretována elektromechanickou brzdou. Po stranách úložné desky bývají kolejnice pro uchycení fixačních pomůcek. Bucky stůl obsahuje kazetový vozík s Bucky clonou a komůrkami expoziční automatiky. U pokročilých přístrojů může být pohyb kazetového vozíku syn-

chronizován s pohybem zářiče. Je nezbytné, aby horní část desky byla co nejbližší filmové kazetě. Dokonalejší snímkovací stoly bývají vybaveny možností vertikálního pohybu. Tato vlastnost významně usnadňuje manipulaci s imobilními pacienty.

### **1.6.3. Snímkovací stojany**

Vertigrafy jsou používány hlavně pro snímkování stojících nebo sedících pacientů, popřípadě i pacientů na lehátku. Kazeta je držena v horizontální poloze, snímkuje se horizontálním nebo více či méně sklopeným paprskem. Požadavky na desku vertigrafu jsou podobné jako na desku snímkovacího stolu. Stejně jako snímkovací stoly také vertigrafy obsahují kazetový vozík s Bucky clonou a příslušné expoziční komůrky. Pohyblivá část vertigrafu musí být vyvážená pro snadnou manipulaci a umožňovat co největší rozsah pohybu. Desku s Bucky clonou je většinou možné naklopit v různém rozsahu od vertikální až do horizontální polohy. V požadované poloze je fixována mechanickou nebo elektromechanickou brzdou.

### **1.7. Sekundární clony**

Během průchodu fotonů RTG záření hmotným objektem dochází vlivem Comptonova rozptylu ke vzniku nežádoucího sekundárního záření. Toto rozptýlené záření má negativní vliv na kvalitu obrazu. Množství sekundárního záření roste úměrně s tloušťkou prozařovaného objektu a se zvyšujícím se anodovým napětím. K odstranění tohoto záření se používají protirozptylové mřížky, které by měly být používány pro objekty vyšší než 15 centimetrů a napětí nad 60 kV. Sekundární clona je vkládána mezi pacienta a film nebo jiný receptor záření. Jelikož je v materiálu mřížky absorbována i část užitečného svazku, je při jejím použití nutné zvýšit expozici. Prodlužovací faktor udává, kolikrát je nutné expozici zvýšit, aby došlo ke stejnému zčernání jako bez použití mřížky. Běžné clony mají tento faktor 2 až 3. Samotná clona je tvořena olověnými lamelami, které jsou odděleny transparentním materiálem. Lamely mřížky jsou uspořádány sbíhavě, to znamená, že clona je fokusována pro určitou vzdálenost od ohniska rentgenky. Ratio je poměr mezi výškou lamel a vzdáleností mezi lamelami. Pro skiografii se pohybuje mezi asi 7:1, až 12:1. Čím větší je tento poměr, tím lepší je účinnost clony, ale

také roste prodlužovací faktor. Lysholmova clona se během expozice nepohybuje. Je složena z velmi jemných lamel, aby jejich stíny nebyly patrné na snímku. Používá se pro skiaskopii i pro skiagrafii. Buckyho clona je používána pro skiagrafii. Během expozice je uvedena v pohyb, takže stín lamel není na snímku patrný. Díky dokonalejším technologiím je dnes možné vyrábět tzv. celulární Buckyho mřížky. Tyto mřížky nemají lamely uspořádané v řadách, ale jednotlivé elementy jsou ve tvaru trubiček orientovaných k ohnisku rentgenky.

### **1.8. RTG pomůcky**

Tyto pomůcky doplňují vybavení RTG vyšetřovny. Patří sem různá fixační zařízení, podložky, závaží a další přípravky pro úpravu polohy pacienta. Ke stlačení a k fixaci vyšetřované části těla jsou používány kompresní pásy. Ke kompresi lze použít i tubus, který zastává také funkci primární clony. Omezovací clony se používají při více expozicích na jeden formát filmu. Na ochranu personálu i pacientů před RTG zářením se používají zástěry, rukavice a jiné ochranné pomůcky z olovnaté gumy. Mezi pomůcky lze zařadit také kontrastní značky pro označení snímků, kompenzační filtry pro vyrovnání menší absorpce v měkkých tkáních a další drobné vybavení RTG vyšetřovny.

### **1.9. Vznik RTG obrazu**

Tvorba RTG obrazu je založena na částečné absorpci primárního svazku záření při průchodu hmotou. Vlivem rozdílů v denzitě jednotlivých tkání je svazek modulován. Takto modulovaným svazkem je přenesena informace na film nebo jiný receptor. Rozdíly v zeslabení intenzity záření se projeví různým stupněm zčernání. Zaznamenává se tedy zeslabení během průchodu hmotou. Výsledkem je dvojrozměrný obraz trojrozměrného objektu. Tento obraz má sumační charakter. Všechny části zkoumaného objektu, které leží v ose centrálního paprsku, se promítají na stejné místo receptoru. Pro získání prostorové orientace o uložení jednotlivých orgánů je proto nezbytné zhotovit snímky nejméně ve dvou na sebe kolmých projekcích.

Existují dva základní druhy projekcí: projekce paralelní a projekce centrální. Jelikož RTG záření vzniká v ohnisku rentgeny, používá se v radiologii vždy centrální pro-

jekce. Podle úhlu dopadu centrálního paprsku může být centrální projekce kolmá nebo šikmá. Při kolmé centrální projekci je stín objektu vlivem divergence svazku zvětšený. Jestliže centrální paprsek dopadá šikmo na rovinu receptoru, jedná se o centrální šikmou projekci. Stín objektu je potom zkreslený jak rozměrově, tak i tvarově. S výjimkou záměrně zvětšených snímků není zvětšení obrazu žádoucí. Velikost zvětšení můžeme ovlivnit jednak prodloužením vzdálenosti mezi ohniskem a receptorem záření, a také zkrácením vzdálenosti mezi objektem a receptorem. Zvětšováním vzdálenosti receptoru od zdroje záření se zvyšují požadavky na výkon RTG přístroje, a také manipulace při nastavení projekcí je obtížnější. Vzdálenost objektu od receptoru je dána konstrukcí sekundární clony. Proto je při hodnocení RTG obrazu nutné počítat s určitým poměrem zvětšení, jehož hodnotu známe díky používání standardních projekcí.

### ***1.9.1. Rozlišovací schopnost RTG obrazu***

Na jednotku plochy obrazu lze zaznamenat určité množství informací. Informace jsou zaznamenány pomocí různého stupně zčernání. S rostoucí rozlišovací schopností roste i diagnostická výtěžnost. RTG obraz má sumační charakter, takže informace o jednotlivých strukturách jsou vzájemně překryty. Na správnou interpretaci informací mají vliv také subjektivní schopnosti vyšetřujícího. Rozlišovací schopnost samotného rentgenového obrazu ovlivňuje především ostrost a kontrast.

Ostrost je dána přesností zobrazení okrajů detailů, je tedy ovlivňována souhrnem geometrické a pohybové neostrosti a vnitřní neostrosti použitého receptoru. Geometrická neostrost je dána velikostí ohniska a jeho vzdáleností od objektu. Pohybová neostrost je způsobena pohybem objektu, nebo ohniska, případně receptoru záření v průběhu expozice. Je ovlivněna především délkou expozičního času. V některých případech se pohybové neostrosti využívá k rozostření struktur, které se sumují s vyšetřovaným detailem. Příkladem může být klasická tomografie, při které se pohybuje RTG zářič i záznamové médium.

Kontrast je definován jako rozdíl ve zčernání dvou sousedních míst rentgenového obrazu. Kontrast je ovlivněn absorpčními poměry v objektu a kvalitou použitého záření. Absorpční poměry lze eventuelně ovlivnit použitím pozitivních nebo negativních kon-

trastních látek. Vhodné kvality záření docílíme správným nastavením expozičních hodnot. Rozlišovací schopnost při vysokém kontrastu je definována počtem párů čar na centimetr. Rozlišovací schopnost při nízkém kontrastu je dána rozlišitelností dvou objektů s velmi malým rozdílem absorpčního koeficientu.

### **1.9.2. Faktory ovlivňující kvalitu a kvantitu RTG záření**

Měřítkem kvality RTG záření je jeho vlnová délka. Fotony s kratší vlnovou délkou mají vyšší energii a jsou tedy pronikavější. Kvalitu svazku lze také popsat pomocí hodnoty HVL (half value layer), tedy vrstvy hliníku, která zeslabí svazek na polovinu původní hodnoty <sup>(8)</sup>.

Kvantitou záření se rozumí tzv. hustota svazku, tj. počet fotonů vyzářených za jednotku času. Kvalitu i kvantitu lze ovlivnit volbou expozičních hodnot a také pomocí filtrace svazu. Vliv má také materiál anody a typ generátoru vysokého napětí. Maximální energie fotonů ve svazku je určena velikostí napětí. S vyšším napětím roste kvalita i účinnost vzniku brzdného záření. Velikost napětí ovlivňuje výsledné zčernání. Zčernání je definováno jako poměr intenzity světla dopadajícího na vyvolaný RTG film k intenzitě světla, které tímto filmem prochází. Pro napětí do 100 kV je zčernání přímo úměrné třetí mocnině napětí, od 100 do 150 kV je přímo úměrné čtvrté mocnině napětí. Velikost proudu ovlivňuje množství elektronů dopadajících na anodu, a tak kvantitu záření. Zčernání roste přímo úměrně k velikosti proudu. Stejný vztah platí i pro expoziční čas. Počet fotonů dopadajících na receptor je nepřímo úměrný druhé mocnině vzdálenosti mezi ohniskem a receptorem.

Filtrace zmenšuje kvantitu svazku odstraněním nízkoenergetických fotonů, zároveň roste kvalita záření. Výrobci generátorů vysokého napětí uvádějí mimo jiné parametry také hodnotu zvlnění <sup>(9)</sup>. Čím lépe je vysoké napětí „vyhlazeno“, tím větší kvalitu i kvantitu má vzniklé záření. Charakter záření závisí také na materiálu anody. Výťažnost RTG záření je přímo úměrná protonovému číslu. RTG přístroje pro běžnou skiagrafii používají téměř výhradně anodu wolframovou ( $Z = 74$ ) legovanou rhodiem.

### **1.9.3. Optická hustota**

Hodnota zčernání se měří v jednotkách optické hustoty OD. Vyjadřuje úroveň zeslabení intenzity viditelného světla po průchodu exponovaným filmem. Při hodnocení RTG obrazu má neexponovaný film hodnotu  $OD = 0,11$ , tato hodnota je nazývána základní závoj.  $OD = 1$  je popisována jako středně šedá,  $OD = 2$  je tmavá,  $OD = 3$  velmi tmavá. Maximální hodnota OD je 3,6. Závislost zčernání na množství dopadajícího záření popisuje senzimetrická křivka. Pokud má přímá pracovní oblast křivky, přibližně od  $OD 0,3$  –  $OD 2,3$  strmý průběh, vyvolají i malé rozdíly v expozici zřetelné rozdíly zčernání.

### **1.9.4. Filmová skiografie**

U filmové skiografie je jako záznamové médium používána fotografická emulze. Citlivá vrstva je tvořena krystaly halogenidů stříbra, které jsou fixovány pomocí želatiny. U filmů pro standardní skiografii je oboustranně nanášena na polyesterovou podložku. Velikost krystalů bromidu stříbrného má vliv na vnitřní neostrost filmového materiálu.

RTG film je před expozicí uložen ve světlotěsné kazetě. Ta je opatřena zesilovacími fóliemi z luminoforů, které se podílejí na vzniku latentního obrazu podle daného zesilovacího faktoru až z 99%. Také krystalky luminoforu mají zásadní vliv na neostrost RTG obrazu. Po expozici dojde díky fotoelektrickému jevu ke vzniku latentního obrazu, který je třeba vyvolat pomocí chemické vývojky. Během vyvolávání dochází k redukci bromidu stříbrného na kovové stříbro, které způsobí zčernání filmu. Neosvětlený bromid stříbrný je stále citlivý na světlo, proto musí být odstraněn pomocí ustalovače. Mezi těmito operacemi je film oplachován a nakonec usušen.

V současnosti celý složitý vyvolávací proces probíhá ve vyvolávacím automatu. Kvalitní automat provede všechny operace přibližně za 90 sekund. K nevýhodám filmové skiografie patří zpravidla nutnost provozovat v rámci pracoviště temnou komoru a skladovat zásoby filmového materiálu a chemikálií. Použité chemikálie je nutné skladovat a likvidovat v souladu s předpisy o nakládání s nebezpečnými odpady. Archív RTG

snímku klade nároky na prostor a při skartaci snímků hrozí únik osobních údajů pacientů.

#### **1.9.5. Negatoskop**

K prohlížení RTG filmů slouží negatoskop. Jeho kvalita má vliv na správné hodnocení snímku. Musí mít dostatečný jas - pro hodnocení běžných snímků alespoň 1800 cd/m<sup>2</sup>, homogenita jasu na ploše negatoskopu nesmí kolísat více než v rozsahu 15%. Nezbytná je možnost regulace jasu a výhodná je možnost vyclonit snímek.

#### **1.9.6. Digitální skiografie**

Více než sto let byla k záznamu a uchování obrazu používána fotografická emulze. Rychlý vývoj technologie a výpočetní techniky umožňuje nahradit fotografickou emulzi jinými typy receptorů RTG zařízení. Data jsou získávána buď v digitální podobě, nebo jsou digitalizována pomocí AD (Analog Digital) převodníku. RTG obraz je zpracováván a hodnocen na monitoru počítače. Kvalita obrazu je srovnatelná, nebo i lepší než v případě snímkování na film. Přejít na digitální radiologii vyžaduje značné investice do potřebné technologie a do systému PACS (Picture Archiving and Communication System), k nevýhodám patří i možnost kolapsu počítačové sítě.

Proti snímkování na RTG film však přináší také podstatné výhody: Možnost dalšího zpracování digitálního obrazu, snížení nákladů na archivaci, dostupnost snímků na oddělení i mezi nemocnicemi a zkrácení času vyšetření. Velmi významné je snížení počtu opakovaných expozic a související radiační zátěže pacientů. Zcela jsou eliminovány náklady na filmový materiál a chemikálie. To se týká i provozu laserových tiskáren a termoprinterů dosud používaných pro záznam obrazu z dalších modalit radiologické kliniky.

#### **1.9.7. Nepřímá digitalizace**

CR (computed radiography) používá k záznamu dat fosforeskující paměťové fólie, které obsahují europiem dopované bariové fluorohalogenové krystaly. Tyto fólie jsou uloženy v kazetách různé velikosti podobně jako filmy u klasické skiografie. Každá

kazeta obsahuje paměťový čip pro identifikační údaje. Část energie RTG záření dopadajícího na paměťovou fólii je spotřebována na excitaci elektronů v atomech europia. Elektrony zůstávají ve vybuzeném stavu. Pomocí laserové fotostimulace se zachycené elektrony vrátí na původní hladinu a přebytečná energie se vyzáří v podobě viditelného světla. Laserový paprsek ozařuje povrch fólie po jednotlivých řádcích, současně je emitované viditelné světlo zesíleno pomocí fotonásobiče. Analogový signál z fotonásobiče je digitalizován AD převodníkem. Během laserové fotostimulace není uvolněna veškerá energie zachycená v paměťové fólii, proto je před dalším použitím fólie vymazána působením intenzivního viditelného světla. Tvorba digitálního obrazu probíhá v tzv. čtecím zařízení, do kterého se vkládá celá kazeta. Celý proces trvá srovnatelně dlouho jako vyvolávání filmu ve vyvolávacím automatu, ale odpadá práce v temné komoře.

#### **1.9.8. Přímá digitalizace**

DR (direct radiography) zaznamenává dopadající fotony RTG záření pomocí detektorů. Podle způsobu přeměny energie fotonů do formy dat lze detektory rozdělit na detektory se scintilační vrstvou - mluvíme o nepřímé konverzi - a detektory na bázi amorfního selenu – přímá konverze.

V případě nepřímé konverze dopadá RTG záření na scintilační vrstvu, kde se změní na viditelné světlo. Fotony viditelného světla jsou potom prostřednictvím optických vláken převedeny na CCD čipy a zaznamenávány podobě jako u digitálních fotoaparátů. Elektrický náboj polovodičového prvku je AD převodníkem transformován na digitální obraz.

Detektory pro přímou konverzi používají tenkou vrstvu amorfního selenu, ve které se vlivem ionizujícího záření uvolňují elektrony. Uvolněné elektrony se díky připojenému vysokému napětí, (cca 5 kV) přemísťují k jednotlivým detektorovým prvkům. Během expozice je v každém prvku nashromážděn elektrický náboj, jehož velikost odpovídá množství dopadajícího záření. Změřená hodnota tohoto náboje slouží k vytvoření digitálního obrazu <sup>(10)</sup>.

Rozlišovací schopnost obrazu je dána hustotou detektorových elementů, každý pixel obrazu má svůj vlastní detektor. Digitální obraz je k dispozici do dvou sekund po



expozici a další expozice může ihned následovat. Odpadá veškerá manipulace s kazetami, což zvyšuje průchodnost RTG vyšetřovnou.

### **1.9.9. Diagnostický monitor**

Diagnostické monitory jsou určeny pro zobrazení digitálního obrazu ve velkém rozlišení. Slouží nejen k prohlížení skiagrafických snímků, ale také k prohlížení obrazů z jiných modalit. Nezbytná je kompatibilita se standardem DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine). Výhodou je okamžitá dostupnost archivních snímků a dokumentace. V ČR není legislativou ošetřena povinnost používat pro diagnostické účely speciální diagnostický monitor. Pouze v návrhu národních radiologických standardů se píše: „Digitální radiogram se hodnotí výhradně na speciálním monitoru s rozlišovací schopností odpovídající hodnocenému vyšetření“<sup>(14)</sup>. Doporučený rozsah matice zobrazovacích bodů je nejméně 1280 X 1024 pro běžnou skiografii a pro mamografii 2560 X 2048. Jas monitoru by měl mít hodnotu 1500 cd/m<sup>2</sup>. Změnou jasu nesmí být ovlivněn kontrast. Dynamický rozsah systémů pro digitální radiologii je vyšší než u filmu. Umožňuje rozlišit až 1600 odstínů šedi. Pomocí změny jasu lze hodnotit i přeexponované nebo podexponované snímky.

### **1.10. Zabezpečení kvality RTG přístrojů v provozu**

Skiagrafický RTG přístroj je podle vyhlášky 307/2002 SÚJB významný zdroj ionizujícího záření. Zákon 18/97 Sb. tzv. atomový zákon ukládá povinnost zavést systém zabezpečování jakosti RTG zařízení v rozsahu stanoveném vyhláškou SÚJB č. 214/97 – 307/02 -142/97 tj. sledovat, měřit, hodnotit, ověřovat a zaznamenávat parametry a vlastnosti těchto přístrojů<sup>(26)</sup>. Po nové instalaci nebo i po větší opravě RTG přístrojů musí být provedena přijímací zkouška. Při nové instalaci se navíc vyhotovuje protokol o shodě nezbytný pro posouzení, zda se přístroj shoduje se schváleným typem. Minimálně jedenkrát za rok, není li u konkrétního přístroje uvedeno jinak, musí být provedena pravidelná zkouška dlouhodobé stability. Tyto zkoušky provádí autorizovaná firma. Dále minimálně jedenkrát za čtvrt roku musí být provedena zkouška provozní stálosti. Vedle těchto povinných zkoušek se denně provádí kontrola ovládacích prvků a RTG

náradí. Zkoušku provozní stálosti i denní kontrolu obvykle provádí zaškolený RTG asistent. Účelem všech popsaných zkoušek je kontrola technických parametrů přístroje. U složitějších přístrojů je vhodné sjednat s dodavatelem pravidelné servisní prohlídky, které by měly minimalizovat riziko nečekané poruchy. Nelze zanedbávat ani běžnou údržbu, kterou provádí pověřený RTG asistent.

## **2. Cíl práce a hypotéza**

Cílem této práce je zlepšení informovanosti uživatelů RTG techniky o vlivu jednotlivých parametrů přístroje na chod pracoviště a stanovení optimálních parametrů RTG přístroje pro jednotlivé typy pracoviště.

Hypotéza: Volbou parametrů RTG přístroje lze ovlivnit efektivitu chodu pracoviště.

### 3. Metodika

V průběhu řešení této práce byla základní metodou sběru dat dotazníková studie. Cílem provedené studie bylo získání objektivních údajů z různých radiodiagnostických pracovišť v rámci České republiky tak, aby výsledkem byl přehled nejčastějších typů těchto pracovišť a přehled jejich přístrojového vybavení. Součástí šetření byla dokumentace praktických zkušeností dotazovaných radiologických asistentů. Získaná data byla pro snadnější manipulaci přenesena do programu Microsoft Excel.

Ke statistickému zpracování dat dotazníkového průzkumu byl použit statistický software SPSS v. 15 (SPSS Inc., Chicago, USA). Vzhledem k nenormální distribuci dat byl použit k ověření vlivu vybraných parametrů RTG přístrojů na počet expozic neparametrický test Mann-Whitney. Testy byly dělány na hladině signifikace (tj. statistické významnosti) 0,05, tzn., že přesně vypočítaná signifikace testu byla vždy porovnána s hodnotou 0,05. V případě, kdy signifikace testu byla  $< 0,05$  byl výsledek testu považován za signifikantní, tj. byl prokázán vliv daného parametru na počet expozic.

Výsledky provedených testů jsou pro názornost ilustrovány pomocí vložených box grafů. Tento typ grafu se používá k zobrazení distribuce hodnot měřeného parametru. Silná čára uvnitř boxu znázorňuje medián hodnot, dno a vrchol krabice znázorňují 1. kvartil a 3. kvartil (výška krabice tedy odpovídá tzv. mezikvartilovému rozpětí, což je jedna z charakteristik variability dat). „Anténky“ zobrazují minimální a maximální neodlehlost hodnoty. Odlehlost hodnoty v datech jsou zobrazeny pomocí symbolu kulička, extrémní hodnoty pomocí symbolu trojúhelníček.

Statistické analýzy byly provedeny na Ústavu lékařské biofyziky, pracovišti biometrie LF UP v Olomouci díky ochotě paní Mgr. Jany Zapletalové, Dr.

#### 3.1. Dotazníkové šetření

V současnosti je na území České republiky aktivně používáno přibližně 1500, (dle ÚZIS v únoru 2008 1535) skiagrafičtých RTG přístrojů <sup>(29)</sup>. Vzhledem k tomuto velkému počtu bylo provedeno výběrové šetření. Jako respondenti byli využiti studenti kombinovaného studia oboru radiologický asistent a radiologičtí asistenti ve Fakultní nemocnici Olomouc. Dále byly využity kontakty těchto respondentů k dodání dotazníků

na další radiologická pracoviště v rámci ČR. Jelikož tito respondenti pracují a mají kontakty ve všech typech zdravotnických zařízení, lze předpokládat, že výběrové šetření dobře odráží strukturu celého souboru a jde tedy o reprezentativní výběrové šetření.

Studie proběhla v období od 1. listopadu 2007 do 31. ledna 2008. V první fázi byl testován dotazník (je uveden v příloze 1) na deseti pracovištích v rámci Fakultní nemocnice Olomouc. Z pilotního průzkumu vyplynula potřeba dotazníky zjednodušit a přiložit návod k vyplnění (viz příloha 2). Deset upravených dotazníků bylo již po vyplnění použitelných pro další zpracování, proto jsou zahrnuty do souboru. Celkem bylo distribuováno 100 kusů dotazníků. S některými respondenty byl navíc veden doplňující rozhovor za účelem získání dalších kvalitativních informací. Z vydaných dotazníků se vrátilo 82 kusů. Jeden dotazník byl vyřazen, protože odpovědi se týkaly skiaskopického pracoviště, které není předmětem výzkumu. Návratnost byla tedy 81%.

Dotazník byl sestaven z 24 otázek. Prvních 8 otázek se týká charakteru pracoviště. RTG pracoviště bývá někdy definováno jako funkční celek, který zahrnuje nejen RTG přístroj s obsluhujícím personálem, ale také lékaře a administrativní pracovníky. Pro účely této práce je pracoviště chápáno v užším slova smyslu jako samostatně fungující RTG vyšetřovna. Zbývající otázky mají specifikovat parametry RTG přístroje, včetně subjektivního hodnocení jeho vlastností.

Cílem dotazníkového šetření nebylo hodnocení kvality zhotovených snímků, ani radiační zátěže pacientů a personálu. Z důvodu nutného zjednodušení dotazníku zde také nejsou zohledněny prostorové možnosti pracoviště.

## 4. Výsledky

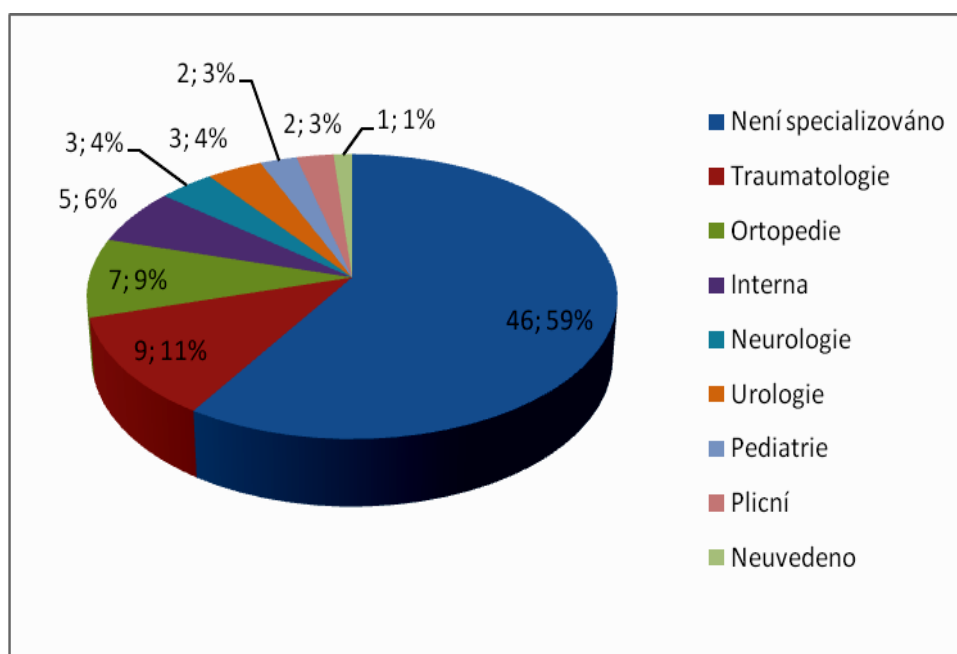
### 4.1. Údaje získané dotazníkovým šetřením

#### Otázka č. 1 - Název zdravotnického zařízení

Byla položena pro upřesnění charakteru základního souboru respondentů. Soubor zahrnuje pracoviště z fakultních nemocnic, zařízení transformovaných z bývalých okresních nemocnic, poliklinik, privátních zařízení, vojenských nemocnic, úrazové nemocnice a vězeňské nemocnice. K otázce byla připojena poznámka: „Není nutno vyplnit“. Důvodem byla možnost obavy některých respondentů z případného zneužití poskytnutých údajů. Z 81 respondentů neopovědělo 13 (16%). Seznam dotazovaných pracovišť je uveden v příloze 3.

#### Otázka č. 2 - Specializace pracoviště

Ze všech dotazovaných 46 pracovišť (59%) uvedlo, že není specializováno, 9 pracovišť (11%) uvádí jako specializaci traumatologii, 7 (9%) ortopedii, 5 (6%) internu, 3 (4%) neurologii nebo neurochirurgii, 3 (4%) urologii, 2 (3%) pediatrii, 2 (3%) plicní. Jedno pracoviště specializaci neuvedlo. Pro přehlednost je vložen graf.



Graf 1 - Specializace pracoviště

### Otázka č. 3 - Nepřímá digitalizace

Je uvedena v části dotazníku, která se týká charakteristiky pracoviště, protože potřebné zařízení nevyžaduje žádné zásahy do stávajícího RTG přístroje. Otázka byla formulována jako uzavřená, tj. respondenti volili z možností ano/ne. Ano odpovědělo 17 respondentů, ne 64 respondentů. Nepřímou digitalizaci tedy používá 21% dotazovaných pracovišť.

### Otázka č. 4 - Provoz

Pro posouzení vytíženosti pracoviště je třeba vědět, zda byl níže uváděný počet expozic za měsíc proveden v nepřetržitém, osmihodinovém, případně jiném provozu. Osmihodinový provoz uvedlo 41 (51%) pracovišť, nepřetržitý 27 (33%) pracovišť. 13 pracovišť uvedlo jinou délku provozu.

### Otázka č. 5 - Obsluha přístroje

Respondenti uváděli počet zaměstnanců obsluhujících přístroj během směny. Pokud byl uveden počet např. 1 až 2, používám nadále průměr těchto hodnot tj. 1,5. Tímto počtem je při dalším zpracování studie dělen počet expozic zhotovených za hodinu. Takto získaná hodnota slouží pro účely srovnání reálné průchodnosti pracoviště. Počty zaměstnanců jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Počet zaměstnanců	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5
Počet pracovišť	5	3	46	2	10	1	5	1
Procenta z celku	7%	4%	63%	3%	14%	1%	7%	1%

Tabulka 1 - Počet zaměstnanců na pracovišti

### Otázka č. 6 - Největší průchodnost ve špičce

Jde o maximální počet expozic, které lze na daném zhotovit za jednu hodinu provozu. Špičkou je myšlena doba, kdy je RTG přístroj plně vytížen. Průchodnost pracoviště ovlivňují zejména parametry přístroje a počet zaměstnanců, kteří ho obsluhují. Významným faktorem je také přítomnost či nepřítomnost digitalizace. Jednotlivá pracoviš-

tě uvádějí velmi různé hodnoty průchodnosti - od 4 do 120 expozic za hodinu. 6 pracovišť průchodnost neuvedlo.

#### Otázka č. 7 - Počet expozic za měsíc

Charakterizuje vytiženost pracoviště, která je také velmi rozdílná. Uváděno je od 60 do 15 000 expozic v měsíci. Průměrná hodnota je 2158 a medián 1200. 5 respondentů na otázku neodpovědělo.

#### Otázka č. 8 - Skladba vyšetření

Respondenti uváděli nejčastěji snímkané orgány v pořadí 1 – 5. Např.: 1 skelet, 2 plíce, 3 páteř, 4 břicho, 5 lebka. Uváděné orgány a pořadí slouží pro posouzení míry specializace pracoviště.

Z průzkumu vyplývá, že téměř žádné pracoviště není skutečně přísně specializováno. Na jednotlivých pracovištích se bez ohledu na specializaci snímkuje prakticky totožné orgány. Určité odlišnosti jsou pouze v uváděném pořadí: u specializace interna a plicní je na prvním místě nejčastěji uveden snímek plic, u neurologie je nejvíce snímkována páteř. Pracoviště specializovaná na ortopedii, traumatologii a pediatrii snímkuje nejvíce skelet, stejně jako pracoviště, která nejsou specializována.

Výjimkou jsou pracoviště specializovaná na urologii, kde jsou skutečně snímkovány převážně ledviny a močové cesty.

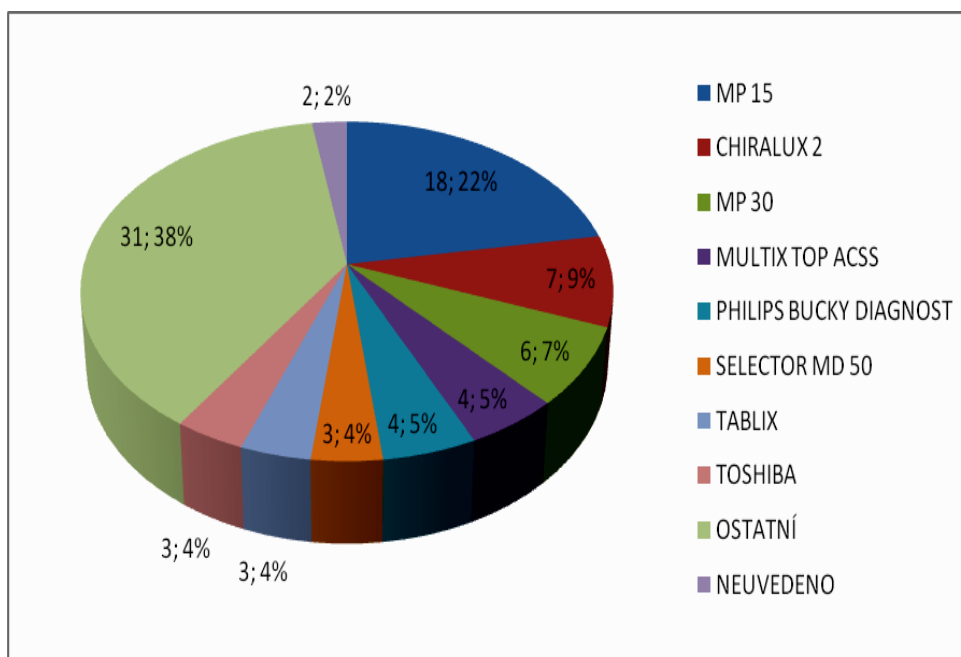
#### Otázka č. 9 - Typ přístroje

Podle vyslovené hypotézy lze volbou parametrů RTG přístroje ovlivnit efektivitu chodu pracoviště. Účelem otázky č. 9 je zmapovat možnosti používaných přístrojů.

Ukazuje se, že nejpoužívanějším přístrojem je stále CHIRANA MP 15. Tento přístroj je používán na 18 pracovištích, což je 22 % ze souboru 81 dotazovaných. Na druhém místě je přístroj CHIRALUX 2, který je v provozu na 7 pracovištích (9%). 6 pracovišť (7%) uvedlo přístroj CHIRANA MP 30. Přístroje MULTIX TOP ACSS a PHILIPS BUCKY DIAGNOST jsou v souboru zastoupeny 4 krát (5%), a přístroje SELECTOR MD 50, TABLIX a TOSHIBA 3 krát (4%).



Další typy přístrojů jsou používány na jednom nebo na dvou pracovištích. Celkem je v souboru uvedeno 34 různých přístrojů. Jejich zastoupení ilustruje graf. Dva respondenti typ přístroje nevedli. Úplný seznam používaných přístrojů je uveden v příloze č. 4.



Graf 2 - Zastoupení přístrojů v souboru

#### Otázka č. 10 - Výrobce

V souboru je uvedeno 34 typů přístrojů, které byly vyrobeny u 13 různých výrobců. 37 pracovišť (46%) je vybaveno přístrojem značky CIRANA, což je dáno tím, že jde o tradičního tuzemského výrobce RTG techniky. 11 přístrojů (14%) vyrobil SIEMENS. V koncernu PHILIPS bylo vyrobeno 8 přístrojů (10%). U šesti přístrojů (7%) je jako výrobce uveden GENERAL ELECTRIC. Ostatní výrobci: FOMA Hradec Králové, HOFMAN, TOSHIBA, FISCHER IMAGING CORPORATION, FOMEI Praha, MECALL, SWISSRAY, CANON a HANS PAUSCH jsou zastoupeni jedním až třemi přístroji.

#### Otázka č. 11 - Rok výroby

Nejstarší uvedený skiagrafický RTG přístroj vyrobený v roce 1965 je dosud v provozu na ortopedii ve FN MOTOL, kde provádějí uváděných 912 expozic měsíčně. Podle v současnosti platné legislativy jeho provozu nic nebrání, pokud prochází povinnými zkouškami dlouhodobé stability a provozní stálosti.

Nejnovější přístroje v souboru byly vyrobeny v roce 2006. Průměrný věk přístroje je 11 let. Šest pracovišť rok výroby nevedlo.

#### Otázka č. 12 - Typ závěsu

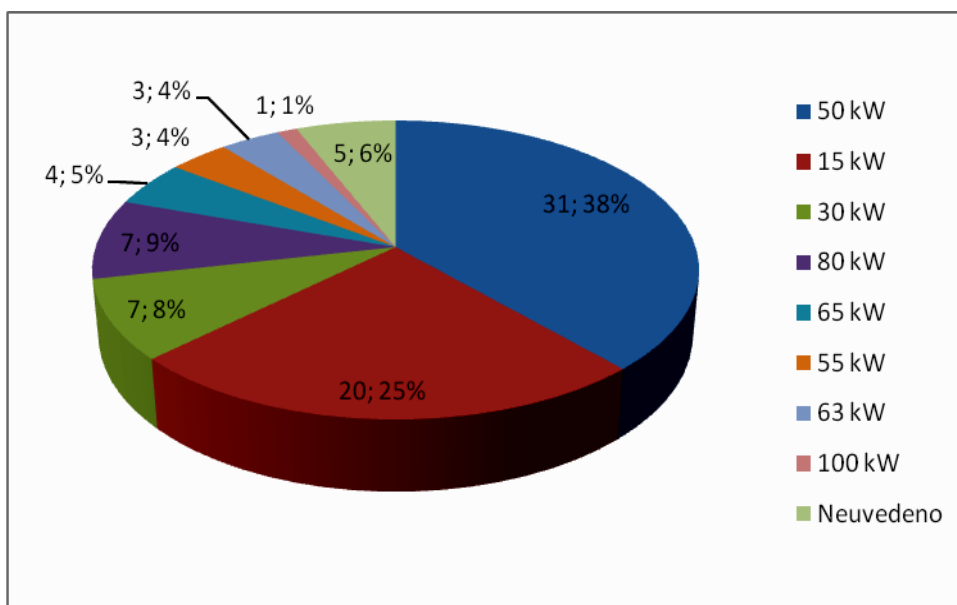
Typ závěsu je jedním z parametrů RTG přístroje, které pravděpodobně významně ovlivňují průchodnost pracoviště. Tato skutečnost bude v další práci prokázána. 42 zkoumaných přístrojů je vybaveno stropním závěsem. 34 dotazovaných uvedlo sloupový stativ. Jeden přístroj má jiný typ závěsu – jde o přístroj MEDIO 50 CP-H URODIAGNOST MRF od firmy FISCHER IMAGING CORPORATION. Zde je RTG zářič pevně fixován a pohybuje se pouze stolem. Čtyři respondenti údaj o závěsu nevyplnili.

#### Otázka č. 13 - Multipulsní generátor

Respondenti volili z možností ANO nebo NE. 68 přístrojů (84%) je vybaveno vysokofrekvenčním generátorem. Zbývajících 13 přístrojů (16%) multipulsním generátorem nedisponuje.

#### Otázka č. 14 - Výkon generátoru

Přístroje s výkonnějším generátorem umožňují docílit požadované zčernání při použití kratší expozice než přístroje s generátorem méně výkonným. Dlouhé expozice zvyšují riziko nežádoucí pohybové neostrosti. Výkon jednotlivých generátorů je popsán pomocí grafu 3.



Graf 3 - Výkon generátorů

#### Otázka č. 15 - Clony

V dotazníku byly naznačeny dvě možnosti: automatické/manuální. Manuálně ovládané clony uvádí celkem 63 dotázaných (78%). Automatické clony mají na 14 pracovištích (17%). Čtyři respondenti (5%) druh clon nevedli. Automatické clony vymezí velikost ozářeného pole podle velikosti použitého detektoru bez nutnosti manuální manipulace. To omezuje nejen možnost chyby, ale vede i k úsporám času při práci.

#### Otázka č. 16 - Možnost provést tomografii

Tomografii umožňuje provést 32 přístrojů (39,5%). Naopak 47 přístrojů (58%) touto možností nedisponuje. Dva dotazovaní se k otázce nevyjádřili. Z 32 pracovišť, kde mají možnost tomografii provést, jich 15 toto vyšetření vůbec neprovádí, 8 počet nevedlo. Dvakrát bylo uvedeno 50, 30, a 10 výkonů v kalendářním roce. Na jednom pracovišti dělají 110, na jednom 8 a na jednom 7 tomogramů ročně.

#### Otázka č. 17 - Skiaskopická centrace

Tato otázka byla položena pouze pro získání uceleného přehledu o používaných přístrojích. Některé skiagrafické RTG přístroje sice disponují možností přesně zacentrovat cílový orgán pomocí skiaskopie, ale podle vyhlášky 307/2002 Sb. ve znění pozdějších

předpisů musí být všechna lékařská ozáření zdůvodněna a optimalizována<sup>(15)</sup>. Protože možnost centrování pomocí skiaskopie není zmíněna ani v Národních radiologických standardech<sup>(14)</sup> je pravděpodobně používání skiaskopie při běžném snímkování nepřipustné.

Ze zkoumaného vzorku 73 přístrojů (90%) tuto možnost nemá, 7 (9%) ano a jeden respondent na otázku neodpověděl

#### Otázka č. 18 - Přímá digitalizace

Při použití technologie pro přímou digitalizaci odpadá veškerá manipulace s RTG kazetou. Dodavatelé uvádějí až dvojnásobné zvýšení průchodnosti vyšetřovny po integraci systému přímé digitalizace do stávajícího RTG náradí. Na otázku, zda jejich pracoviště používá přímou digitalizaci, odpovědělo 77 respondentů (95%) ne a 4 respondenti (5%) ano.

#### Otázka č. 19 - Stůl

Byla rozdělena na tři podotázky: a) elevace, b) synchronizace s rentgenkou, c) nosnost. Elevační stůl je používán na 49 pracovištích (60,5%). Na 31 pracovištích (38,5%) mají stůl bez možnosti elevace. Jedno pracoviště (1%) provádí pouze snímky na lůžku nebo lehátku a není stolem vůbec vybaveno.

Synchronizací je myšlena synchronizace pohybu Bucky clony s pohybem RTG zářiče. Díky této funkci je redukována nutná manipulace s náradím, což vede k úsporám času při práci. Na otázku odpovědělo ano 16 respondentů (20%), ne 62 respondentů (76,5%) a 3 respondenti (3,5%) neodpověděli.

Na otázku nosnost stolu 40 dotazovaných (49%) neodpovědělo. Zbývajících 41 respondentů (51%) uvedlo 13 různých hodnot v rozsahu od 120 do 320 Kg, které znázorňují pomocí tabulky č. 2. Snímkovací stoly pravděpodobně snesou i určité přetížení, protože v populaci se vyskytují i jedinci s hmotností převyšující deklarovanou nosnost některých stolů a žádný z respondentů neuvedl nedostatečnou nosnost stolu jako nedostatek.

<b>Nosnost stolu</b>	<b>120</b>	<b>125</b>	<b>130</b>	<b>136</b>	<b>140</b>	<b>150</b>	<b>180</b>	<b>190</b>	<b>200</b>	<b>210</b>	<b>230</b>	<b>250</b>	<b>320</b>
<b>Počet pracovišť</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>Procenta z celku</b>	<b>5%</b>	<b>2%</b>	<b>5%</b>	<b>5%</b>	<b>5%</b>	<b>14%</b>	<b>1%</b>	<b>1%</b>	<b>4%</b>	<b>1%</b>	<b>4%</b>	<b>3%</b>	<b>1%</b>

Tabulka 2 - Nosnost stolu

#### Otázka č. 20 - DAP metr

DAP metr je přidružené zařízení, které poskytuje kvantitativní informaci o ozáření, je-li muž byla vystavena vyšetřovaná osoba. Nové přístroje jsou tímto zařízením vybaveny povinně. Na pracovištích, která DAP metrem nedisponují, musí obsluha přístroje pro každou expozici zaznamenávat údaje, pomocí kterých lze velikost ozáření odhadnout. To vede k časovým ztrátám a pravděpodobně i ke snížení průchodnosti pracoviště. Z 81 přístrojů je DAP metrem vybaveno 26 (32%), není vybaveno 53 (65%). 2 respondenti (3%) se k otázce nevyjádřili.

#### Otázka č. 21 - Expoziční automatika

Používáním expoziční automatiky se pravděpodobně snižuje počet expozic, které je nutné opakovat pro nadměrné zčernání. Opakované expozice zvyšují radiační zátěž pacientů, a vedou k časovým ztrátám při práci. 49 přístrojů (60,5%) v souboru je vybaveno expoziční automatikou, 32 přístrojů (39,5%) expoziční automatiku nemá.

#### Otázka č. 22 - Orgánová automatika

Ovládací panely některých přístrojů disponují možností přednastavit kombinace expozičních hodnot pro jednotlivé orgány. Volba vhodné expozice pomocí dotykového displeje přispívá k urychlení práce. Ovládací panel s orgánovou automatikou má 44 přístrojů (54%). Zbývajících 37 přístrojů (46%) orgánovou automatiku nemá.

#### Otázka č. 23 - Nevyužívané (málo využívané) funkce

Jednoznačně nejméně je využívána možnost provedení tomografie. Jako nevyužívanou nebo málo využívanou ji uvedlo 17 respondentů, což je 21% z celého souboru a 53% z 32 přístrojů, které provedení tomografie umožňují. Pracoviště, která toto vyšetření

provádějí, udávají velmi malé počty výkonů za rok (uvedeno u otázky č. 16). Tento stav pravděpodobně souvisí s rozvojem moderních zobrazovacích metod.

Jako nevyužívané funkce byly dále uvedeny: dual energy, memory a telerentgenogram, které uvedlo vždy jedno pracoviště. 61 respondentů (75%) nevyužívané funkce neuvádí.

#### Otázka č. 24 – Největší přednosti a nedostatky přístroje

Přednosti: 16 krát (20%) byl jako přednost přístroje uveden elevační stůl. Ze 49 pracovišť, kde tímto stolem disponují, to je 33%. Snadné ovládání bylo uvedeno rovněž 16 krát (20%). Expoziční automatiku uvádí 9 respondentů (11%) a stropní závěs 8 respondentů (10%). Celkem bylo vyjmenováno 15 různých výhod, které jsou uvedeny pomocí tabulky v příloze 5.

Nedostatky: 15 dotazovaných (18.5%) pokládá za nedostatek nepřítomnost elevačního stolu, což je 48% z 31 pracovišť která elevační stůl nemají. 11 krát (14%) byl jako nedostatek uveden sloupový závěs a 7 krát (9%) je zmíněna zastaralost. Úplný seznam devatenácti různých nedostatků uvádím v příloze 6.

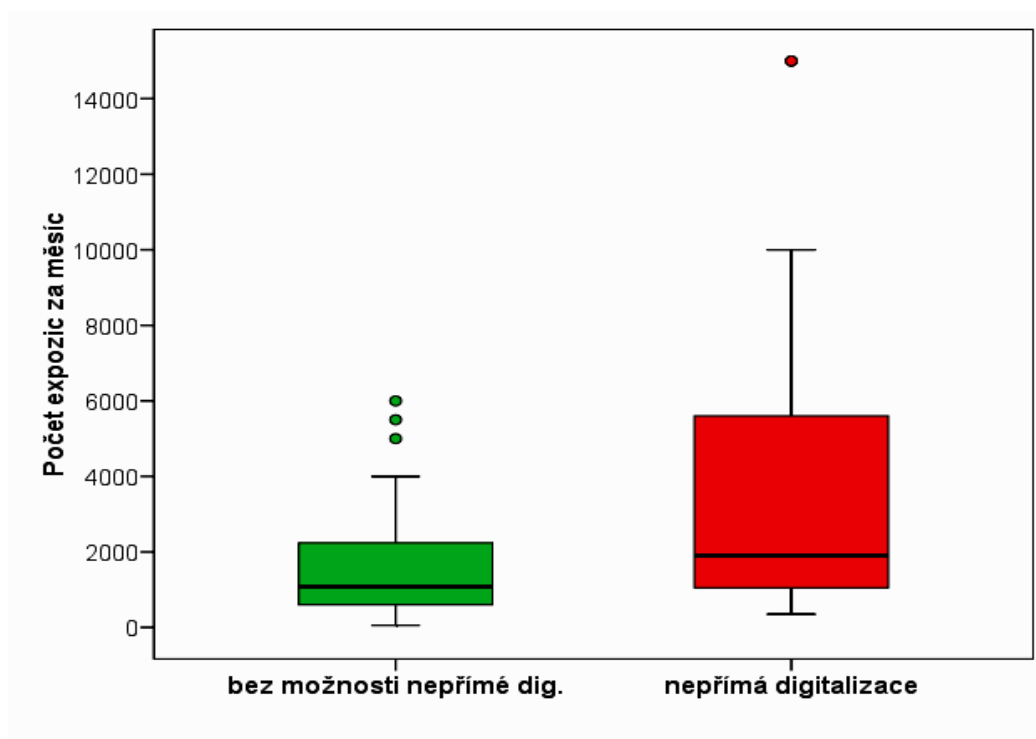
## ***4.2. Posouzení závislosti počtu expozičních charakteristikách přístroje***

### ***4.2.1. Vliv nepřímé digitalizace na počet expozičních***

Nepřímou digitalizaci nelze jednoznačně zařadit mezi parametry RTG přístroje, ale pro ucelený přehled o problematice provozu RTG pracoviště je uveden i vliv CR na počet expozičních.

Vliv nepřímé digitalizace na počet expozičních byl vzhledem k nenormální distribuci dat posouzen pomocí neparametrického testu Mann-Whitney. Test prokázal signifikantně vyšší počet expozičních za měsíc na pracovištích s nepřímou digitalizací. Na pracovištích s nepřímou digitalizací je medián počtu expozičních za měsíc 1900, na pracovištích bez nepřímé digitalizace je medián počtu expozičních 1080 – tento rozdíl je statisticky významný, vypočítaná hladina signifikace testu  $p = 0,024$ . Výsledek testu ilustruje vložený graf 4.

Test naopak neprokázal signifikantně vyšší průchodnost pracoviště s nepřímou digitalizací. Na pracovištích s možností nepřímé digitalizace je medián počtu expozic za hodinu vztažených na jednoho zaměstnance 16,3 a na pracovištích bez nepřímé digitalizace je medián počtu expozic za hodinu vztažených na jednoho zaměstnance 12,5 – tento rozdíl není statisticky významný, vypočítaná hladina signifikace testu  $p = 0,074$ . Popisné charakteristiky a výsledky testu jsou uvedeny v příloze 7.



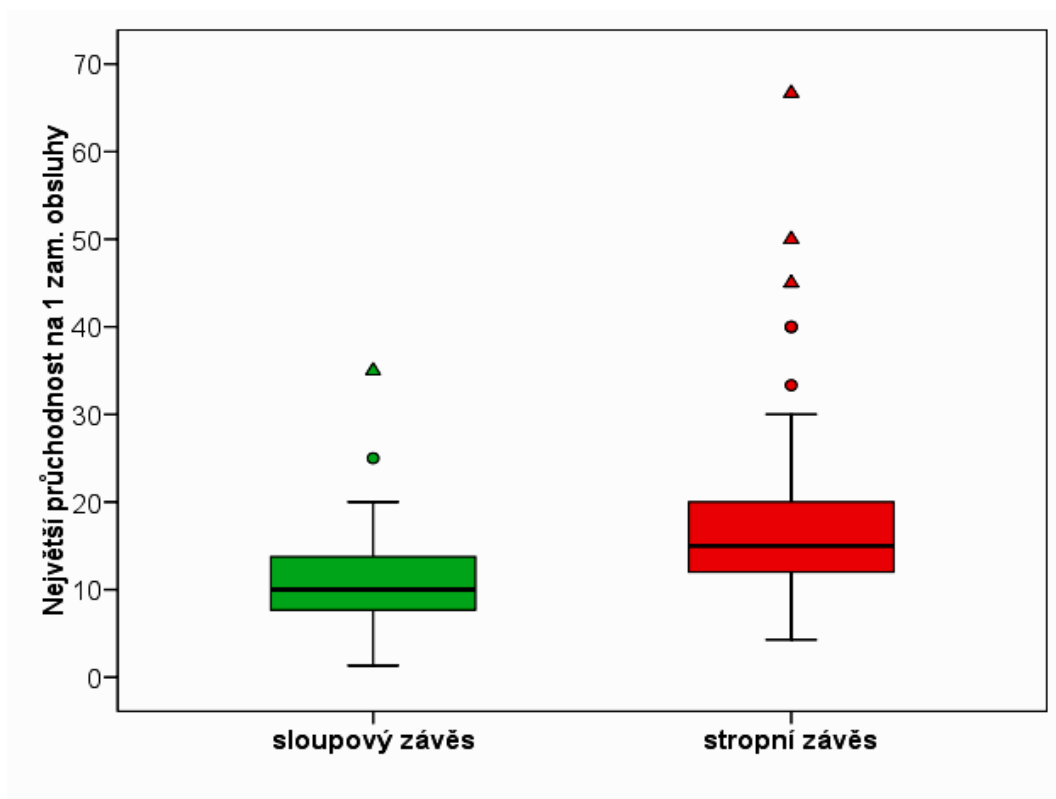
Graf 4 –Vliv nepřímé digitalizace na počet expozic za měsíc

#### 4.2.2. Vliv typu závěsu na počet expozic

Vliv typu závěsu na počet expozic byl, vzhledem k nenormální distribuci dat, posouzen pomocí neparametrického testu Mann-Whitney. Test prokázal signifikantně

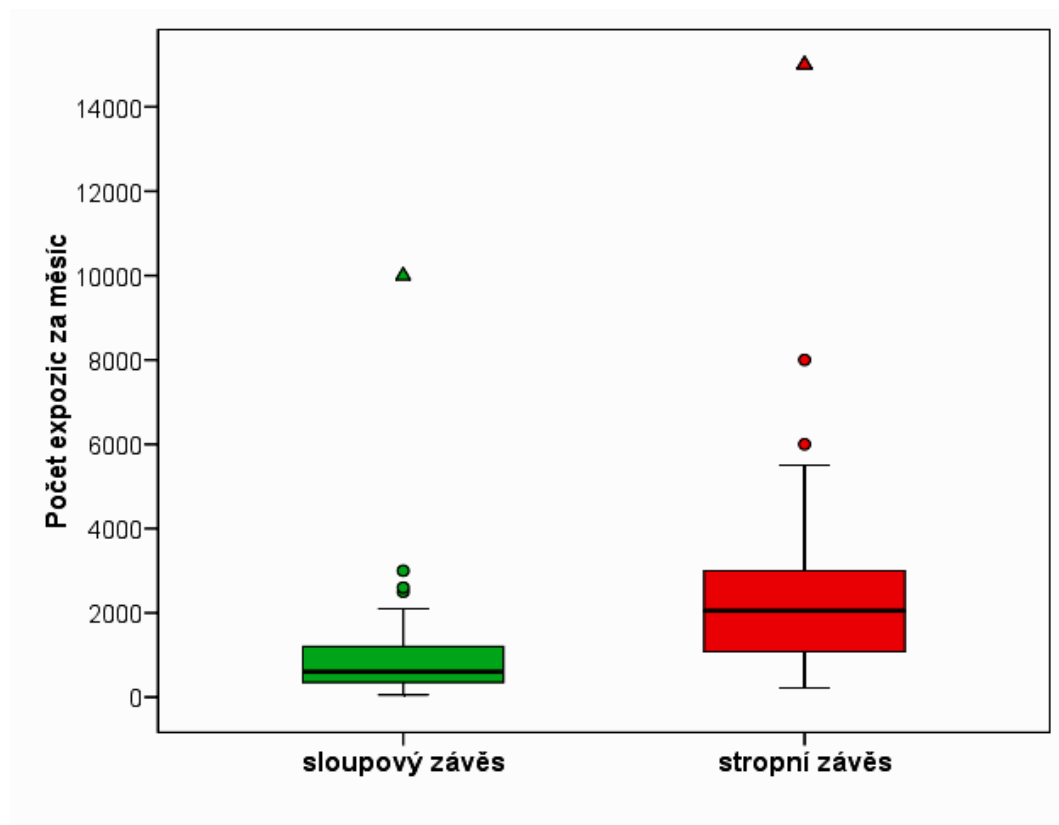
vyšší počet expozií za hodinu i signifikantně vyšší počet expozií za měsíc u přístrojů se stropním závěsem. U přístrojů se stropním závěsem je medián počtu expozií za hodinu (tj. největší průchodnost) na 1 zaměstnance obsluhy 15, u přístrojů se sloupovým závěsem je medián počtu expozií 10 – tento rozdíl je statisticky významný, vypočítaná hladina signifikace testu  $p = 0,003$ . U přístrojů se stropním závěsem je medián počtu expozií za měsíc 2050, u přístrojů se sloupovým závěsem je medián počtu expozií za měsíc 600 – tento rozdíl je statisticky významný, vypočítaná hladina signifikace testu je  $p < 0,0001$ .

Vliv typu závěsu na průchodnost pracoviště a vliv typu závěsu na počet expozií za měsíc znázorňují grafy 5 a 6. Popisné charakteristiky a výsledky testu jsou uvedeny v příloze 7.



Graf 5 vliv závěsu na průchodnost pracoviště



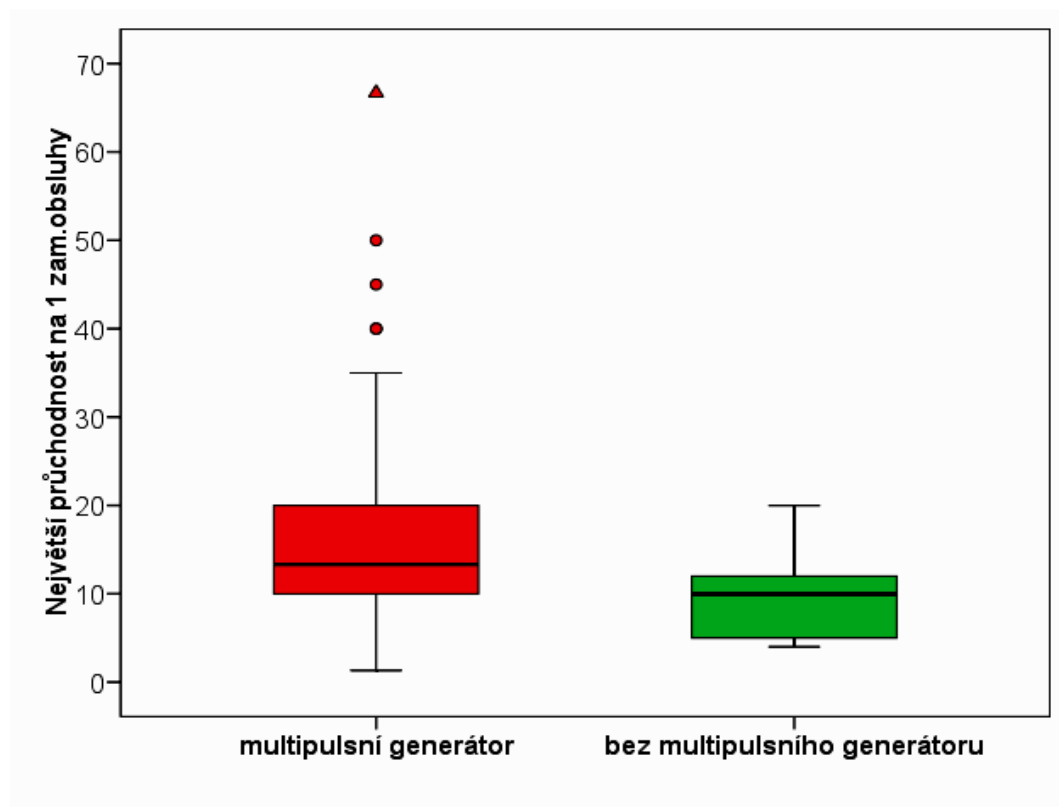


Graf 6 - Vliv závěsu na počet expozic za měsíc

#### 4.2.3. Vliv multipulsního generátoru na počet expozic

Vliv multipulsního generátoru na počet expozic byl, vzhledem k nenormální distribuci dat, posouzen pomocí neparametrického testu Mann-Whitney.

Test prokázal signifikantně vyšší počet expozic za hodinu na 1 zaměstnance obsluhy u přístrojů s multipulsním generátorem. U přístrojů s multipulsním generátorem je medián počtu expozic za hodinu (tj. největší průchodnost) na 1 zaměstnance obsluhy 13, u přístrojů bez multipulsního generátoru je medián počtu expozic 10 – tento rozdíl je statisticky významný, vypočítaná hladina signifikace testu je  $p = 0,010$  což je znázorněno pomocí grafu 7. Rozdíl mezi počtem expozic za měsíc nebyl statisticky významný. Popisné charakteristiky a výsledky testu jsou uvedeny v příloze 7.



Graf 7 - Vliv generátoru na průchodnost pracoviště

#### 4.2.4. Vliv výkonu generátoru na počet expozic

Vliv výkonu generátoru na počet expozic byl posuzován pomocí korelační analýzy. Byl vypočítán Pearsonův korelační koeficient a bylo ověřeno, zda je tento korelační koeficient významně nenulový, viz výpočet signifikace – tabulka 3.

Pearsonův korelační koeficient je mírou lineární závislosti dvou metrických parametrů, nabývá hodnoty z intervalu -1 až +1, hodnoty blízké nule znamenají žádná závislost, hodnoty kladné znamenají přímou lineární závislost, hodnoty záporné znamenají nepřímou lineární závislost.

Korelační analýza prokázala přímou lineární závislost mezi výkonem generátoru a největší průchodností ( $r = 0,286$ ; resp.  $r = 0,334$  pro největší průchodnost vztahenou na 1 zaměstnance obsluhy).

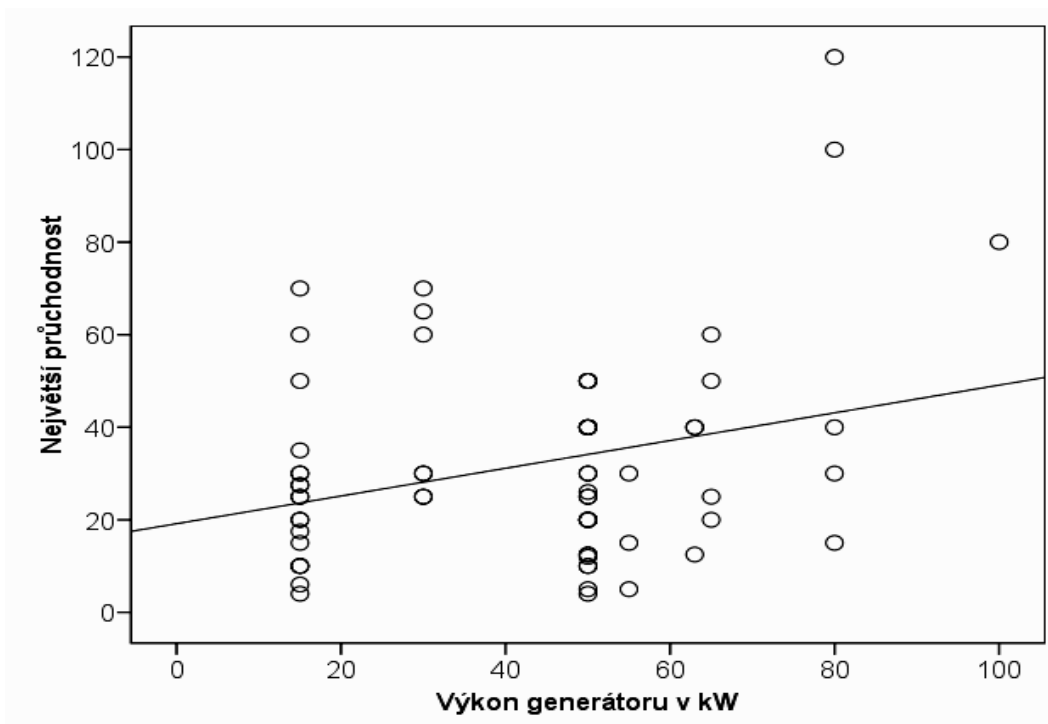
Tyto hodnoty korelačních koeficientů vypovídají o slabé přímé lineární závislosti. Graficky je situace znázorněna pomocí bodových grafů 8 a 9.

**Korelační analýza**

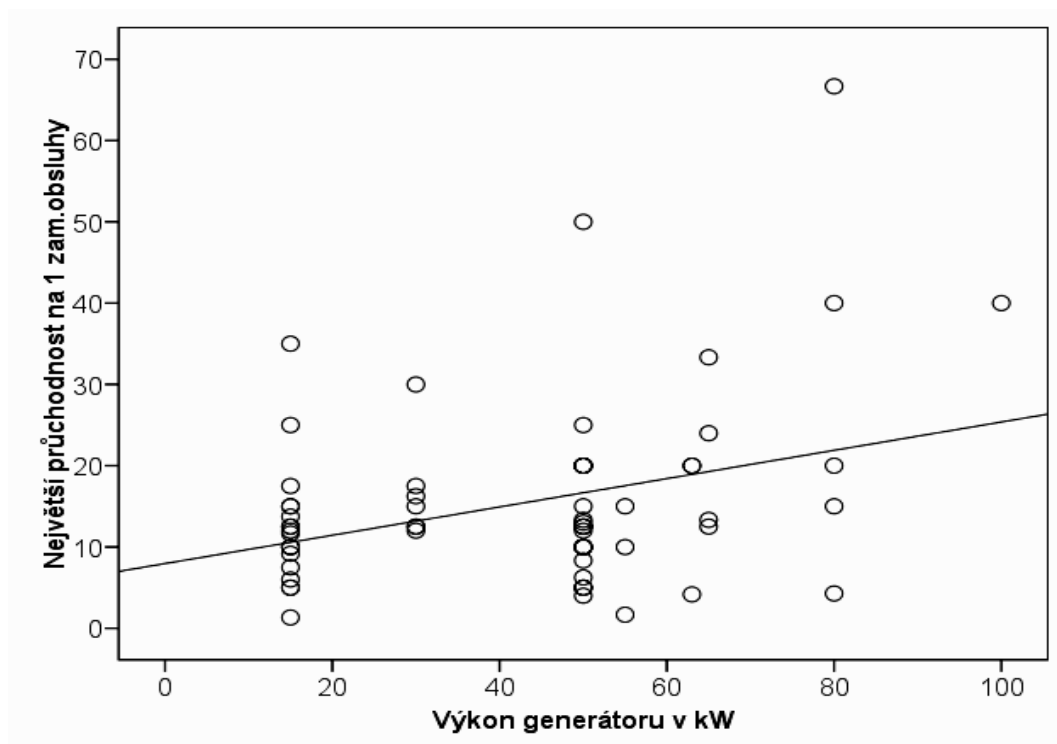
		Největší průchodnost	Největší průchodnost vztážená na 1 zaměstnance obsluhy	Počet expozic za měsíc
Výkon generátoru v kW	Korelační koeficient	<b>,286*</b>	<b>,334**</b>	,007
	Signifikance	,016	,005	,954
	N	70	70	71

\*. signifikance na hladině 0.05  
 \*\*. signifikance na hladině 0.01

Tabulka 3 – Výpočet signifikace



Graf 8 – Závislost na výkonu generátoru



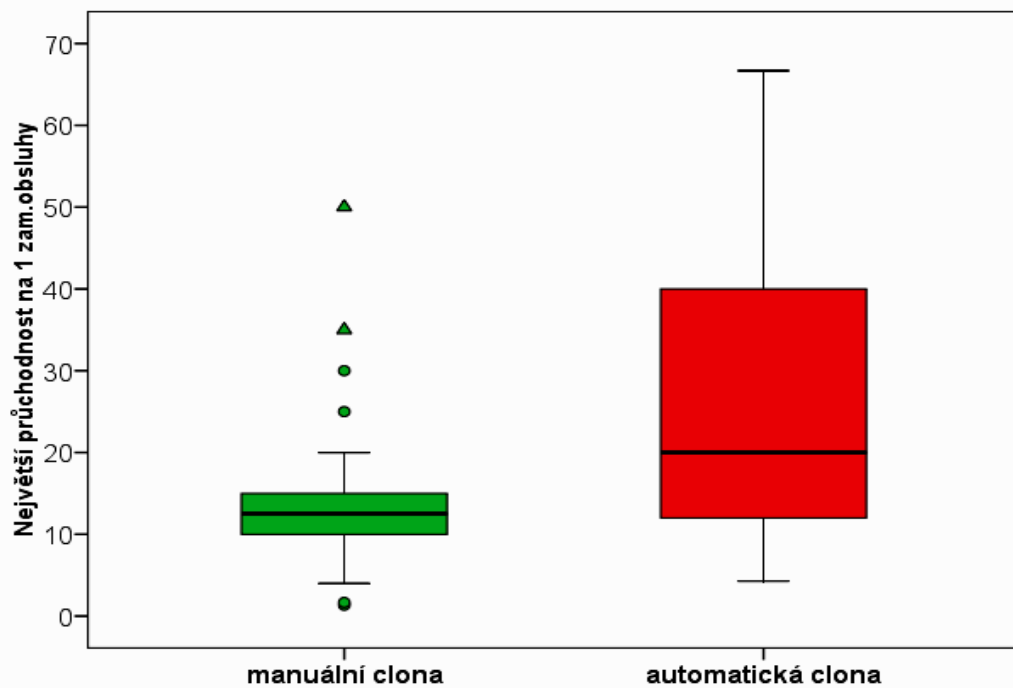
Graf 9 – Závislost na výkonu generátoru

#### 4.2.5. Vliv typu clony na počet expozic

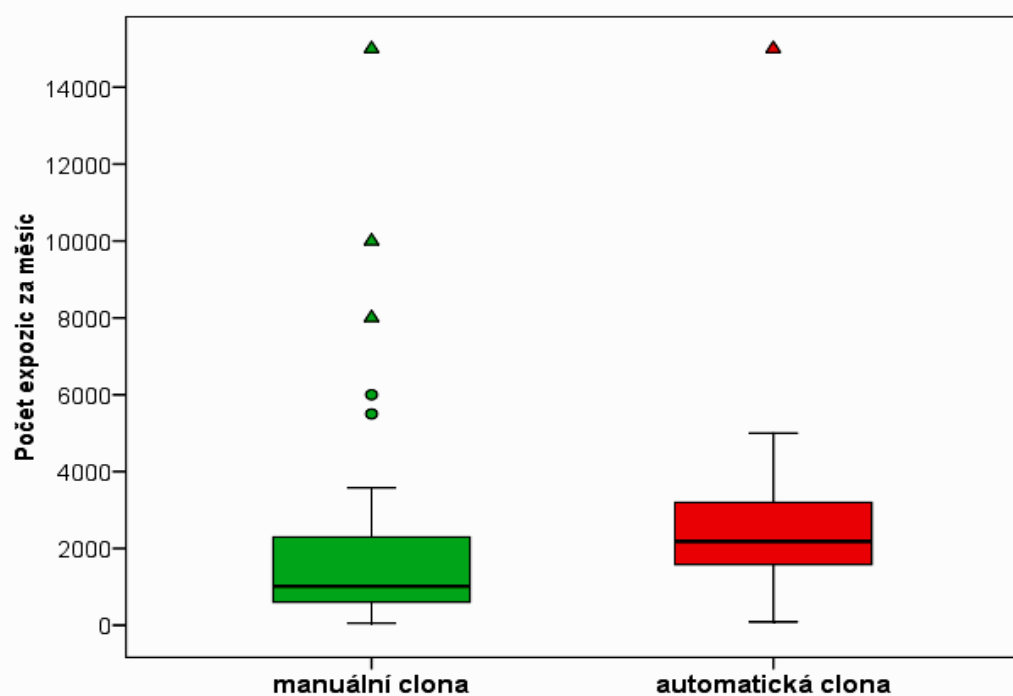
Vliv typu clony na počet expozic byl, vzhledem k nenormální distribuci dat, posouzen pomocí neparametrického testu Mann-Whitney. Test prokázal signifikantně vyšší počet expozic za hodinu i signifikantně vyšší počet expozic za měsíc u přístrojů s automatickou clonou.

U přístrojů s automatickou clonou je medián počtu expozic za hodinu (tj. největší průchodnost) vztažená na 1 zaměstnance obsluhy 20, u přístrojů s manuální clonou je medián počtu expozic 13 – tento rozdíl je statisticky významný, vypočítaná hladina signifikace testu je  $p = 0,017$ .

U přístrojů s automatickou clonou je medián počtu expozic za měsíc 2188, u přístrojů s manuální clonou je medián počtu expozic za měsíc 1019 – i tento rozdíl je statisticky významný, vypočítaná hladina signifikace testu  $p = 0,026$ . Výsledek testu je znázorněn pomocí grafů 10 a 11. Popisné charakteristiky a výsledky testu jsou uvedeny v příloze 7.



Graf 10 – Vliv clony na průchodnost



Graf 11 – Vliv typu clony na počet expozic

#### **4.2.6. Vliv přímé digitalizace na počet expozic**

Vliv možnosti přímé digitalizace na počet expozic nebyl, vzhledem k malému počtu přístrojů s možností přímé digitalizace (pouze 4 přístroje), posouzen. Popisné charakteristiky jsou uvedeny v příloze 7.

#### **4.2.7. Vliv elevace stolu na počet expozic**

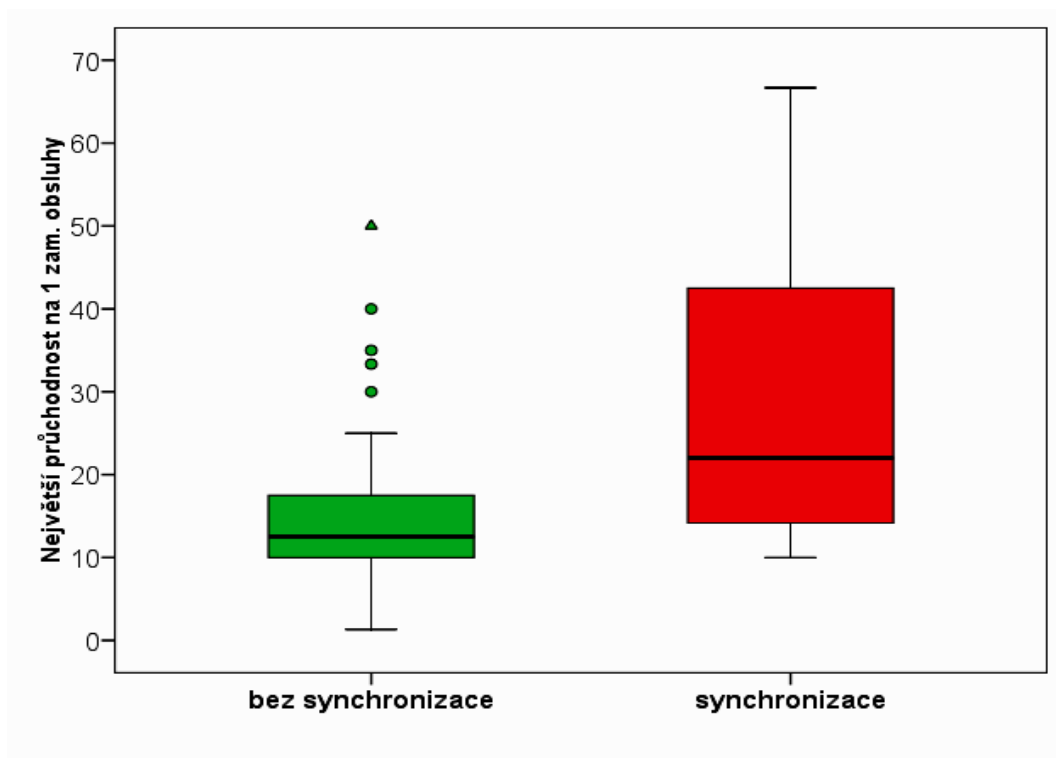
Vliv možnosti elevace stolu na počet expozic byl, vzhledem k nenormální distribuci dat, posouzen pomocí neparametrického testu Mann-Whitney.

Test prokázal signifikantně vyšší počet expozic za hodinu i signifikantně vyšší počet expozic za měsíc u přístrojů s možností elevace stolu.

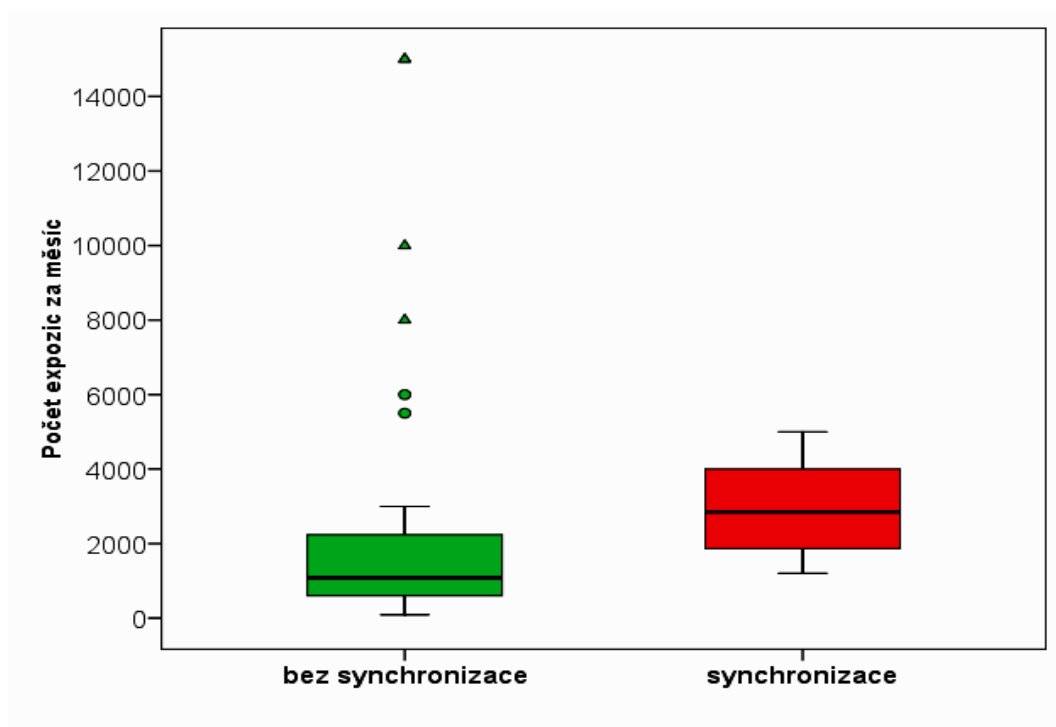
U přístrojů s elevací stolu je medián počtu expozic za hodinu (tj. největší průchodnost) na 1 zaměstnance obsluhy 14, u přístrojů bez možnosti elevace je medián počtu expozic 12 – tento rozdíl je statisticky významný, vypočítaná hladina signifikace testu je  $p = 0,019$ . U přístrojů s elevací stolu je medián počtu expozic za měsíc 1590 a u přístrojů bez elevace stolu je medián počtu expozic za měsíc 1091 – i tento rozdíl lze pokládat za statisticky významný, vypočítaná hladina signifikace testu  $p = 0,057$ . Popisné charakteristiky a výsledky testu jsou uvedeny v příloze 7.

#### **4.2.8. Vliv synchronizace na počet expozic**

Vliv synchronizace na počet expozic byl, vzhledem k nenormální distribuci dat, posouzen pomocí neparametrického testu Mann-Whitney. Test prokázal signifikantně vyšší počet expozic za hodinu i signifikantně vyšší počet expozic za měsíc u přístrojů s možností synchronizace. U přístrojů s možností synchronizace je medián počtu expozic za hodinu (tj. největší průchodnost) na 1 zaměstnance obsluhy 22 expozic, u přístrojů bez možnosti synchronizace je medián počtu expozic 13 – tento rozdíl je statisticky významný, vypočítaná hladina signifikace testu je  $p = 0,010$ . U přístrojů s možností synchronizace je medián počtu expozic za měsíc 2850, u přístrojů bez synchronizace je medián počtu expozic za měsíc 1080 – tento rozdíl je statisticky významný, vypočítaná hladina signifikace testu  $p = 0,015$ . Výsledek testu je znázorněn pomocí grafů 12 a 13. Popisné charakteristiky a výsledky testu jsou uvedeny v příloze 7



Graf 12 - Vliv synchronizace na průchodnost



Graf 13 – Vliv synchronizace na počet expozic

#### **4.2.9. Vliv DAP metru na počet expozic**

Vliv DAP metru na počet expozic byl, vzhledem k nenormální distribuci dat, posouzen pomocí neparametrického testu Mann-Whitney. Test neprokázal závislost počtu expozic na DAP metru. Popisné charakteristiky a výsledky testu jsou uvedeny v příloze 7.

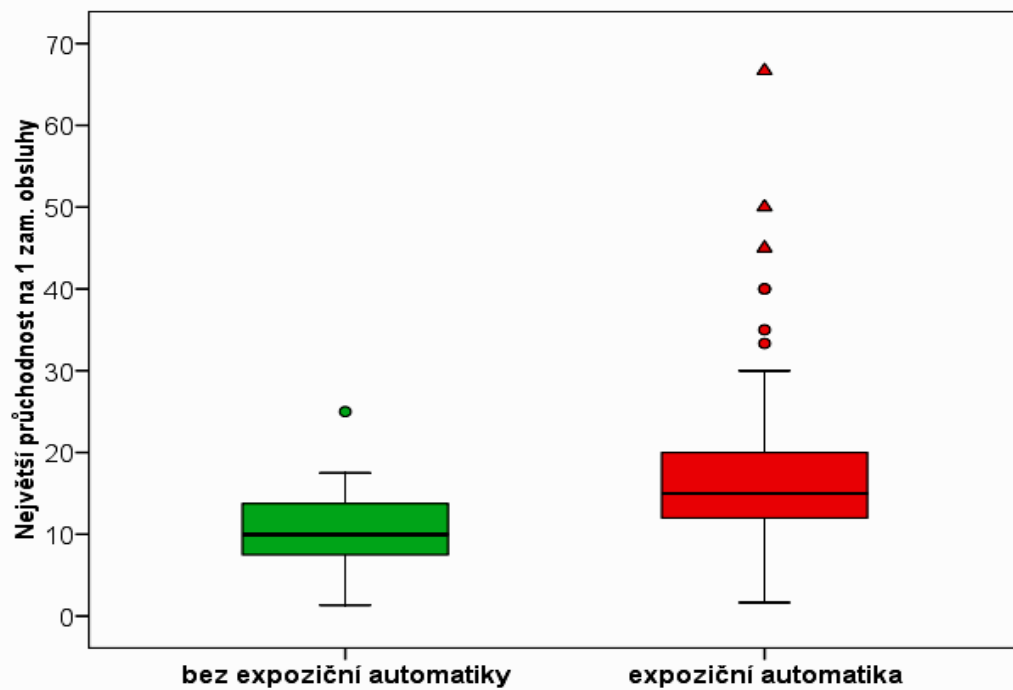
#### **4.2.10. Vliv expoziční automatiky na počet expozic**

Vliv možnosti expoziční automatiky na počet expozic byl, vzhledem k nenormální distribuci dat, posouzen pomocí neparametrického testu Mann-Whitney. Test prokázal signifikantně vyšší počet expozic za hodinu i signifikantně vyšší počet expozic za měsíc u přístrojů s možností expoziční automatiky.

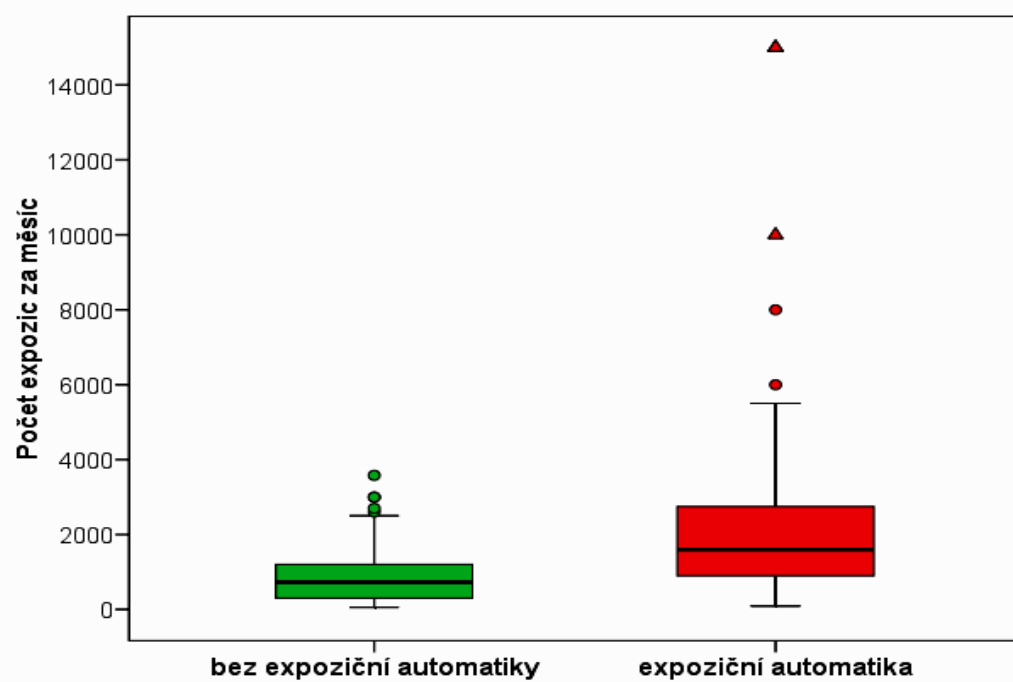
U přístrojů s možností expoziční automatiky je medián počtu expozic za hodinu (tj. největší průchodnost) na 1 zaměstnance obsluhy 15, u přístrojů bez expoziční automatiky je medián počtu expozic 10 – tento rozdíl je statisticky významný, vypočítaná hladina signifikace testu je  $p = 0,001$ .

U přístrojů s možností expoziční automatiky je medián počtu expozic za měsíc 1600, u přístrojů bez expoziční automatiky je medián počtu expozic za měsíc 726 – tento rozdíl je statisticky významný, vypočítaná hladina signifikace testu  $p = 0,002$ . Výsledek testu je znázorněn pomocí grafů 14 a 15. Popisné charakteristiky a výsledky testu jsou uvedeny v příloze 7.





Graf 14 – Vliv expoziční automatiky na průchodnost



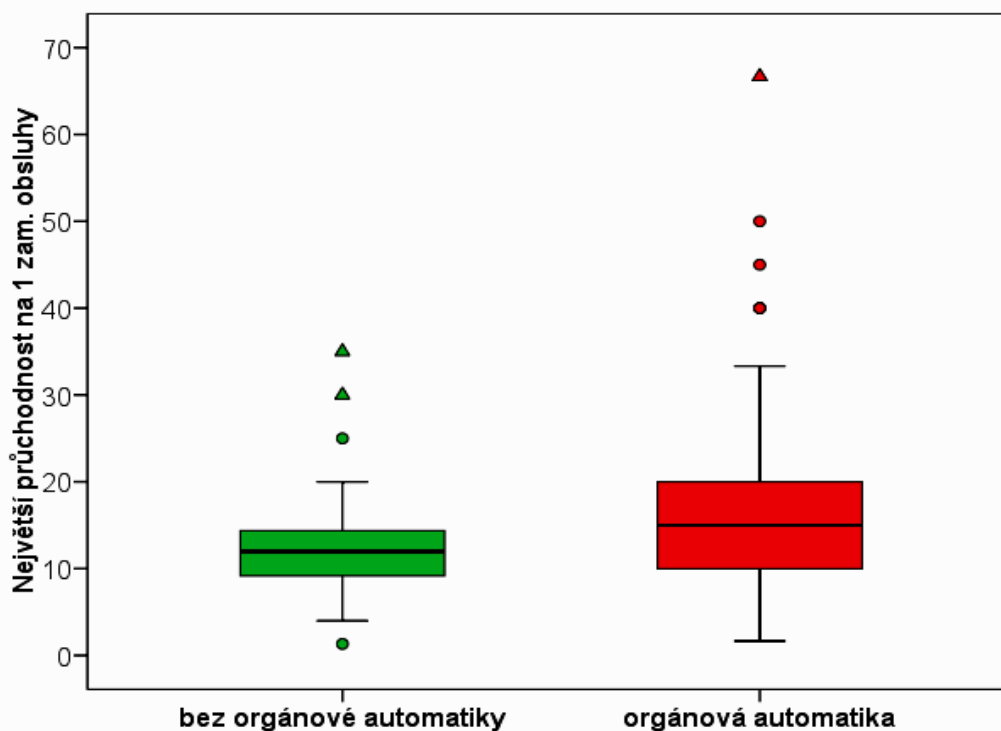
Graf 15 – Vliv expoziční automatiky na počet expozič

#### 4.2.11. Vliv orgánové automatiky na počet expozic

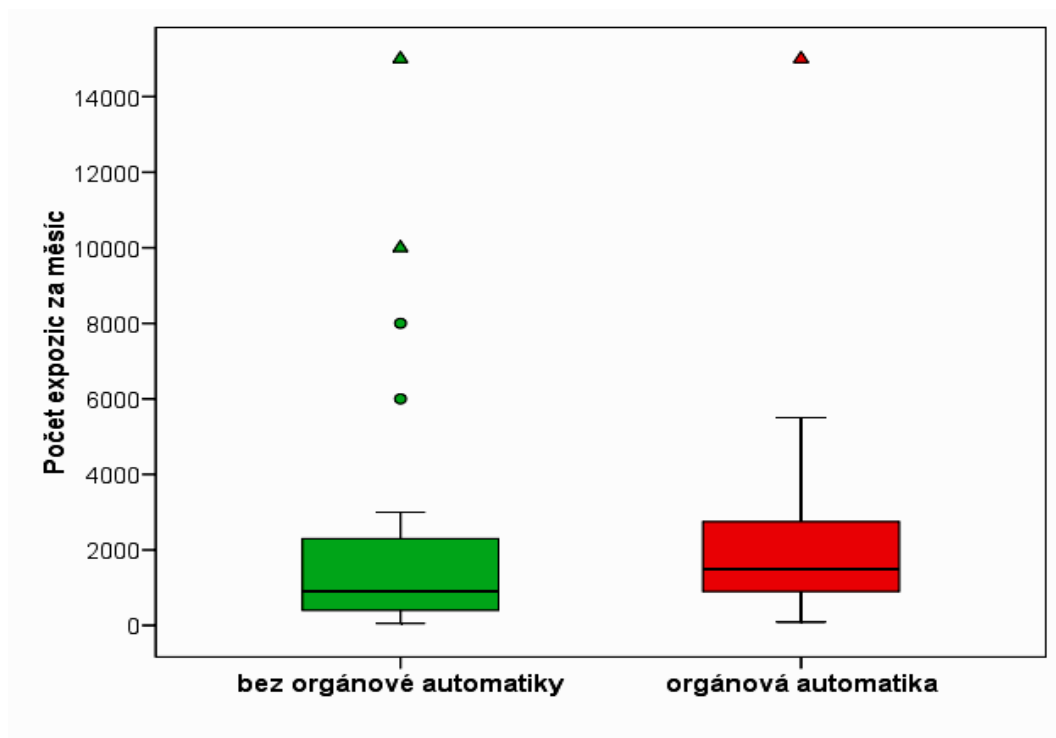
Vliv možnosti orgánové automatiky na počet expozic byl, vzhledem k nenormální distribuci dat, posouzen pomocí neparametrického testu Mann-Whitney. Test prokázal signifikantně vyšší počet expozic za hodinu i signifikantně vyšší počet expozic za měsíc u přístrojů s možností orgánové automatiky.

U přístrojů s možností orgánové automatiky je medián počtu expozic za hodinu (tj. největší průchodnost) na 1 zaměstnance obsluhy 15, u přístrojů bez orgánové automatiky je medián počtu expozic 12 – tento rozdíl je statisticky významný, vypočítaná hladina signifikace testu je  $p = 0,024$ .

U přístrojů s možností orgánové automatiky je medián počtu expozic za měsíc 1490, u přístrojů bez orgánové automatiky je medián počtu expozic za měsíc 906 – tento rozdíl je statisticky významný, vypočítaná hladina signifikace testu  $p = 0,033$ . Výsledek testu je znázorněn pomocí grafů 16 a 17. Popisné charakteristiky a výsledky testu jsou uvedeny v příloze 7.



Graf 16 - Vliv orgánové automatiky na průchodnost



Graf 17 – Vliv orgánové automatiky na počet expozic

#### 4.3. Stanovení typů pracoviště

Pomocí dotazníkového průzkumu se nepodařilo potvrdit původní předpoklad o provádění různých výkonů podle specializace pracoviště. Naprostá většina dotazovaných pracovišť, která uvedla nějakou specializaci, provádí v různém rozsahu snímkování všech uváděných orgánů i skeletu. 46 pracovišť (59% ze sledovaného souboru navíc není žádným způsobem specializováno.)

Určitou výjimku tvoří pracoviště specializovaná na urologii, která snímkuje v největší míře ledviny a odvodné močové cesty. Ze třech takto zaměřených pracovišť je pouze jedno vybaveno specializovaným přístrojem - ( MEDIO 50 CP-H URODIAGNOST MFR ) značky PHILIPS. Jeho výhodou je možnost skioskopie, jako nevýhoda zde byla uvedena nemožnost provést tomografii. Tento přístroj není vybaven vertigraferem, pro snímkování horizontální paprskem je nutné postavit snímkovací stůl i zářič podobně jako u sklopné stěny. Například snímek plic nelze vůbec realizovat, pacient

musí být odeslán na jiné pracoviště. Podle názoru RTG asistentek z tohoto pracoviště, by bylo možné provádět většinu jejich výkonů pomocí standardního přístroje.

Vzhledem k této skutečnosti bylo dále přistoupeno ke stanovení typů RTG pracoviště pouze na základě jejich vytíženosti dané počtem expozičních provedení za měsíc. Pro účely této práce byly orientačně stanoveny stupně vytíženosti pomocí výpočtu 1 až 4 kvartilů ze skupiny hodnot, které odpovídají uváděnému počtu expozičních provedení na zkoumaných pracovištích. 1 kvartil leží v rozsahu hodnot 60 – 600. Pracoviště, kde se provádí do 600 expozičních provedení měsíčně, je tedy označeno za velmi málo zatížené. 2 kvartil leží v rozsahu hodnot 600 – 1200. Pracoviště, na kterých se provádí mezi 600 až 1200 expozičních provedení za měsíc, je pokládáno za málo až středně zatížené. 3 kvartil - 1200 – 2500 expozičních provedení za měsíc definuje středně až velmi zatížená pracoviště. Pomocí 4 kvartilů - 2500 - 15 000 expozičních provedení jsou určena velmi zatížená pracoviště. Hodnota 15 000 expozičních provedení (v souboru je uvedena dvakrát – FN Olomouc, a Nemocnice České Budějovice a.s.) je pokládána za extrémní.

#### **4.4. Návrh vybavení jednotlivých typů pracoviště**

**Velmi málo** zatížená pracoviště doporučuji vybavit RTG přístrojem s následující konfigurací parametrů:

1. Sloupový stativ, který sice vyžaduje složitější manipulaci při práci, ale vzhledem k malému počtu prováděných výkonů není tato skutečnost na závadu. Pomocí přístrojů se sloupovým stativem lze provádět všechny běžné skiografické výkony. Výhodou sloupového stativu je nižší cena ve srovnání se stropním závěsem.
2. Multipulsní generátor. Podle provedeného testu je vliv multipulsního generátoru na počet expozičních provedení za hodinu tj. průchodnost pracoviště statisticky významný, jeho hlavní výhodou je však možnost přesně reprodukovat velmi krátké expozice. I málo zatížená pracoviště musí usilovat o co nejvyšší kvalitu snímků.
3. Výkon generátoru 30 - 50 kW. Přístroje s výkonnějším generátorem umožňují docílit požadované zčernání při použití kratší expozice než přístroje s generátorem méně výkonným. Generátory nejpoužívanějších přístrojů CHIRANA MP 15 mají sice výkon jen

15 kW, ale z důvodu eliminace pohybové neostrosti navrhuji akceptovat doporučení výrobců RTG techniky a u nových přístrojů používat generátor s vyšším výkonem.

4. DAP metr. U nových přístrojů je jeho použití povinné.

5. Expoziční automatika. Má vliv na kvalitu snímků, proto její používání doporučuji.

6. Elevační stůl není podle mého názoru pro tento typ pracoviště nezbytný, ale jeho případné pořízení zvýší komfort pacientů i personálu.

Nedoporučuji pořizovat: automatické clony, přímou digitalizaci, synchronizaci pohybu sekundární clony s rentgenkou a orgánovou automatiku. Tyto funkce nemohu být na málo zatíženém pracovišti dostatečně využity.

#### **Málo až středně** zatížená pracoviště doporučuji vybavit:

1. Sloupový stativ. Stropní závěs pouze v případě, je-li pracoviště zatíženo nepravidelně a v určité době je nutné zvládnout velký nápor pacientů.

2. Multipulsní generátor, jehož výhody jsou popsány výše.

3. Výkon generátoru doporučovaných 50 kW.

4. Elevační stůl - podle výsledků statistického testu má vliv na průchodnost pracoviště a zvyšuje komfort pacientů a personálu. V dotazníkovém šetření je elevační stůl nejčastěji zmiňovanou předností přístroje a zároveň je jeho absence nejčastěji zmiňovaným nedostatkem.

5. Povinný DAP metr.

6. Expoziční automatika - má vliv na průchodnost i kvalitu snímku.

7. Orgánová automatika – podle statistického testu zvýší průchodnost pracoviště.

Nedoporučuji pořizovat: automatické clony, přímou digitalizaci, synchronizaci pohybu sekundární clony s rentgenkou. Tyto funkce by zde podle mého názoru nebyly dostatečně využity.

#### **Středně až velmi** zatížené pracoviště doporučuji vybavit:

1. Stropní závěs - podle výsledku statistického testu má velmi významný vliv na průchodnost pracoviště. Investice do stropního závěsu se tedy zhodnotí podstatným snížením pracovní zátěže obsluhy RTG přístroje.

- 2 Multipulsní generátor.
- 3 Výkon generátoru doporučených 50 kW.
- 4 Elevační stůl.
- 5 DAP metr – sice nemá podle výsledků statistického testu vliv na průchodnost pracoviště, ale jeho použití je u nových přístrojů povinné.
- 6 Expoziční automatika.
- 7 Orgánová automatika.
- 8 Automatické clony, podle výsledku statistického testu, mají vliv na průchodnost pracoviště. Navíc jejich používání snižuje riziko chybného vyclonění ozařovaného pole. Toto riziko je vyšší, pokud je obsluha nucena pracovat ve větším tempu. Nedoporučuji pořizovat: přímá digitalizace a synchronizace pohybu sekundární clony s rentgenkou by pravděpodobně nebyly dostatečně využity.

**Velmi až extrémně** zatížená pracoviště doporučuji vybavit:

- 1 Stropní závěs.
- 2 Multipulsní generátor.
- 3 Výkon generátoru více než 50 kW. Výkon rentgenky je uváděný v kW pro malé a velké ohnisko. Výkon pro velké ohnisko se zpravidla blíží výkonu generátoru, ale v žádném případě nemůže být větší. Rentgenky s vyšším výkonem vyžadují účinnější chlazení, např. pomocí nucené cirkulace chladícího oleje. S tím souvisí tepelná kapacita anody, která by pro takto vytížený přístroj měla být nejméně 300 000 HU, a tepelná kapacita zářiče (housing heat storage capacity) – nejméně  $1,5 \times 10^6$  HU. Hendee<sup>(2)</sup>
- 4 Elevační stůl.
- 5 Povinný DAP metr.
- 6 Expoziční automatika.
- 7 Orgánová automatika.
- 8 Automatické clony.
- 9 Synchronizace sekundární clony. Statistický test prokázal vliv synchronizace na průchodnost pracoviště.

10 Přímá digitalizace. Vliv přímé digitalizace sice nebyl pro nedostatek dat statisticky vyhodnocen, ale podle údajů prodejců RTG techniky a podle vyjádření RTG asistentů, které jsem získal doplňujícím rozhovorem, je vliv tohoto zařízení na průchodnost velmi významný. Nevýhodou je velmi vysoká pořizovací cena flat detektorů, ale na extrémně zatíženém pracovišti je podle mého názoru jejich použití opodstatněné.

Naprostá většina současných skiagrafičkových RTG přístrojů je vybavena dvouohniskovou rentgenkou. Menší ohnisko umožňuje snímkovat s rozlišením ve vysokém kontrastu, větší lépe odolává dopadajícím elektronům. Velikost ohniska souvisí s kvalitou RTG obrazu a je doporučována kolem 0,6 a 1,2 mm<sup>2</sup> bez ohledu na typ pracoviště.

Zařízení pro tomografii pravděpodobně nebude dostatečně využito na žádném pracovišti. Z ekonomického hlediska tedy nelze jeho nákup ospravedlnit. Je na úvaze vedení radiologické kliniky, nebo oddělení zda chce vyhovět eventuelním požadavkům konzervativních klinických lékařů.

## 5. Diskuse

Rozhodnutí o nákupu velmi drahé RTG techniky je ovlivněno řadou faktorů. Některé důvody jsou zřejmé. Mezi nimi jsou například neúnosně vysoké náklady na opravy stávajícího přístrojového vybavení. Pro možnost vyhodnocení těchto nákladů je nezbytné vést záznamy o četnosti a charakteru poruch. V podmínkách tržní ekonomiky se k nákladům na opravy přidávají také ztráty příjmů za výkony, které nebyly po dobu oprav prováděny. Dalším z důvodů je zlepšení kvality snímků a efektivity práce. Parametry staršího, i když plně funkčního a málo poruchového přístroje nemusí být v současnosti plně uspokojující. V takovém případě je na místě úvaha o případné modernizaci současného zařízení. Samostatně lze pořídit například elevační stůl nebo automatickou clonu. Do stávajícího náradí je možné integrovat i flat detektor pro přímou digitalizaci.

K méně zřejmým, ale platným důvodům patří zlepšení prestiže a komplexnosti zdravotnického zařízení. Moderní přístrojové vybavení je přitažlivé pro kvalifikovaný personál a přináší i zlepšení komfortu pro pacienta.

Podle výsledků této práce je průchodnost i počet provedených expozic podstatně vyšší na pracovištích, která používají RTG přístroje se stropním závěsem, a také tam, kde je přístroj vybaven expoziční automatikou a automatickými clonami. Kladný vliv na efektivitu práce má dále používání elevačního stolu, multipulsního generátoru, orgánové automatiky a synchronizace sekundární clony. Na málo zatížených pracovištích však pravděpodobně většina uvedených funkcí nebude dostatečně využita. Uvedené poznatky musí být zohledněny při úvahách o nákupu RTG přístroje tak, aby byla zajištěna rozumná ekonomická návratnost této investice.

V zahraniční literatuře je doporučováno sestavení orientačního plánu nákupů radiologické techniky na mnoho let. Hendee<sup>(2)</sup> navrhuje nezávazné plánování na sedm let předem. Podle mého názoru je v současnosti rychlost vývoje nových technologií tak vysoká, že se dlouhodobé plánování stává značně problematické. To se týká zejména rozvoje výpočetní techniky. Před sedmi lety si málokdo z nás dovedl představit digitalizované radiologické pracoviště a dnes jde o běžnou praxi.



Při rozhodování o nákupu nového přístroje hraje samozřejmě jednu z nejdůležitějších rolí nabídnutá cena. Dokud není vypsáno výběrové řízení, je velký problém získat přesné informace. Obchodníci obecně neradi poskytují i jen orientační ceníky, protože se tím připravují o možnost dalšího vyjednávání. V publikacích ECRI (Emergency Care Research Institute) jsou uveřejňována objektivní porovnání cen. Jde bohužel o placené informace, ale pro účely jednání s dodavatelskými firmami mohou být užitečné.

Průchodnost pracoviště i pracovní zátěž personálu je vedle parametrů RTG přístroje ovlivněna mnoha dalšími faktory. Jedná se například o přítomnost nebo nepřítomnost digitalizace a systému PACS, nutnost práce s uživatelsky více či méně příznivým informačním systémem, kvalitu počítačové sítě, velikost vyšetřovny aj. Neméně důležitá je také organizace práce. Většina pracovišť je během dne zatížena nárazově, což má souvislost s ordinačními hodinami různých ambulancí. V neposlední řadě je třeba omezovat počet neindikovaných nebo špatně indikovaných vyšetření.

Uvedené i případné další problémy lze s větším nebo menším úspěchem řešit průběžně během provozu, ale zvolené parametry nového RTG přístroje budou ovlivňovat chod pracoviště po mnoho následujících let.

## 6. Závěr

Radiologická technika patří mezi nejdražší medicínská zařízení. V této práci se potvrdila hypotéza, že volbou parametrů RTG přístroje lze ovlivnit efektivitu chodu pracoviště. Přesto, že životnost těchto přístrojů je velmi dlouhá (ve sledovaném souboru je průměrně stáří 11 let), je někdy nezbytné přistoupit buď k nákupu nového, nebo alespoň k modernizaci stávajícího přístroje. Při této příležitosti je jedinečná možnost zvolit optimální konfiguraci parametrů tak, aby nový přístroj vyhovoval po stránce efektivity práce, ale také tak, aby byl zohledněn komfort pro pacienty. Nákupem technologicky vyspělého zařízení lze snížit nadměrnou pracovní zátěž, a naopak na méně zatížených pracovištích je vhodné rozumným nákupem urychlit ekonomickou návratnost. Před specifikací požadavků musí být vyhodnocen především počet výkonů, které jsou a v budoucnu budou na daném pracovišti prováděny. Na základě této analýzy lze stanovit, které funkce jsou u nového přístroje nezbytné nebo výhodné a které by nebyly dostatečně využity.

V souladu se stanoveným cílem jsou v této práci navrženy optimální parametry RTG přístrojů pro různé typy pracoviště: Velmi málo zatížená pracoviště doporučuji vybavit sloupovým stativem, multipulsním generátorem s výkonem 30 – 50 kW a expoziční automatikou. Pro málo až středně zatížená pracoviště navrhuji navíc pořídit elevační stůl a orgánovou automatiku. Na středně až velmi zatíženém pracovišti bude dobře využít stropní závěs a automatické clony. Pouze na velmi až extrémně zatíženém pracovišti se může vyplatit investice do přístroje, který disponuje synchronizovanou sekundární clonou a zařízením pro přímou digitalizaci.

Radiologičtí asistenti by měli mít přehled o možnostech jednotlivých parametrů a funkcí přístrojů, se kterými denně pracují, nebo budou v následujících letech pracovat. Tato práce by mohla přispět ke zlepšení informovanosti všech uživatelů RTG techniky o dané problematice a dále by mohla sloužit pro orientaci členů výběrové komise, kteří se zabývají nákupem nových přístrojů.

## 7. Seznam použité literatury

1. Dowsett D., Kenny P. Johnston R.: The Physics of Diagnostic Imaging. London Hodder Arnold 2006
2. Hendee William: The Selection and Performance of Radiologic Equipment. Baltimore Williams and Wilkins 1985 s. 4.
3. Kasal Pavel: Lékařská informatika. Praha Karolinum 1998
4. Klener V., Mikušová M., Vojtíšek: Ochrana pacientů a zdravotnického personálu při radiologických vyšetřeních. Praha Avicenum Zdravotnické nakladatelství 1987
5. Komenda Stanislav: Biometrie. Olomouc Vydavatelství UP 1997
6. Komenda Stanislav: Vypočitatelná náhoda. Olomouc Vydavatelství UP 2002
7. Praktická radiologie ročník 8, číslo 3, 2003
8. Ptáček Jaroslav: Fyzika generátorů rentgenového záření. Materiál pro výuku radiologických asistentů na LF UP 2007 s. 4 – 7.
9. Ptáček Jaroslav: Systémy pro rtg diagnostiku. Materiál pro výuku radiologických asistentů na LF UP 2007 s. 6.
10. Ptáček Jaroslav: Zobrazovací technologie v rtg diagnostice. Materiál pro výuku radiologických asistentů na LF UP 2007 s. 10.
11. Sýkora Andrej: Radiológia. Prešov PU, Fakulta zdravotníctva 2002
12. Šmoranc Pavel: Rentgenová technika v lékařství. Pardubice SPE a VOŠ 2004
13. Trend, magazín pro partnery a zákazníky divize Medicínské systémy, číslo 1, 2008
14. Válek Vlastimil. Radiologické postupy (standardy) RTG diagnostiky a intervenční Radiologie. <http://www.crs.cz/>, březen 2008
15. Vyhláška č. 307/2002 Sb. státního úřadu pro jadernou bezpečnost ze dne 13. Května 2002 o radiační ochraně. § 60 odstavec 1, § 62 odstavec 1/a, § 63 odstavec 1 – 2, § 64 odstavec 1.
16. Zvárová Jana.: Základy statistiky pro biomedicínské obory. Praha Karolinum 1998
17. [www.auramedical.cz](http://www.auramedical.cz)
18. <http://cs.wikipedia.org/>
19. [www.medisol.cz](http://www.medisol.cz)

20. <http://physics.mff.cuni.cz/>
21. [www.radiologickýassistant.cz](http://www.radiologickýassistant.cz)
22. <http://www.rentgenmedikal.cz/>
23. <http://www.rtg.cz/>
24. <http://www.srla.cz/>
25. [www.sujb.cz](http://www.sujb.cz)
26. [http://www.sujb.cz/docs/Atomovy\\_zakon\\_II.pdf](http://www.sujb.cz/docs/Atomovy_zakon_II.pdf)
27. [www.suro.cz](http://www.suro.cz)
28. [www.testima.eu](http://www.testima.eu)
29. [www.uzis.cz](http://www.uzis.cz) (roční výkaz o přístrojovém vybavení)
30. [www.foma.cz](http://www.foma.cz)

## **8. Klíčová slova**

RTG přístroj

RTG pracoviště

Parametry přístroje

Průchodnost pracoviště

Statistický test

## **9. Seznam příloh**

1. Dotazník
2. Pokyny pro vyplnění dotazníku
3. Seznam dotazovaných pracovišť
4. Seznam uvedených přístrojů
5. Uváděné přednosti přístrojů
6. Uváděné nedostatky přístrojů
7. Popisné charakteristiky a výsledky testů

## Dotazník

- 1 - Název zdravotnického zařízení: \*** .....
- 2 - Specializace pracoviště** (např. ortopedie, urologie aj. případně není specializováno):  
.....
- 3 - Nepřímá digitalizace :** ano / ne
- 4 -Provoz:** zaškrtněte, případně doplňte
- a) nepřetržitý
  - b) 8 hodin
  - c) jiné .....
- 5 - Obsluha přístroje** – uveďte počet zaměstnanců obsluhujících přístroj během směny:  
.....
- 6 - Největší průchodnost ve špičce** – uveďte počet expozičních za 1 hod.: .....
- 7 - Průměrný počet expozičních za měsíc:** .....
- 8 - Skladba vyšetření :** uveďte nejčastěji snímkané orgány v pořadí 1 – 5

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....
- 5.....

Přejete si obdržet výsledky výzkumu? ano / ne  
\*Není nutno vyplnit.

9 - Typ přístroje: .....

10 - Výrobce: .....

11 - Rok výroby: .....

12 - Typ závěsu: .....

13 - Multipulsní generátor : ano / ne

14 - Výkon generátoru : .....

15 - Clony: automatické / manuální (*nehodící se škrtněte*)

16 - Možnost provést tomografii : ano / ne (*uved'te počet za rok*) .....

17 - Skiaskopická centrace : ano / ne

18 - Přímá digitalizace : ano / ne

19 - Stůl - a) elevace: ano / ne

b) synchronizace s rentgenkou: ano / ne

c) nosnost: .....

20 - DAP metr: ano / ne

21 - Expoziční automatika: ano / ne

22 - Orgánová automatika: ano / ne

23 – Má přístroj nevyužívané, (málo využívané) funkce ? :

.....  
.....

24 - Co považujete za největší přednosti a nedostatky přístroje ? :

Přednosti:.....  
.....  
.....

Nedostatky:.....  
.....  
.....



Dobrý den

Prosím o laskavé vyplnění přiloženého dotazníku podle níže uvedených pokynů. Tento dotazník slouží pro účely bakalářské práce na téma „*Optimalizace parametrů RTG přístroje v závislosti na typu pracoviště*“. Cílem je zjistit jaký vliv mají jednotlivé parametry RTG přístroje na efektivitu chodu pracoviště. Ocením i neúplně vyplněný dotazník, (v případě, že neznáte odpověď na některé otázky.) Získané údaje nebudou poskytovány dalším osobám. Uveďte také zda si přejete obdržet výsledky výzkumu.

S díky a pozdravem, Erich Radmacher.

Pokyny pro vyplnění :

První strana dotazníku slouží ke zjištění charakteristik Vašeho pracoviště.

K otázce č.5 uveďte počet zaměstnanců včetně těch kteří provádějí vyvolávání snímků, nebo úpravu obrazu.

K otázce č.6 uveďte kolik expozic je v možnostech Vašeho pracoviště zhotovit za jednu hodinu.

Odpovědi na otázky č.7 a 8 hledejte v provozním deníku, či jiné dokumentaci.

Druhá strana slouží ke zjištění parametrů Vašeho RTG přístroje.

Odpověď na většinu otázek pravděpodobně znáte. Ostatní poptávané údaje zjistíte v technické dokumentaci, která by měla být přítomna na pracovišti.

K otázce č. 19/b zvolte možnost ano, pokud je Buckyho clona uložena ve stole, nebo ve vertigrafu synchronizována s pohybem RTG zářiče a naopak.

K otázce 24 popište, co Vám usnadňuje, nebo znesnadňuje práci. Např. spolehlivost, nadstandardní či chybějící funkce, snadné nebo nesnadné ovládání, vhodný nebo nevhodný typ závěsu, vhodný nebo nevhodný typ přístroje, (proč?).

### Příloha 3. Seznam dotazovaných pracovišť

- 1 pracoviště - Dům zdraví s.r.o. Velké Meziříčí - bez specializace
- 1 pracoviště - FN. Hradec Králové - pediatrie
- 1 pracoviště - FN. Hradec Králové - neurochirurgie
- 4 pracoviště - FN. U Svaté Anny Brno - bez specializace
- 1 pracoviště - FN. U Svaté Anny Brno - ortopedie
- 3 pracoviště - FN. Motol – bez specializace
- 2 pracoviště - FN. Motol - ortopedie
- 1 pracoviště - FN. Motol - traumatologie
- 1 pracoviště - FN. Motol - urologie
- 2 pracoviště - FN. Olomouc - centrální RTG – bez specializace
- 2 pracoviště - FN. Olomouc - interna
- 2 pracoviště - FN. Olomouc - neurochirurgie
- 1 pracoviště - FN. Olomouc - pediatrie
- 1 pracoviště - FN. Olomouc - plicní
- 1 pracoviště - FN. Olomouc - ortopedie
- 1 pracoviště - FN. Olomouc - urologie
- 1 pracoviště - MIO s.r.o. Nový Jičín - plicní
- 1 pracoviště - Nemocnice České Budějovice as - traumatologie
- 1 pracoviště - Nemocnic Hranice as. - bez specializace
- 3 pracoviště - Nemocnice Prostějov as. - bez specializace
- 3 pracoviště - Nemocnice Šternberk - bez specializace
- 1 pracoviště - Nemocnice Valašské Meziříčí as. - traumatologie
- 1 pracoviště - Nemocnice Valašské Meziříčí as. - urologie
- 3 pracoviště - Nemocnice Vsetín po. - bez specializace
- 1 pracoviště - Nemocnice s poliklinikou Nový Jičín - bez specializace
- 1 pracoviště - Nemocnice s poliklinikou Nový Jičín - interna
- 1 pracoviště - Nemocnice s poliklinikou Nový Jičín - traumatologie

- 2 pracoviště - Nemocnice s poliklinikou VV Pankrác - bez specializace
- 1 pracoviště - Poliklinika Olomouc - bez specializace
- 1 pracoviště – Poliklinika Praha 8 - bez specializace
- 2 pracoviště - RTG Dr. Hacar Litovel - bez specializace
- 1 pracoviště - RTG Dr. Hacar Olomouc - bez specializace
- 1 pracoviště - SPEA Olomouc - bez specializace
- 1 pracoviště - Středomoravská nemocniční as. Přerov - bez specializace
- 1 pracoviště - Středomoravská nemocniční as. Přerov - traumatologie
- 1 pracoviště - Šumperská nemocnice as. - bez specializace
- 1 pracoviště -Šumperská nemocnice as. - traumatologie
- 2 pracoviště - Úrazová nemocnice Brno - traumatologie
- 1 pracoviště - ÚVN. Praha - bez specializace
- 2 pracoviště - ÚVN. Praha - neurologie
- 1 pracoviště - VN. Olomouc - interna
- 1 pracoviště - VN. Olomouc - ortopedie
- 1 pracoviště - VsZ. Mostiště - bez specializace
- 2 pracoviště - Železniční poliklinika - bez specializace
- 3 pracoviště - blíže neurčená poliklinika - bez specializace
- 1 pracoviště - blíže neurčené „malé skiagrafické pracoviště“ - bez specializace
- 12 pracovišť - název neuveden - bez specializace
- 1 pracoviště – název neuveden - interna

## Příloha 4. Seznam uvedených přístrojů

Typ přístroje	Výrobce	Četnost	Procenta
MP 15	CHIRANA	18	22,2
MP 30	CHIRANA	6	7,4
MP 50	CHIRANA	2	2,5
MULTIX CH	SIEMENS	1	1,2
MULTIX PRO	SIEMENS	2	2,5
MULTIX T.O.P. ACSS	SIEMENS	4	4,9
MULTIX UP	SIEMENS	1	1,2
MULTIX UPH	SIEMENS	1	1,2
AGROSTAT PLUS	MECALL	1	1,2
AGROSTAT TSH	MECALL	1	1,2
COSMOS BS	PHILIPS	1	1,2
CPI CMP 200	FOMEI PRAHA	1	1,2
CPI INDICO 100 RAD	FOMEI PRAHA	1	1,2
ddr COMBI	SWISSRAY	1	1,2
ddr MULTI - SYSTÉM	SWISSRAY	1	1,2
DEFINIUM 8000	GENERAL ELEKTRIC	1	1,2
DUROLUX	CHIRANA	1	1,2
FISCHER DIGITAL - X 625 HF	FISCHER IMAGING CORP.	1	1,2
FISCHER TRAUMEX DIGITAL	FISCHER IMAGING CORP.	1	1,2
FOMAtec	FOMA HK.	1	1,2
FOMAtec HF 50S	FOMA HK.	2	2,5
HF 50 R FOMEI	HANS PAUSCH	1	1,2
CHIRALUX 2	CHIRANA	7	8,6
MEDIO 50 CP-H URODIAGNOST MRF	PHILIPS	1	1,2
OPTIMUS 50	PHILIPS	1	1,2
PHILIPS BUCKY DIAGNOST	PHILIPS	4	4,9
PROTEUS RX/a	GENERAL ELEKTRIC	2	2,5
PROTEUS RX/I	GENERAL ELEKTRIC	2	2,5
REVOLUTION XR/a	GENERAL ELEKTRIC	1	1,2
SELECTOR MD 50	HOFMAN	3	3,7
SIREGRAPH CF	SIEMENS	1	1,2
SIREGRAPH D3	SIEMENS	1	1,2
TABLIX	CHIRANA	3	3,7
TOSHIBA	TOSHIBA	3	3,7
neuvedeno		2	2,5
Celkem		81	100,0

Příloha 5. Uváděné přednosti přístrojů

<b>Přednosti přístrojů</b>	<b>Četnost</b>	<b>Procenta</b>
elevační stůl	16	19,8
snadné ovládání	16	19,8
expoziční automatika	9	11,1
stropní závěs	8	9,9
digitalizace	4	4,9
ihned snímek	4	4,9
spolehlivost	4	4,9
automatické clony	3	3,7
orgánová automatika	3	3,7
skiaskopická centrace	2	2,5
synchronizace	2	2,5
nízká cena	1	1,2
přehledný ovladač	1	1,2
rozsah pohybu	1	1,2
rychlost	1	1,2

Příloha 6. Uváděné nedostatky přístrojů

Nedostatky přístrojů	Četnost	Procenta
není elevační stůl	15	18,5
sloupový závěs	11	13,6
zastaralost	7	8,6
není synchronizace	6	7,4
poruchovost	6	7,4
nejsou automatické clony	5	6,2
není expoziční automatika	4	4,9
není orgánová automatika	4	4,9
není skiaskopická centrace	4	4,9
nepřehledný ovládací panel	4	4,9
nesnadná manipulace	2	2,5
fixace lampy se stolem	1	1,2
jen jeden detektor	1	1,2
malý sklon lampy	1	1,2
malý výkon	1	1,2
není digitalizace	1	1,2
není tomografie	1	1,2
nevhodný stůl	1	1,2
poruchy synchronizace	1	1,2

Příloha 7. Popisné charakteristiky a výsledky testů Mann-Whitney

**Vliv nepřímé digitalizace na počet expozi**

Nepřímá digitalizace		Největší průchodnost	Největší průchodnost vztažená na 1 zaměstnance obsluhy	Počet expozi za měsíc
ano	N	16	16	16
	Medián	37,5	16,3	1900,0
	Průměr	36,9	19,9	4206,3
	Směrodatná odchylka	18,7	12,1	4979,9
ne	N	58	58	59
	Medián	25,0	12,5	1080,0
	Průměr	30,0	14,5	1525,9
	Směrodatná odchylka	22,5	11,0	1337,4

**Ranks**

Nepřímá digitalizace		N	Průměrné pořadí	Součet pořadí
Největší průchodnost	ne	58	35,38	2052,00
	ano	16	45,19	723,00
	Celkem	74		
Největší průchodnost vztažená na 1 zaměstnance obsluhy	ne	58	35,16	2039,50
	ano	16	45,97	735,50
	Celkem	74		
Počet expozi za měsíc	ne	59	35,03	2067,00
	ano	16	48,94	783,00
	Celkem	75		

**Test Statistics<sup>a</sup>**

	Největší průchodnost	Největší průchodnost vztažená na 1 zaměstnance obsluhy	Počet expozi za měsíc
Mann-Whitneyho U	341,000	328,500	297,000
Wilcoxonovo W	2052,000	2039,500	2067,000
Z	-1,622	-1,786	-2,265
Asymptotická signifikance (oboustranná)	,105	,074	<b>,024</b>

a. Grouping Variable: Nepřímádig

### Vliv typu závěsu na počet expozic

Typ závěsu		Největší prů- chodnost	Největší prů- chodnost vzta- žená na 1 zaměstnance obsluhy	Počet expo- zic za měsíc
sloup	N	31	31	33
	Medián	20,0	10,0	600,0
	Průměr	23,2	11,7	1171,3
	Směrodatná odchylka	15,6	7,0	1757,9
stropní	N	39	39	38
	Medián	35,0	15,0	2050,0
	Průměr	38,8	19,3	3012,0
	Směrodatná odchylka	24,5	13,4	3299,4

### Ranks

	závěs	N	Průměrné pořadí	Součet pořadí
Největší průchodnost	sloup	31	27,31	846,50
	stropní	39	42,01	1638,50
	Celkem	70		
Největší průchodnost vztážená na 1 zaměstnance obsluhy	sloup	31	27,29	846,00
	stropní	39	42,03	1639,00
	Celkem	70		
Počet expozic za měsíc	sloup	33	24,33	803,00
	stropní	38	46,13	1753,00
	Celkem	71		

### Test Statistics<sup>a</sup>

	Největší průchodnost	Největší průchodnost vztážená na 1 zaměstnance obsluhy	Počet expozic za měsíc
Mann-Whitney U	350,500	350,000	242,000
Wilcoxon W	846,500	846,000	803,000
Z	-3,017	-3,023	-4,441
Signifikance	<b>,003</b>	<b>,003</b>	<b>,00001</b>

a. Grouping Variable: závěs



### Vliv multipulsního generátoru na počet expozic

Multipulsní generátor		Největší průchodnost	Největší průchodnost vztažená na 1 zaměstnance obsluhy	Počet expozic za měsíc
ano	N	62	62	64
	Medián	27,5	13,3	1200,0
	Průměr	33,2	16,9	2163,6
	Směrodatná odchylka	22,7	11,9	2918,0
ne	N	13	13	12
	Medián	20,0	10,0	1107,5
	Průměr	24,1	10,1	1612,9
	Směrodatná odchylka	14,7	5,3	1628,4

### Ranks

	multipulsní generátor	N	Průměrné pořadí	Součet pořadí
Největší průchodnost	ne	13	30,69	399,00
	ano	62	39,53	2451,00
	Celkem	75		
Největší průchodnost vztažená na 1 zaměstnance obsluhy	ne	13	23,92	311,00
	ano	62	40,95	2539,00
	Celkem	75		
Počet expozic za měsíc	ne	12	35,08	421,00
	ano	64	39,14	2505,00
	Celkem	76		

### Test Statistics<sup>a</sup>

	Největší průchodnost	Největší průchodnost vztažená na 1 zaměstnance obsluhy	Počet expozic za měsíc
Mann-Whitneyho U	308,000	220,000	343,000
Wilcoxonovo W	399,000	311,000	421,000
Z	-1,335	-2,572	-,584
Asymptotická signifikance (oboustranná)	,182	<b>,010</b>	,559

a. Grouping Variable: multipulsní

### Vliv typu clony na počet expozic

Clony	Největší průchodnost	Největší průchodnost vztážená na 1 zaměstnance obsluhy	Počet expozic za měsíc
automat. N	14	14	14
Medián	40,0	20,0	2187,5
Průměr	47,5	25,0	3136,6
Směrodatná odchylka	32,2	17,9	3654,7
manuální N	58	58	60
Medián	25,0	12,5	1019,0
Průměr	27,7	13,3	1863,0
Směrodatná odchylka	16,7	8,0	2516,9

### Ranks

Clona	N	Průměrné pořadí	Součet pořadí
Největší průchodnost manuální	58	33,53	1944,50
automat.	14	48,82	683,50
Celkem	72		
Největší průchodnost vztážená na 1 zaměstnance obsluhy manuální	58	33,61	1949,50
automat.	14	48,46	678,50
Celkem	72		
Počet expozic za měsíc manuální	60	34,82	2089,00
automat.	14	49,00	686,00
Celkem	74		

### Test Statistics<sup>a</sup>

	Největší průchodnost	Největší průchodnost vztážená na 1 zaměstnance obsluhy	Počet expozic za měsíc
Mann-Whitneyho U	233,500	238,500	259,000
Wilcoxonovo W	1944,500	1949,500	2089,000
Z	-2,464	-2,394	-2,223
Asymptotická signifikance (oboustranná)	<b>,014</b>	<b>,017</b>	<b>,026</b>

a. Grouping Variable: Clona

## Vliv přímé digitalizace na počet expozi

### Popisné charakteristiky

Přímá digitalizace		Největší prů- chodnost	Největší prů- chodnost vzta- žená na 1 zaměstnance obsluhy	Počet expo- zic za měsíc
ano	N	4	4	6
	Medián	90,0	40,0	2028,5
	Průměr	82,5	40,4	2024,0
	Směrodatná odchylka	38,6	21,1	1230,6
ne	N	71	71	70
	Medián	25,0	12,5	1145,5
	Průměr	28,7	14,3	2081,2
	Směrodatná odchylka	16,6	8,9	2851,6

### Vliv elevace stolu na počet expozic

Stůl elevace		Největší průchodnost	Největší průchodnost vztažená na 1 zaměstnance obsluhy	Počet expozic za měsíc
ano	N	46	46	44
	Medián	30,0	14,4	1589,5
	Průměr	37,6	18,0	2647,2
	Směrodatná odchylka	24,2	12,4	3384,0
ne	N	28	28	31
	Medián	25,0	11,8	1091,0
	Průměr	22,8	12,5	1331,9
	Směrodatná odchylka	12,1	8,3	1164,4

### Ranks

	elevace	N	Průměrné pořadí	Součet pořadí
Největší průchodnost	ne	28	28,52	798,50
	ano	46	42,97	1976,50
	Celkem	74		
Největší průchodnost vztažená na 1 zaměstnance obsluhy	ne	28	30,04	841,00
	ano	46	42,04	1934,00
	Celkem	74		
Počet expozic za měsíc	ne	31	32,29	1001,00
	ano	44	42,02	1849,00
	Celkem	75		

### Test Statistics<sup>a</sup>

	Největší průchodnost	Největší průchodnost vztažená na 1 zaměstnance obsluhy	Počet expozic za měsíc
Mann-Whitneyho U	392,500	435,000	505,000
Wilcoxonovo W	798,500	841,000	1001,000
Z	-2,815	-2,340	-1,906
Asymptotická signifikance (oboustranná)	<b>,005</b>	<b>,019</b>	,057

a. Grouping Variable: elevace

### Vliv synchronizace na počet expozic

Stůl synchronizace s rentgenkou		Největší průchodnost	Největší průchodnost vztažená na 1 zaměstnance obsluhy	Počet expozic za měsíc
ano	N	16	16	14
	Medián	30,0	12,9	1019,0
	Průměr	39,1	18,5	1802,5
	Směrodatná odchylka	24,3	15,2	1605,3
ne	N	57	57	59
	Medián	25,0	12,5	1200,0
	Průměr	29,9	15,2	2150,0
	Směrodatná odchylka	20,7	10,1	3015,7

### Ranks

	synchronizace	N	Průměrné pořadí	Součet pořadí
Největší průchodnost	ne	57	34,95	1992,00
	ano	16	44,31	709,00
	Celkem	73		
Největší průchodnost vztažená na 1 zaměstnance obsluhy	ne	57	36,09	2057,00
	ano	16	40,25	644,00
	Celkem	73		
Počet expozic za měsíc	ne	59	36,61	2160,00
	ano	14	38,64	541,00
	Celkem	73		

### Test Statistics<sup>a</sup>

	Největší průchodnost	Největší průchodnost vztažená na 1 zaměstnance obsluhy	Počet expozic za měsíc
Mann-Whitneyho U	339,000	404,000	390,000
Wilcoxonovo W	1992,000	2057,000	2160,000
Z	-1,567	-,696	-,322
Asymptotická signifikance (oboustranná)	,117	,486	,747

a. Grouping Variable: synchronizace

### Vliv DAP metru na počet expozic

DAP metr		Největší prů- chodnost	Největší prů- chodnost vzta- žená na 1 zaměstnan- ce obsluhy	Počet expo- zic za měsíc
ano	N	26	26	26
	Medián	28,8	15,0	1145,5
	Průměr	36,2	20,0	2485,8
	Směrodatná odchylka	27,8	15,3	3107,1
ne	N	47	47	48
	Medián	25,0	12,5	1200,0
	Průměr	28,8	13,4	1610,3
	Směrodatná odchylka	17,2	7,9	1751,2

### Ranks

	DAP	N	Průměrné pořadí	Součet pořadí
Největší průchodnost	ne	47	35,46	1666,50
	ano	26	39,79	1034,50
	Celkem	73		
Největší průchodnost vztážená na 1 zaměstnan- ce obsluhy	ne	47	33,89	1593,00
	ano	26	42,62	1108,00
	Celkem	73		
Počet expozic za měsíc	ne	48	34,56	1659,00
	ano	26	42,92	1116,00
	Celkem	74		

### Test Statistics<sup>a</sup>

	Největší průchodnost	Největší průchodnost vztážená na 1 zaměstnan- ce obsluhy	Počet expozic za měsíc
Mann-Whitneyho U	538,500	465,000	483,000
Wilcoxonovo W	1666,500	1593,000	1659,000
Z	-,839	-1,690	-1,597
Asymptotická signifikance (oboustranná)	,401	,091	,110

a. Grouping Variable: DAP

### Vliv expoziční automatiky na počet expozic

Expoziční automatika		Největší průchodnost	Největší průchodnost vztažená na 1 zaměstnance obsluhy	Počet expozic za měsíc
ano	N	45	45	47
	Medián	30,0	15,0	1600,0
	Průměr	36,7	18,9	2665,5
	Směrodatná odchylka	23,6	13,1	3284,3
ne	N	30	30	29
	Medián	22,5	10,0	726,0
	Průměr	24,0	10,9	1122,3
	Směrodatná odchylka	16,0	5,0	1031,2

### Ranks

	Expoziční automatika	N	Průměrné pořadí	Součet pořadí
Největší průchodnost	ne	30	29,82	894,50
	ano	45	43,46	1955,50
	Celkem	75		
Největší průchodnost vztažená na 1 zaměstnance obsluhy	ne	30	28,18	845,50
	ano	45	44,54	2004,50
	Celkem	75		
Počet expozic za měsíc	ne	29	28,67	831,50
	ano	47	44,56	2094,50
	Celkem	76		

### Test Statistics<sup>a</sup>

	Největší průchodnost	Největší průchodnost vztažená na 1 zaměstnance obsluhy	Počet expozic za měsíc
Mann-Whitney U	429,500	380,500	396,500
Wilcoxon W	894,500	845,500	831,500
Z	-2,666	-3,198	-3,049
Asymp. Sig. (2-tailed)	<b>,008</b>	<b>,001</b>	<b>,002</b>

a. Grouping Variable: Expoziční automatika

### Vliv orgánové automatiky na počet expozic

Orgánová automatika		Největší průchodnost	Největší průchodnost vztažená na 1 zaměstnance obsluhy	Počet expozic za měsíc
ano	N	40	40	40
	Medián	30,0	15,0	1489,5
	Průměr	36,5	18,4	2144,8
	Směrodatná odchylka	24,6	13,5	2428,8
ne	N	35	35	36
	Medián	25,0	12,0	906,0
	Průměr	26,0	12,6	2001,0
	Směrodatná odchylka	16,4	7,1	3108,6

### Ranks

	orgánová automatika	N	Průměrné pořadí	Součet pořadí
Největší průchodnost	ne	35	32,51	1138,00
	ano	40	42,80	1712,00
	Celkem	75		
Největší průchodnost vztažená na 1 zaměstnance obsluhy	ne	35	31,96	1118,50
	ano	40	43,29	1731,50
	Celkem	75		
Počet expozic za měsíc	ne	36	32,82	1181,50
	ano	40	43,61	1744,50
	Celkem	76		



**Test Statistics<sup>a</sup>**

	Největší průchodnost	Největší průchodnost vztažená na 1 zaměstnance obsluhy	Počet expozic za měsíc
Mann-Whitneyho U	508,000	488,500	515,500
Wilcoxonovo W	1138,000	1118,500	1181,500
Z	-2,048	-2,256	-2,129
Asymptotická signifikance (obousměrná)	<b>,041</b>	<b>,024</b>	<b>,033</b>

a. Grouping Variable: orgánautomatika