



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

## DESIGN PANORAMATICKÉHO ZUBNÍHO RENTGENU

DESIGN OF PANORAMIC DENTAL X-RAY MACHINE

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Zuzana Juráňová

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Dana Rubínová, Ph.D.

BRNO 2016



## Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav konstruování  
Studentka: **Bc. Zuzana Juráňová**  
Studijní program: Aplikované vědy v inženýrství  
Studijní obor: Průmyslový design ve strojírenství  
Vedoucí práce: **Ing. Dana Rubínová, Ph.D.**  
Akademický rok: 2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### Design panoramatického zubního rentgenu

#### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Analýza a návrh designu panoramatického zubního rentgenu. Návrh má splňovat obecné předpoklady průmyslového designu - respektovat funkční, konstrukční, technologické, estetické a ergonomické zákonitosti.

#### Cíle diplomové práce:

Diplomová práce musí obsahovat: (odpovídá názvům jednotlivých kapitol v práci)

1. Úvod
2. Přehled současného stavu poznání
3. Analýza problému a cíl práce
4. Variantní studie designu
5. Tvarové řešení
6. Konstrukčně technologické a ergonomické řešení
7. Barevné a grafické řešení
8. Diskuze
9. Závěr
10. Seznam použitých zdrojů

Forma práce: průvodní zpráva, sumarizační poster, technický poster, ergonomický poster, designérský poster, fotografie modelu, fyzický model

Typ práce: designérská

Účel práce: vzdělávání

Výstup práce: funkční vzorek

Projekt: Specifický vysokoškolský výzkum

Rozsah práce: cca 72 000 znaků (40 - 50 stran textu bez obrázků)

Zásady pro vypracování práce: [http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP\\_DP/Zasady\\_VSKP\\_2016.pdf](http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2016.pdf)

Šablona práce: [http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/UK\\_sablona\\_praci.zip](http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/UK_sablona_praci.zip)

#### Seznam literatury:

Dreyfuss, H., Powell, E. (2012): Designing for People. Allworth, New York.

Fiell, C., Fiell, P. (2001): Designing the 21st Century. TASCHEN, Kolín nad Rýnem.

Johnson, M. (2002): Problem solved. Phaidon, Londýn.

Lidwell, W., Manacsa, G. (2008): Deconstructing product design. Rockport Publishers, Massachusetts.

Morris, R. (2009): The Fundamentals of Product Design. AVA Publishing SA, Lausanne.

Norman, D. A. (2004): Emotional Design. Basic Books, New York.

Pelcl, J., a kol. (2012): Design od myšlenky k realizaci. Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, Praha.

Thomson, R. (2011): The Manufacturing Guides, Product and Furniture Design. Thames & Hudson Ltd., Londýn.

Thomson, R. (2011): The Manufacturing Guides, Prototyping and Low-volume Production. Thames & Hudson Ltd., Londýn.

Tichá, J., Kaplický, J. (2002): Future systems. Zlatý řez, Praha.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16.

V Brně, dne 26. 11. 2015



v.ř. 

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.  
ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Kaplický, Ph.D.  
děkan

## **ABSTRAKT**

---

Tématem této diplomové práce je design panoramatického zubního rentgenu. Hlavním přínosem je nový pohled na ergonomické řešení pacienta i obsluhy. Cílem je vytvořit přístroj s inovativním zakomponováním sezení pro pacienta, a vylepšeným přístupem k ovládání pro obsluhu. Zároveň je ale nutné zachovat všechny nutné technické, ergonomické, estetické a ekologické požadavky. Výsledný návrh by měl být schopen konkurence vůči stávajícím výrobkům v této oblasti trhu.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

---

Design, OPG rentgen, panoramatické snímkování, radiologická stomatologie

## **ABSTRACT**

---

The topic of this thesis is design of a panoramic X-ray. The main contribution is a new view on ergonomics of operator and a possibility of seating for patient. The aim is to create a device with innovative seating incorporated into the supporting leg of the machine, and to improve an ergonomics of machine manipulation. But it is also necessary to maintain all the technical, ergonomic, aesthetic and environmental requirements. The final draft should be able compete with existing products on the market.

## **KEYWORDS**

---

Design, OPG radiography, panoramic imaging, radiology dentistry

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

---

JURÁŇOVÁ, Z. Design panoramatického zubního rentgenu. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 88 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Dana Rubínová, Ph.D..



## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI

---

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Design panoramatického zubního rentgenu zpracovala samostatně, a že všechny zdroje, které jsem využila, jsou uvedeny v seznamu použitých zdrojů.

V Brně, dne \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
**Zuzana Juráňová**

## PODĚKOVÁNÍ

---

Ráda bych poděkovala všem, kteří mi nějakým způsobem pomohli při tvorbě mé diplomové práce. Jmenovitě mé vedoucí Ing. Daně Rubínové, Ph.D. za všechny rady a připomínky, které mě navedly správným směrem, mým rodičům za psychickou podporu a finanční pomoc, panu Davidu Adamcovi za pozvání na výstavu lékařské techniky v Praze a dalším, kteří mi pomohli a poradili zejména v oblasti konstrukční a technologické.

V neposlední řadě děkuji svým spolužákům za trpělivost a pomoc nejen při tvorbě této práce, ale po celou dobu studia.





**OBSAH**

<b>ABSTRAKT</b>	<b>5</b>
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>5</b>
<b>KEYWORDS</b>	<b>5</b>
<b>BIBLIOGRAFICKÁ CITACE</b>	<b>5</b>
<b>PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI</b>	<b>7</b>
<b>PODĚKOVÁNÍ</b>	<b>7</b>
<b>OBSAH</b>	<b>9</b>
<b>1 ÚVOD</b>	<b>13</b>
<b>2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ</b>	<b>15</b>
2.1 Designérská analýza	15
2.1.1 Předchůdci moderních panoramatických přístrojů	15
2.1.2 Současné OPG přístroje	16
2.1.3 Výběr zástupců současného trhu	19
2.1.4 Atypické řešení některých přístrojů na trhu	22
2.2 Marketingová analýza	24
2.2.1 Podnikatelská strategie	24
2.2.2 Analýza tržních příležitostí	24
2.2.3 Analýza a výběr cílových trhů	25
2.2.4 Marketingová strategie	26
2.2.5 SWOT analýza	27
2.3 Technická analýza	27
2.3.1 Moderní panoramatické OPG rentgenové přístroje	28
2.3.2 Rozměry a konstrukce OPG přístroje	28
2.3.3 Ovládání	31
2.3.4 Digitální snímkování	32
2.3.5 Hybridní OPG přístroje	33
2.3.6 Bezpečnost přístroje	33
2.3.7 Shrnutí	34
<b>3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE</b>	<b>35</b>
3.1 Technické problémy	35
3.2 Cíle práce	35
3.3 Vyhodnocení ankety a vlastní zkušenosti se přístrojem	36
<b>4 VARIANTNÍ STUDIE</b>	<b>37</b>
4.1 Variantní studie 1	37
4.1.1 Tvarové (kompoziční) řešení	37
4.1.2 Ergonomické řešení	38
4.1.3 Konstrukčně-technologické řešení	39
4.2 Variantní studie 2	39
4.2.1 Tvarové (kompoziční) řešení	39
4.2.2 Ergonomické řešení	40
4.2.3 Konstrukčně-technologické řešení	40
4.3 Variantní studie 3	41
4.3.1 Tvarové (kompoziční) řešení	41
4.3.2 Ergonomické řešení	42
4.3.3 Konstrukčně-technologické řešení	43

---

4.4	Shrnutí	43
4.5	Finální řešení	44
<b>5</b>	<b>TVAROVÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>45</b>
5.1	Tvarové (kompoziční) řešení	45
5.1.1	Stojná noha	46
5.1.2	Sedátko	47
5.1.3	Rameno a rotační hlavice	47
5.1.4	Další části přístroje	48
5.1.5	Tablet	49
5.1.6	Charakter designu	50
5.1.7	Výraz designu	50
5.1.8	Přidaná hodnota	50
<b>6</b>	<b>KONSTRUKČNĚ-TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>51</b>
6.1	Konstrukčně-technologické	51
6.1.1	Základní požadavky na umístění přístroje	51
6.1.2	Základní rozměry	52
6.1.3	Technické specifikace:	53
6.1.4	Technické řešení finálního návrhu	53
6.1.5	Podstavná plocha a stojná noha	54
6.1.6	Sedátko	56
6.1.7	Rameno	57
6.1.8	Rotační hlavice	58
6.1.9	Podpěry a úchopy hlavy pacienta	59
6.1.10	Tablet	59
6.1.11	Umístění laserů	60
6.1.12	Použité materiály	61
6.2	Ergonomické řešení	61
6.2.1	Ovladače a sdělovače	61
6.2.2	Konektory	63
6.2.3	Zorné pole obsluhy	64
6.2.4	Ustavení pacienta	65
6.2.5	Ergonomie sezení	66
6.2.6	Bezpečnost a hygiena	66
<b>7</b>	<b>BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>68</b>
7.1	Barva	68
7.2	Barevné varianty	69
7.3	Grafické řešení	70
7.3.1	Název přístroje a logotyp	70
7.3.2	Grafické řešení software	71
<b>8</b>	<b>DISKUZE</b>	<b>72</b>
8.1	Psychologické aspekty	72
8.2	Ekonomické aspekt	72
8.3	Sociální aspekty	73
8.3.1	Ekologie	73
	<b>ZÁVĚR</b>	<b>74</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b>	<b>76</b>

<b>SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ</b>	<b>79</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	<b>81</b>
<b>ZMENŠENÉ POSTERY</b>	<b>82</b>
<b>FOTOGRAFIE MODELU</b>	<b>86</b>



## 1 ÚVOD

Dentální radiologie je lékařský obor zabývající se primárně zobrazovací činností. Tento obor hraje v moderní medicíně velkou roli, jelikož se v posledních několika desítkách let rychle rozvíjí, jsou objevovány nové radiologické metody a tím se zkvalitňuje a zdetailňuje možnost vyšetření lidského těla, a tedy i zjištění případných problémů. [1]

Některé požadavky stomatologů se neustále vyvíjejí, ale některé zůstávají nezměněné. Většinou nejdůležitější parametr, který stomatologové uvádějí, je zvýšený komfort a rychlost ošetření jak pro samotného lékaře, tak i pro pacienta. Aby toho však bylo dosaženo, je třeba mít právě kvalitní diagnostický nástroj, který zaručí vysokou kvalitu a přesnost snímků. Bohužel s kvalitou snímků bývají často potíže, což je způsobeno zejména nestálou či přímo nedostatečnou kvalitou snímků z některých rentgenových pracovišť, což je často jedním z dalších důvodů pro pořízení vlastního panoramatického rentgenu neboli OPG do ordinace. [2]

Do styku s tímto přístrojem přichází čím dál tím více pacientů, a také více lékařů si z důvodu kvalitních výsledků přístroj pořizuje a do budoucna je prognóza poptávky vysoká. Proto se ve své práci zaměřím zejména na zkvalitnění měření formou pohodlnější formy obsluhy přístroje pro lékaře, ale také samotného procesu měření pro pacienta.

Přínosem této práce může být právě vylepšení dosavadní zdravotnické techniky a uplatnění nových přístupů v řešení obsluhy přístroje a umístění pacienta, jelikož se firmy v současnosti zaměřují spíše na kvalitu software, a ergonomie tohoto zařízení je až na druhém místě.

Velký důraz v diplomové práci bude tedy kladen na ergonomické řešení přístroje. Protože v současnosti také ubývá čistě dětských zubních ordinací a obsluha tedy musí přístroj nastavovat do různých výšek několikrát denně, je nutné, aby toto nastavování probíhalo co nejjednodušeji a nejpohodlněji. Dalším ergonomickým problémem může být, že existují dentální rentgeny pouze pro stání anebo pouze pro sezení, přičemž častěji ordinace disponují přístroji pro stání. Proto v případě, že si například starší osoba potřebuje u zařízení na stání sednout, je nutné přinést židli. Zde vidím potenciál v kombinaci těchto dvou variant a zabudování sezení do stojanu přístroje na stání.

Díky vhodnému tvarování a barevnosti by měl rentgen také zapadnout do prostředí ordinací a mít příznivý vliv na psychiku pacientů i ošetřujícího personálu.



## 2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

2

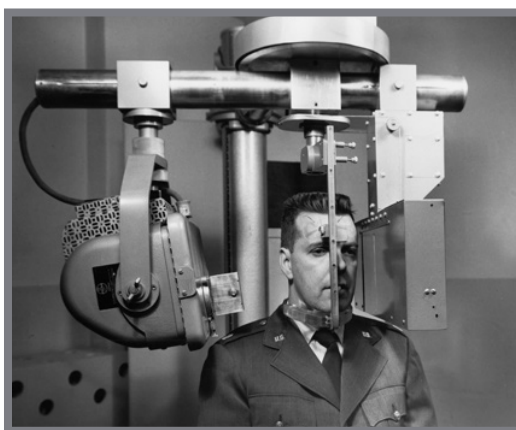
### 2.1 Designérská analýza

2.1

#### 2.1.1 Předchůdci moderních panoramatických přístrojů

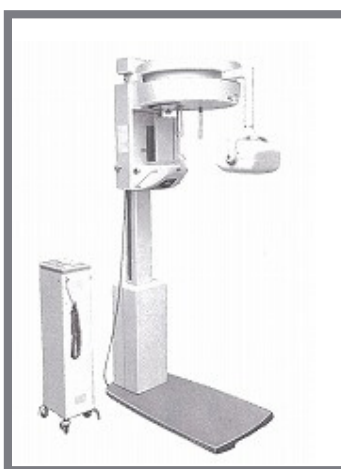
2.1.2

První panoramatický rentgen byl vynalezen společností American Dental Association v roce 1952. Již od prvního pohledu na přístroj je zřejmé, že ačkoliv samotný vynález byl jistě zdrojem velkého ohlasu, přístroj jako takový působí velice nedůvěryhodně. Ačkoliv základní konstrukce tehdejšího přístroje je velmi podobná moderním přístrojům, kovové součásti a nezakryté komponenty působí na první pohled příliš robustně, chladně až nebezpečně, a celá konstrukce nebudí příliš pozitivní pocity. Tvarování přístroje je striktně účelové a je zřejmé, že vzhled přístroje a pocity pacientů při pohledu na něj byly pro výrobce nedůležité. [3]



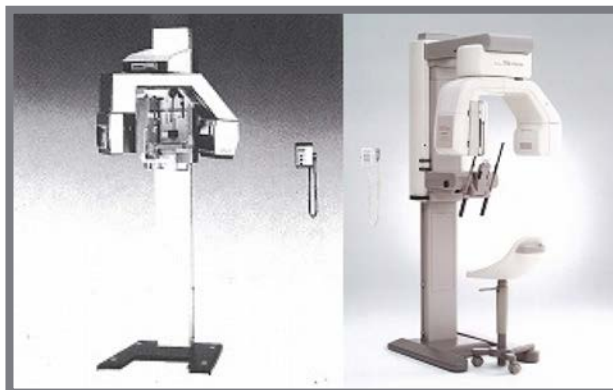
Obr. 2-1 První stroj z roku 1952 [3]

V roce 1972 firma Morita uvádí na americký trh přístroj Panex. Tento přístroj již více připomíná současný vzhled, zejména bílou barvou přístroje a celkovým plastovým zakrytím zvyšuje uživatelský komfort a zpříjemňuje samotný proces.



Obr. 2-2 Panex z roku 1972 [4]

Jednotlivé prvky se ale liší od předchůdce i nástupců například kruhovitou otočnou základnou a tvarováním snímacích částí. [4]



Obr. 2-3 Stroje firmy Morita z let 1979 a 1994 [4]

Roku 1979 stejná firma uvedla na trh OPG přístroj Veraview, již velmi podobný moderním přístrojům. Geometrické tvarování do tvaru kvádrů a robustnější vzhled otočné základny byl později přenesen roku 1994 do modelu Veraview Scope, prvnímu multifunkčnímu rtg pro panoramatické a tomografické zobrazování pomocí lineárního i paralelního pohybu. To vedlo později ke vzniku prvního 3D/CBCT přístroje. [4]

---

### 2.1.2 Současné OPG přístroje

#### Vzhled přístrojů

Celkový tvar a vzhled jsou mezi jednotlivými současnými přístroji na první pohled velmi podobné. Při bližším srovnání je však poměrně snadné objevit jednotlivé odchylky, především ve vzhledu a umístění ovládacích prvků, tvarování detailů otočné hlavice a jejího úchopu na rameno stojanu a řešení úchopového systému hlavy pacienta. Dále pozorujeme odlišnosti ve spodní části stojanu, závislé na upevnění přístroje. Dle toho je stojan buď pouze formou stojného sloupu upevněného ke zdi anebo disponuje jistou formou podstavné plochy, což vede k větší stabilitě přístroje a umožňuje postavit přístroj volně do prostoru.

Tyto kovové podstavce se dříve řešily pouze natřením na určitou barvu, což bylo nevhledné, jelikož se barva brzy začala loupat. V dnešní době je výrobce často zakrývá plastovým krytem, který vizuálně ladí ke zbytku přístroje. [5]

Obecně lze říct, že oproti starším modelům se v detailech ustupuje od striktní geometrie a přechází se na více organické tvarování, které přístroj zároveň dělá na první pohled příjemnější. Hlavní tvarování probíhá v horní polovině přístroje, přičemž jde zejména o tvar horní pohyblivé poloviny přístroje. Pohyblivá hlavice má nejčastěji rotační část obdélníkového tvaru s tvarováním často přímo kopírujícím vnitřní stavbu. Možnost pro variabilitu tvarového řešení nabízí také připevnění této hlavice na rameno sloupu.



Od geometrie k více organickému tvarování detailů se přechází také u moderního řešení úchopového systému hlavy pacienta. Zde jsou také rozdíly v počtu těchto úchopů, přičemž zpravidla čím více bodový systém uchopení, tím stabilnější poloha pacienta.

Velmi důležitou součástí jsou samozřejmě ovládací prvky, jejichž nejčastěji dvojitý typ umístění představuje charakteristický zásah do členění přístroje. U přístrojů s nastavením pacienta proti zrcadlu je ovládání zpravidla umístěno na boku hlavičky, popřípadě na stojanu přístroje.



Obr. 2-4 Ukázkový případ zakomponování ovládání do tvaru hlavičky [6]

U přístrojů s nastavením „face to face“ je z důvodu pohodlného ovládání pravidlem umístění ovládání z přední části přístroje před pacienta. Toho se dosahuje nejčastěji ramenem, které vede od stojanu přístroje před pacienta a poskytuje tak dostatek prostoru pro ovládací prvky. Na toto rameno se poté umísťují i některé zmiňované úchopové prvky.



Obr. 2-5 Ukázkový případ rameno s ovládáním [7]

U velkého množství panoramatických rtg přístrojů je v nabídce možnost spojení ramena s kefalometrickým snímačem.

### Barevnost přístrojů

Základní barevné řešení většiny přístrojů je čistě bílé, avšak nejmodernější dentální rentgeny začínají zakombinovávat barevné detaily. Nejčastěji se jedná o barvy pastelových odstínů, méně časté jsou pak tmavé odstíny modré, fialové nebo i černá. Ačkoliv pouze bílý přístroj jako takový působí jednoduchým a čistým dojmem, barevné detaily dodávají přístroji pozitivnější výraz, originalitu a často i eleganci. To vše působí pozitivně i na pacienta, což je jistě důležité, jelikož dentální prohlídky obecně jsou spojeny spíše s negativními pocity.



Obr. 2-6 Barevná škála firmy Planmeca [8]

### Ergonomie přístrojů

U panoramatického rtg přístroje je velmi důležitá ergonomie přístroje jak z pohledu obsluhy, tak z pohledu pacienta, přičemž pro obě strany musí být proces co nejpohodlnější a nejsnadnější.

Z pohledu obsluhy jsou první podstatným aspektem ovládací prvky přístroje a jejich umístění. Jak jsme si již uvedli, vzhledem ke dvojímu způsobu nastavování pacienta se i ovládací prvky umísťují buď na bok hlavičky či stojan, nebo dopředu před pacienta. Protože ale pro všechny tyto varianty platí, že je ovládání umístěno na pohyblivé části přístroje, který dle výšky pacienta obsluha nastavuje směrem nahoru anebo dolů, vidím zde velkou nevýhodu. Tyto ovládací panely jsou totiž nejčastěji zabudovány napevno, což se nezdá příliš praktické, zejména pokud je přístroj používán k diagnostice dětí, kdy obsluha při každém nastavování přístroje musí být v poměrně hlubokém předklonu. Totéž platí pro sedící osoby nebo osoby na invalidním vozíku, a výjimkou není ani opačný případ s pacientem vyšším než cca 180 cm. Pokud by obsluha byla nižšího vzrůstu, bude mít velký problém na ovládací prvky dostatečně vidět.

Z pohledu pacienta lze říci, že ačkoliv je samotné měření poměrně pohodlné a rychlé, většina přístrojů není přímo připravena na nutnost pacienta usadit. To může přijít vhod například u starších pacientů, pacientů v bolestech či neklidných dětí. Jelikož přístroje obecně lze nastavit do polohy, kdy mohou měřit například pacienta na kolečkovém křesle, přidává se tedy v těchto případech k přístroji židle. I když svému účelu jistě poslouží, není to tedy příliš elegantní řešení.

### 2.1.3 Výběr zástupců současného trhu

2.1.3

#### **GXDP-700 Série od firmy GENDEX**

Již více než století se americká firma Gendex zaměřuje na zobrazovací technologie a poskytuje komplexní řešení, které zlepšují pracovní podmínky lékařů.

Tento přístroj slouží k umístění ke stěně, jelikož nedisponuje platformou ani podstavou, a nastavování pacienta probíhá proti zrcadlu.



Obr. 2-7 Gendex série GXDP - 700 [9]

Přístroj má velmi robustní tvar horní poloviny, která oproti tenkému stojanu působí až nepřiměřeně. Právě proporce spolu s jednoduchým tvarováním spíše geometrického charakteru může v pacientovi na první pohled vzbuzovat spíše negativní pocity. Tento fakt, spolu s užitím téměř výhradně bílé barvy pouze velmi jemně doplněné tmavě modrou může vyvolávat až příliš sterilní dojem.

Pozitivní je kombinované ovládání, zahrnující jak jednoduchá tlačítka pro nastavování umístění pacienta, tak dotykový displej pro ostatní nastavení. [10]

K polohování pacienta slouží 5 uživatelsky přívětivých prvků. Jednoduché ovládání pomocí jasně označených tlačítek na straně přístroje, robustní podpěra brady pacienta, ergonomické rukojeti pro vyšší komfort pacienta, plně přizpůsobitelná podpěra hlavy zavěšená shora z ramene rotační hlavice a pomocné lasery. [10]

#### **Orthophos SL 2D od firmy Sirona**

Přístroj německé firmy, jež v letošním roce 2015 získal ocenění Reddot Awards, se také řadí k přístrojům s nastavováním pacienta proti zrcadlu.

Přístroj se pyšní revolučním software, který dokáže mimo jiné během jednoho měření zachytit až 7000 snímků a dovoluje zaostřit na požadované objekty i po ukončení samotného měření. [11]

Tvarově tento rentgen vybočuje zejména zaobleným rozšířeným stojanem, navazujícím na mohutnější hlavici. Díky tomu rentgen nebude dojem nevyváženosti. Jako jeden z mála přístrojů na současném trhu disponuje kruhovou základnou otočné hlavičky, ve které je umístěn motor.



Obr. 2-8 Orthophos SL 2D [11]

Ovládání formou samostatného dotykového displeje je umístěno z boku vedle úchopů rukou pacienta. Úchopy hlavy jsou řešeny třibodovým systémem shora.



Obr. 2-9 Barevné podsvícení [12]

Přístroj vybočuje oproti konkurentům vzhledově zejména možností podsvícení až ve 30 různých barvách. Otázkou ale je, do jaké míry je tato skutečnost vůbec relevantní, jelikož se přístroj nikdy nenachází v úplné tmě, spíše naopak v běžně osvětlené ordinaci.

### **Pax-i3D od korejské firmy Vatech**

Firma Vatech je ve světě dobře známá svým inovativním přístupem při konstrukci digitálních rentgenů.

Pacient se u tohoto typu nastavuje „face to face“. Úchopy hlavy vycházejí z ramene přístroje, na kterém je zároveň umístěno ovládání formou tlačítek. Je zde vidět

poměrně čisté tvarování s opticky vyváženým poměrem hmoty v horní i dolní polovině přístroje. Stojan navazuje na podstavu, díky které přístroj může stát i v prostoru a zaoblené tvary konstrukce i samotných senzorů zjemňují celkový dojem z přístroje. Kompletně bílé provedení v tomto případě není ke škodě, jelikož koresponduje s tvary a budí neutrální dojem.



Obr. 2-10 Přístroj Pax-i3D [13]

Mezi největší konstrukční odlišnosti patří automatický otočný systém výměny senzorů pro OPG a 3D rentgenování, což eliminuje manuální výměnu a tedy i možnost poškození nebo upuštění senzorů. [14]



Obr. 2-11 Automatická výměna senzorů [14]

### **Hyperion X9 hybridní OPG od firmy MyRay**

V základním provedení je X9 kvalitní OPG se samostatným nebo sdíleným senzorem pro kefalometrické měření. Tento přístroj byl oceněn v roce 2013 cenou Reddot Awards. Jde o přístroj s nastavováním pacienta „face to face“, přičemž má ale poměrně malé prostorové nároky.

Vzhled přístroje je velmi příjemný, což z velké části dělá kombinace bílé s fialovou barvou. Přístroj působí pozitivně a nevyvolává bázeň. Pro vyvážení tvarování v horní polovině je opět volen rozšířený typ stojanu, po kterém pohyblivá část jezdí. Stojan je nutné umístit ke zdi.

Lehce nelogické se zdá být až přehnaně robustní rameno přístroje, které je oproti konkurenčním přístrojům na výšku téměř dvojnásobné. Naopak jeho tvarování se zdá být osvěžujícím prvkem.

Ovládání přístroje je provedeno taktéž jako u předešlého typu panelem umístěným před pacienta, což na jednu stranu umožňuje pohodlnou obsluhu, na druhou stranu u příliš malého nebo naopak velmi vysokého pacienta se stává nastavování pro lékaře nepohodlným. Úchopy hlavy pacienta jsou velmi příjemně řešeny uchopením celé hlavy v oblasti čela. Naopak pouze rovná madla se zdají být oproti konkurenčním výrobkům poměrně vysoko a téměř bez sklonu, což může být pro pacienta při lehkém zavěšení méně pohodlné.



Obr. 2-12 Hyperion X9 [15]

---

#### 2.1.4 Atypické řešení některých přístrojů na trhu

Některé panoramatické rentgeny mají velmi specifické řešení konstrukce, kdy staví pacienta zády ke stojanu a obličejem do prostoru, tedy jde stále o nastavování „face to face“. U těchto přístrojů je velmi odlišně řešeno napojení ovládacího panelu a úchopů hlavy pacienta.

##### **Kodak 8000**

Ačkoliv se jedná již o starší přístroj, zmiňuji ho právě kvůli velmi inovativnímu přístupu k řešení umístění zmíněných prvků na přístroji.



Obr. 2-13 Kodak 8000 [16]



Ovládací prvky i úchopy hlavy pacienta jsou připevněny na dvě obruče, které vedou z horního ramene přístroje. Na pohled jde o velmi elegantní řešení problému s prostorovými nároky přístrojů s „face to face“ nastavováním pacienta, jelikož má takto přístroj rozměry téměř identické s rentgeny s nastavováním proti zrcadlu.

### Carestream 8100 3D CBCT

Tento přístroj se taktéž pyšní velmi unikátním řešením podpory hlavy, přičemž celé řešení je založeno na systému karbonové masky, která je zavěšena ze středu hlavice, a která nejenže zajistí upevnění hlavy pomocí opěrky brady a úchopů, ale má v sobě zabudovaná i madla a ovládání nastavení přístroje.



Obr. 2-14 Inovativní přístup Carestream 8100 3D CBCT [17]

Nevýhodou tohoto řešení je lehce děsivý dojem, který vzbuzuje tato černá maska. Na první pohled se k přístroji nehodí, nenavazuje ani barevně, ani tvarově. Ačkoliv je zde jistě omezení materiálem, který musí mít velkou nosnost a pevnost, je jistě možné jiné barevné nebo i tvarové řešení tohoto prvku.



Obr. 2-15 Inovativní maska Carestream 8100 3D CBCT [17]

## 2.2 Marketingová analýza

### 2.2.1 Podnikatelská strategie

Na mezinárodním trhu lze v současné době nalézt různé výrobce OPG panoramatických přístrojů, u kterých se jednotlivé výrobky velmi liší. Tyto odlišnosti jsou nejvíce v oblasti software, jelikož každý výrobce disponuje vlastním programem. S tím souvisí rozdíly v kvalitě snímkování, rychlosti, ovladatelnosti. Na druhou stranu se ale díky této skutečnosti mohou jednotliví výrobci pyšnit různými schopnostmi daného software a vychytávkami, kterými se daný výrobek snaží protlačit mezi konkurencí. [5]

Panoramatické rentgeny již dávno nejsou pro běžnou praxi finančně nedostupné, stále se však jedná o poměrně náročnou investici. Je tedy důležité věnovat pozornost alespoň základním vlastnostem a parametrům těchto zařízení pro zodpovědné a informované rozhodnutí. Na druhou stranu je dnes již možné získat špičkovou kvalitu za dříve nemyslitelnou cenu. [18]

V prospektech, katalogích nebo informacích na webových prezentacích jednotlivých značek lze najít celou řadu parametrů a vlastností, které mají potenciálního zákazníka přesvědčit o tom, že právě dané zařízení je to nejvhodnější pro jeho potřeby. Faktem ale je, že zdaleka ne všechny vyzdvižované parametry a vlastnosti mají tak zásadní vliv na skutečnou užitnou hodnotu daného zařízení. Aby si zákazník mohl opravdu dobře vybrat, je nezbytné získat vlastní zkušenost s ovládáním i možnostmi zobrazení těchto zařízení, včetně jejich limitů. [19]

Hlavními cíli výrobců je obecně přicházet stále s novinkami a vylepšeními svých stávajících a konkurenčních modelů. Obecně je trend využití digitálního snímkování, snižování zátěže rentgenovým zářením, pohodlnost obsluhy i samotného měření, kombinace více typů měření do jednoho přístroje, popřípadě možnost pozdějšího upgrade přístroje. Dále se firmy soustředí na elegantní a moderní vzhled přístroje a snaží se jej odlišit od konkurence. Novinky se v tomto oboru představují poměrně často, zejména firmy jihovýchodní Asie přicházejí s novinkami až dvakrát do roka. Proto firmy prezentují své výrobky například na veletrzích, kde si potenciální zákazník může do určité míry přístroj vyzkoušet. [5]

### 2.2.2 Analýza tržních příležitostí

#### Konkurenční faktory

Z nejnámějších konkurenčních výrobců lze jmenovat zejména americkou firmu Gendex, působící na trhu již od roku 1983, dále poměrně novou ale rychle expandující korejskou firmu Vatech, finskou firmu Planmeca, dále z Německa firmu Sirona, italskou firmu MyRay a firmu Morita z Austrálie.

Největší podíl na trhu má firma Gendex, a to zejména kvůli dlouholeté tradici, známosti značky a kvalitě zpracování. Na druhou stranu je předbíhá technická vyspělost produktů Vatech. Co se týká kvality zpracování, Vatech Gendex rozhodně dohání. Za posledních 5 let tato korejská značka urazila velkou cestu ke kvalitě a je z ní dnes již také světoznámá značka. Například v Německu je to jedna z nejprodávanějších značek. [5]



Požizovací ceny konkurenčních výrobků jsou si velmi podobné, ačkoliv samozřejmě závisí na jednotlivých schopnostech a vybavení daného přístroje. Pro lékaře je ale nejdůležitějším parametrem vždy kvalita snímkování a jednoduchost ovládání. [5]

### **Analýza a prognóza poptávky**

Panoramatická radiografie zažívá období růstu. Investici do pořízení panoramatického rentgenu realizuje i ten, koho by to před několika lety ani nenapadlo. [20]

OPG se již stává součástí běžné ordinace. Není sice třeba na dentální hygienu, ale pro preventivní prohlídky a běžná vyšetření se stává až denním pomocníkem. I když je pořizovací cena vyšší než např. u intraorálních rentgenů, pořizuje si OPG stále více lékařů ať už čistě pro svou vlastní ordinaci nebo jako sdílený přístroj pro více lékařů. V současnosti jej vlastní kolem 30% zubních ordinací. [5]

Také pacienti si vybavení lékařské praxe všímají a něco takového, jako podstoupit pohodlné vyšetření a o dvě minuty později se dívat spolu s lékařem na svůj chrup na monitoru, v nich vzbuzuje bázeň, překvapení, úžas, ale i víru v lékaře, jako v profesionála, který je vybaven tím nejlepším k poskytnutí prvotřídní péče. Navíc noví pacienti dnes často vyhledávají zubní pracoviště právě dle nabídky nejmodernějších přístrojů. [18]

### **2.2.3 Analýza a výběr cílových trhů**

2.2.3

#### **Segmentace trhu**

Cílový trh pro OPG je poměrně rozsáhlý. Geograficky se dá říct, že se jedná o vyspělé země, kde je běžná pravidelná zubní prohlídka pacientů, používají se moderní technologie, a kde se klade důraz na kvalitu vyšetření.

Taktéž demograficky není trh příliš omezen, jelikož lékaři vyšetřují přístrojem všechny věkové skupiny včetně dětí či naopak starších osob. Jelikož je preventivní prohlídka hrazena pojišťovny, finanční situace pacienta roli nehraje, významnou roli ale hraje finanční situace dané ordinace. Jak jsem však již zmínila, OPG je v současnosti mnohem dostupnější a lékaři již vědí, že investice do něj se opravdu vyplatí.

Ceny panoramatických rentgenů za posledních 5 let klesly a dnes se digitální OPG dají pořídit v cenách mezi 400.000,- Kč až 600.000,- Kč. Za vyšší cenu se pak dají pořídit přístroje s ramenem pro kefalostatické měření či s možností upgradu na 3D. Je možné jednoduše spočítat návratnost pořízení OPG, jehož cena se vrátí již při pořízení 2000 - 2500 snímků, přičemž běžná česká ordinace má kolem 2000 - 3500 pacientů. Z toho vyplývá, že pokud ročně lékař podrobí OPG vyšetření zhruba 1000 pacientů, za 10 let používání OPG se investice do něj vrátí asi 5x. [18] [21]

Psychologická segmentace zde roli nehraje, jelikož zde příliš nezáleží na životním stylu ani názorech kupujícího lékaře jakožto zákazníka.

Z hlediska behaviorální segmentace trhu můžeme říci, že se jedná jak o zákazníky, kteří již OPG znají, tak o lékaře, kteří se s ním zatím neseťkali. V prvním případě jde o přesvědčení zákazníka, že právě náš produkt je kvalitnější či něčím vyniká oproti

konkurenci, v druhém případě je pak nutné lékaři ukázat proč je pro něj OPG vůbec vhodné a přesvědčit ho o jeho koupi.

### **Výběr cílového trhu**

Mým cílovým trhem jsou zejména zákazníci patřící do behaviorální části trhu, a to zejména proto, že lékařům, kteří již OPG znají či ho používají, je možné představit novinku na trhu a prodat jim přístroj, který bude odlišný od konkurence. Taktéž zákazníkům, kteří OPG zatím nepoužívají lze představit produkt jako takový a to zejména v případě jejich neznalosti výhod, které plynou jak pro ně, tak pro pacienta. Také míra užití tohoto produktu je do budoucna velmi silná.

Dále je pro mě důležité demografické rozdělení pacientů dle věku, přičemž produkt bude cílen jak na dospělé osoby, tak ale díky možnosti zakomponovaného sezení bude vhodný pro využití v ordinacích dětských zubních lékařů či lékařů ošetřujících zejména starší pacienty.

---

## **2.2.4 Marketingová strategie**

### **Výrobová strategie**

Prioritní inovací mého návrhu a tím odlišení se od stávající konkurence bude zakomponování výklopného sezení. Jelikož i u nejmodernějších postupů snímání je nutné, aby byl pacient v klidu a měl hlavu fixovanou v úchopovém systému přístroje, vidím potenciál zejména ve využití této možnosti pro starší osoby, osoby v bolestech a u dětských pacientů.

Taktéž bych chtěla řešit umístění ovládacího panelu mimo pohyblivou část přístroje, popřípadě řešit ho takovým způsobem, aby u sedících pacientů nebylo nutné, aby byl lékař k ovládní skloněn nebo u vysokých naopak musel stát na špičkách.

Taktéž bych ráda ovládní navrhla jako dotykový displej s jednoduchým ovládním, přičemž se bude pravděpodobně jednat o tablet s možností jeho vyjmutí a ovládní přístroje na dálku.

Dále bych ráda části přístroje, kterých se obsluha nejčastěji dotýká, navrhla v matných barvách, jelikož se nejčastěji používá lesklý vzhled, který je ale nevýhodný, jelikož je na něm vidět každý otisk prstů. [5]

### **Cenová úroveň**

Cenová kategorie produktů se bude pohybovat na střední až vyšší úrovni pro náročnější zákazníky, kteří potřebují produkty nejvyšší kvality.

### **Distribuce**

Jelikož je zde předpoklad, že by bylo nutné návrh nabídnout k samotné výrobě jedné ze zmíněných zavedených firem na trhu, postup distribuce by byl tedy stejný, jako mají doposud.

Z velké většiny to znamená, že přímo od výrobce jde výrobek k přednímu distributorovi v dané zemi, odkud probíhá přímý prodej. [5]

### Podpora prodeje

- veletrhy, v ČR na jaře Indent v Brně a na podzim Pragodent v Praze
- sympozia Stomatologické komory, Dentální dny - prezentace
- inzerce ve stomatologických médiích
- obchodní zástupci a web

### 2.2.5 SWOT analýza

2.2.5

---

Analýza silných a slabých stránek produktu, příležitostí a hrozeb vnějšího prostředí.

#### Vnitřní prostředí

##### • Silné stránky

- Efektivita - Intuitivní ovládání - Kvalita snímků - Zaučení personálu pro ovládání - Lepší cenová dostupnost - Modularita, více produktů integrovaných v jednom - Design

##### • Slabé stránky

- Počáteční investice se může zdát některým zákazníkům vysoká - Poměrně vysoké výrobní náklady - Nároky na kvalitní software - Hmotnost přístroje/Montáž

#### Vnější prostředí

##### • Příležitosti

- Zájem zákazníků o kvalitní vyšetření pacientů - Možnost sezení pacienta - Poptávka po vizuálně zajímavém řešení do moderních ordinací - Servis přístrojů

##### • Hrozby

- Dlouhá doba do příjezdu servisu - Komponenty - Konkurence bude mít nižší výrobní náklady

### 2.3 Technická analýza

2.3

---

Dentální rentgeny jsou dnes běžnou součástí každé zubní ordinace. Nejčastěji se jedná o statické intraorální přístroje, dále pak o panoramatické nebo CBCT/3D rentgeny. Mobilní rtg přístroje jsou již ne tak běžnou výbavou, jelikož mnoho lékařů pracuje pouze v jedné ordinaci, a tudíž přenosný přístroj nepotřebují. [5]



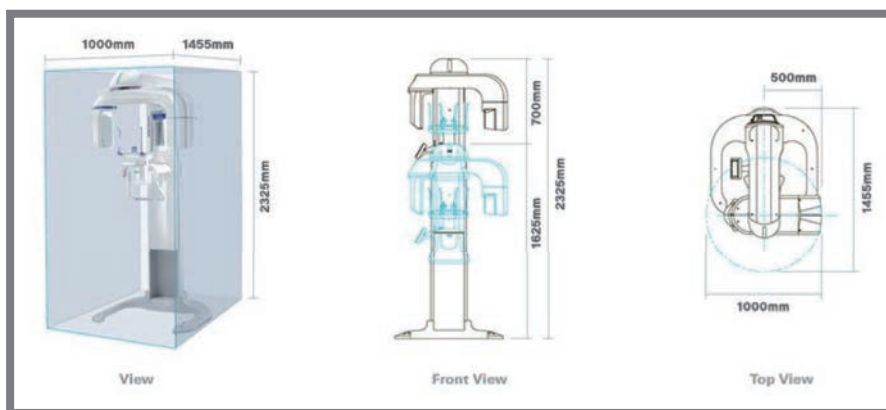
Obr. 2-16 Ukázka panoramatického snímku [21]

### 2.3.1 Moderní panoramatické OPG rentgenové přístroje

Panoramatické rentgenové přístroje slouží ke dvourozměrnému zobrazení celé čelisti v rámci jednoho skenu. Umožňují lékařům snazší zobrazování, vyhodnocování, zvětšování, zakreslování poznámek i plánování ošetření v softwaru, který je k přístrojům dodáván. Software také umožňuje archivaci a snadnou konfrontaci stavu s odstupem času. [22]

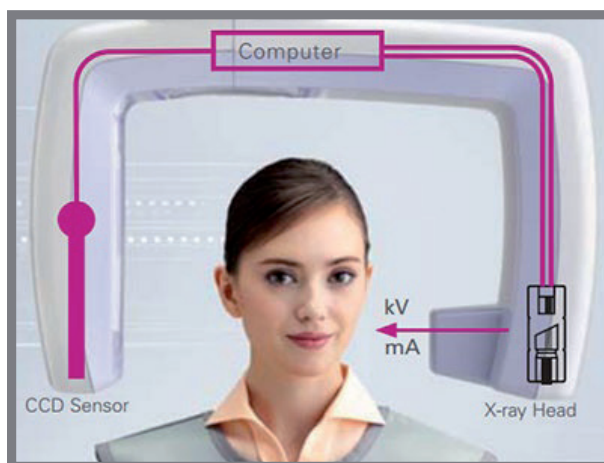
### 2.3.2 Rozměry a konstrukce OPG přístroje

Obecně se o dentálních rentgenech dá říci, že se od běžných rentgenových přístrojů liší svou konstrukcí. Příčinou jsou anatomické zvláštnosti zubních tkání.



Obr. 2-17 Ukázka stavby na stroji Pax-duo3D od firmy Vatech [23]

Přístroj se skládá ze stojanu, který slouží jako nosná konstrukce. Zatímco starší modely měly uvnitř tohoto stojanu zabudované pohyblivé protizávaží a nastavování výšky přístroje se provádělo ručně, dnešní přístroje disponují motory, které pohybují horní polovinou přístroje nahoru a dolů. Na této pohyblivé části je umístěno rameno, v němž se ukrývá hlavní elektronika přístroje. Na ramenu je dále umístěna rotační část, která obsahuje rentgenku a snímač. [5]



Obr. 2-18 Vnitřní uspořádání rotační hlavice [24]

Samotný panoramatický rentgen je průměrně vysoký 2,3 m, přičemž jeho šířka závisí na typu konstrukce. Důležité faktory ovlivňující prostorové nároky přístroje jsou: přítomnost kefalometrického snímačem na zvláštním rameni a nastavování pacienta proti zrcadlu (menší nároky na prostor) nebo „face to face“. Minimální výška přístroje je přibližně 1,7 m, což plně vyhovuje jak pacientovi na vozíčku, tak pacientovi sedícímu na židli. Existují i 3D přístroje, u kterých můžeme poukázat na konstrukci uzpůsobenou pouze k sezení pacienta, mnohem častější jsou ale rentgeny stavěny tak, že pacient stojí a pokud si sednout potřebuje, je mu přistavena židle. Proto je zde potenciál kombinace těchto dvou způsobů měření do jednoho přístroje, čemuž se budu věnovat v následujících kapitolách.

Také hmotnost závisí na tom, zda se jedná jen o panoramatické měření. V takovém případě se hmotnost přístroje pohybuje okolo 200 kg, s kefalometrickým ramenem pak okolo 240 kg. Přístroj je ale vždy poměrně dobře rozložitelný a není tedy problém jeho případný převoz.



Obr. 2-19 Stroj s kefalometrickým ramenem [25]

Velmi často je na OPG umístěno rameno pro zhotovování tzv. kefalometrických (telorentgenových) snímků, používaných téměř výhradně v ortodoncii pro měření a hodnocení polohy a velikosti jednotlivých anatomických útvarů. [26]

Pokud je rentgen uzpůsoben pouze k panoramatickému měření a je připevněn ke zdi, jedná se o přístroj o půdorysu cca 1 m x 1 m. Pokud je na přístroji umístěno i rameno pro kefalometrické snímání, zvětšuje se tento rozměr zhruba na 2 m x 1 m. Jedná se o tzv. malý zdroj ionizujícího záření. Zejména ochrana obsluhy a dalších přítomných osob proti záření je klíčovým aspektem při plánování umístění přístroje. OPG lze umístit přímo do ordinace nebo do speciální místnosti. [27]

Dodržení bezpečnosti při umísťování a zachování stability přístroje může být dosaženo dvojím způsobem. V prvním případě stojan nekončí podstavcem nebo platformou, která by vyrovnávala nároky na těžiště přístroje, a musí tedy být přišroubován ke zdi. Je tomu tak z důvodu nároků na vyváženost přístroje, ale zároveň přístroj musí být maximálně stabilní, jelikož kvalita snímků je citlivá na sebemenší chvění přístroje. Druhá varianta je přístroj, kterému stojan navazuje na kovovou platformu nebo podstavec, díky čemuž je možné ho postavit libovolně po místnosti. Tento přístroj je tedy více variabilní a také je jednodušší jeho montáž. [5]

Panoramatický rentgen se do stávající infrastruktury (PC, počítačová síť) připojuje pomocí USB, LAN nebo Camera link kabelů. Vzdálenost panoramatického rentgenu od počítače je téměř neomezená, avšak pro pohodlné použití se doporučuje instalovat počítač do místnosti, ve které je rentgen umístěn. [27]



Obr. 2-20 Možnosti umístění dle typu stojanu ke zdi či do prostoru [28]

### **Materiály**

Nosná konstrukce celého přístroje je vyrobena z hliníkové slitiny, přičemž nosný sloup je vyztužen litým kovem, jelikož slouží čistě jako závaží. Vnitřní části přístroje jsou obaleny kompletně plastovými kryty. [3] Úchopy hlavy dále mohou být pogumovány nebo potaženy měkkým materiálem, aby byl úchop pacientovi co nejvíce příjemný.

### **Polohování pacienta**

Ustavení pacienta má zásadní vliv na kvalitu snímku. I při využití moderní multifokální technologie snímání, je stále nezbytné dodržovat doporučení k umístění pacienta dle laserů referenčních rovin. Existují dva způsoby ustavení. První možností je nastavení tváří v tvář („face to face“), kdy je obsluha v přímém očním kontaktu s pacientem. Tento způsob je snadnější pro přesné „vycentrování“ pacienta. Na druhou stranu tyto



Obr. 2-21 Ustavení oproti zrcadlu [29]



rentgeny mají větší prostorové požadavky nežli OPG, kde umístíme pacienta pomocí zrcadla. V tomto případě sleduje obsluha pacienta ze strany nebo zezadu. [26]



Obr. 2-22 Ustavení „face to face“ [30]

### 2.3.3 Ovládání

Ovládací prvky přístroje jsou umístovány dvojím způsobem. Tradiční přístup nabízí velký přehledný panel, kde má každé tlačítko pouze jednu funkci. Modernější přístup podlehl trendu dotykových displejů, kde jsou funkce skryty například v nabídce menu.

2.3.3



Obr. 2-23 Ovládací panel s tlačítky [31]



Obr. 2-24 Dotykový displej [9]

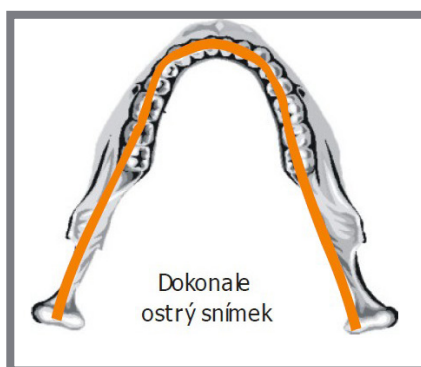
Některé přístroje preferují také kombinaci těchto dvou způsobů. Ovládání je nejčastěji umístováno na boční stranu pohyblivé hlavice - zejména u přístrojů s nastavováním proti zrcadlu, anebo dopředu před pacienta. [32]

Vždy platí, že by ovládací prvky měly především splňovat požadavky na přehlednost, jednoduchost a rychlost. Lékař se musí prioritně věnovat správně provedenému snímání a neměl by se tedy zabývat komplikovaným ovládáním přístroje. [32]

U většiny přístrojů probíhá přímo na stoji nastavování týkající se pouze ustavení pacienta, tj. nastavení výšky přístroje, uchopení hlavy a nastavení senzorů. Nastavuje se profil pacienta, šířka a tvar čelisti. Zbytek nejčastěji ovládá obsluha od vzdáleného počítače. Některé přístroje mají také ovladač navíc zabudovaný na kabelu, s jehož pomocí lze od přístroje odstoupit a ovládat ho ze vzdálenosti několika metrů. [5]

#### 2.3.4 Digitální snímání

Použití „rentgenů bez filmu“ umožňuje zachycení kvalitnějšího obrazu, který je navíc možné okamžitě zaslat kamkoliv, a navíc se snímek časem neznehodnotí. Nemalou výhodou digitálních rentgenových snímků je také jejich zpracovatelnost. Při používání radioviziografie může lékař problém s kvalitou snímku dodatečně korigovat úpravou snímku (např. změnou kontrastu, jasu, nastavením filtrů, apod.). Snímky lze také v počítači libovolně zvětšovat, zmenšovat, vybarvit, na vybrané detaily nahlížet lupou atd.



Obr. 2-25 Dokonale ostrý snímek [33]

Navíc díky vysoké citlivosti senzorů je možné redukovat dávky rentgenového záření až na desetinné hodnoty ve srovnání se snímáním na filmovou fólii. [21]

#### Kvalita snímků a přesnost zobrazení

Konstrukce OPG se menšími odchylkami liší přístroj od přístroje. Zejména kvalita a kompatibilita software mezi staršími přístroji a novými modely je velice rozdílná. Platí zde dva základní principy určující kvalitní výstupy a tedy i spokojenost zákazníka.

#### Počet os pohybu

OPG přístroje v průběhu expozice popisují trajektorii pohybu kolem hlavy (čelisti) pacienta. Prvním důležitým principem je tedy schopnost OPG zaostřit přesně na střed



zubního oblouku po celé jeho délce. Právě tato důležitá vlastnost přístroje je dána počtem motorů, které mají vliv na rotaci rentgenky a snímače hlavy kolem pacienta. [32]

Jednomotorové rentgeny nejsou schopné přizpůsobit se tvaru čelisti pacienta, což má za následek nekvalitní snímek v mnoha směrech. Diagnostická hodnota takového snímku je tedy velmi nízká. Rentgeny s více motory (2 nebo 3) se dokáží lépe adaptovat na individuální morfologii pacienta. Kolem pacienta rotují ve více osách a tak se přizpůsobují individuálním charakteristikám lépe než rentgeny jednomotorové. I zde se však pracuje se statistickým průměrem tvaru čelisti. [33]

Speciální skupinou jsou pak tzv. multifokální přístroje, což je momentálně nejmodernější řešení patentované firmou Ajat. Jelikož horní a dolní čelist jsou v jiné rovině, není tedy možné, aby byly na běžném snímku zobrazeny kontury všech zubů a kořenů. U multifokálních rentgenů dochází ke snímání ve více vrstvách (nejvyspělejší přístroje až do 3 cm v celé délce čelisti), a tím odpadá starost o přesné nastavení trajektorie pohybu. Multifokální přístroje navíc umožňují dodatečné přístřešení na jednotlivé kořeny více kořenových zubů, cysty atd. [32]

Druhým důležitým faktorem kvality je způsob zachycení rtg záření snímačem. Zde existují dva způsoby, a to přímá a nepřímá konverze rtg záření.

### 2.3.5 Hybridní OPG přístroje

Některé OPG rentgeny jsou koncipovány jako hybridní systém, který v sobě spojuje vlastnosti kvalitního OPG spolu s kefalostatem se špičkovým CBCT 3D. To umožní lékařům libovolné natočení zobrazené oblasti, měření denzity kostí nebo řezu kostní hmotou, a poskytne mnoho dalších užitečných informací.

Některé přístroje vám umožní snadno přepínat senzory pro změnu z 2D do 3D zobrazení v co nejkratší době. Moderní přístroje také nabízejí zakoupení přístroje ve 2D jako klasický OPG přístroj, ale s možností pozdějšího upgrade bez nutnosti kupovat další přístroj. [21]

### 2.3.6 Bezpečnost přístroje

ČSN ES 60.601 je řada technických norem pro bezpečnost a účinnost zdravotnických elektrických přístrojů, vydané Mezinárodní elektrotechnickou komisí.

Přístroje nejsou dovoleny používat na pacienty o nižší hmotnosti než 21 kg a výšce pod 113 cm, což průměrně odpovídá 5 letému dítěti. Maximální výška pacienta se pak pohybuje kolem 200 cm. Tyto výšky se však vztahují pouze na pacienty s normálními anatomickými dispozicemi. Měření by se měly vyhnout těhotné ženy, a pokud pacient používá kardiostimulátor, měl by se lékař poradit před rtg snímáním s výrobcem kardiostimulátoru. Přístroje s programy koncipovanými pouze na váhu a výšku dospělého člověka by se neměly používat pro vyšetření dětí z důvodu přílišného vystavení záření. Proto se pro dětské pacienty nastavují speciální programy, které délkou měření nezatěžují na záření citlivější organismus dítěte. [34]

2.3.6

2.3.7

### 2.3.7 Shrnutí

V mé diplomové práci jsem se rozhodla prioritně věnovat možnosti variabilního usazení pacienta u přístroje, což ocení především pacienti v bolestech, vyššího věku nebo děti. Rozhodla jsem se do stojanu přístroje zakomponovat sklápěcí sezení, které bude fungovat na stejném principu jako existující koupelňová sklápěcí sedátka do sprchového koutu. U těchto sedátek je uváděna maximální nosnost až 150 kg [35], a k jejímu dosažení i v tomto případě bude sedátko přivařeno k vnitřní kovové konstrukci stojanu a tím bude zachována nejen zmíněná nosnost, ale i stabilita přístroje.

Zároveň pro můj návrh využiji možnosti podstavy, čímž dovolím umístění přístroje ke zdi i do prostoru a zároveň vyřeším možný problém s měnícím se těžištěm přístroje. Také po vzoru přístrojů Kodak 8000 a Carestream 8100 3D CBCT bych se ráda vymezila nutností zvyšování prostorových nároků přístroje při nastavování „face to face“. Využiji tedy principu, kdy pacient stojí zády ke stojanu přístroje a je nastavován obsluhou „face to face“ a díky tomu přístroj může mít stejné prostorové nároky, jako u nastavování proti zrcadlu.

Také po vzoru těchto přístrojů bych se ráda vymezila oproti nejběžnějšímu umístění ovládání a podpěr hlavy, a využila možnosti obruče nebo konstrukce zavěšené ze středu rotační hlavičky. Tyto možnosti bych však ráda vylepšila.

### 3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

3

Panoramatický rentgen neboli OPG zatím nevlastní každá zubní ordinace a velmi často je sdílený mezi více pracovišti. Je tomu tak zejména kvůli ceně, jelikož OPG rentgeny byly až do nedávna velmi drahou pomůckou, kterou si ne každá ordinace mohla dovolit. V dnešní době ale již cena začíná být přijatelnější, a navíc i menší ordinace zjišťují, že OPG je pohodlným, jednoduchým, kvalitním a rychlým pomocníkem v preventivním vyšetření pacientů.

#### 3.1 Technické problémy

3.1

- stabilita přístroje při změně jeho těžiště a zátěže sedícím pacientem
- stanovení optimální výšky a hloubky sezení v souladu se stabilitou přístroje
- problematika konstrukce rotační hlavice a ramene, na kterém je umístěná
- určení konstrukce nosného stojanu
- řešení podstavy přístroje
- problematika maximální možné vzdálenosti vysílače a přijímače rentgenového záření pro návrh možného variabilního rozvoru rotační hlavice dle šíře ramen pacienta
- problematika výměny snímačů OPG a 3D měření
- konstrukce a řešení nastavitelného sezení
- problematika umístění ovládání přístroje
- umístění a ergonomie podpěr a úchopů hlavy pacienta
- nároky na prostor pacienta na kolečkovém křesle
- problematika rozložení přístroje a jeho převozu
- ergonomické problémy zahrnující požadavky a ergonomii dotykového tabletu, jeho možné natáčení, odjímání, ergonomie držadel pro sklápění sedadla, ergonomie sedadla, ergonomické řešení podpěr a úchopů hlavy a madel pro pacienta.

#### 3.2 Cíle práce

3.2

- kompaktní design panoramatického zubního rentgenu
- odpoutání se od konvenčního, spíše usedlejšího stylu přístrojů na současném trhu
- maximální výška přístroje bude při měření stojícího pacienta 2400 mm
- půdorys přístroje přibližně 1 m x 1 m
- zvážení možnosti variabilního rozvoru rotační části pro pacienty s krátkým krkem a širokými rameny
- řešení stability přístroje v návaznosti na změnu jeho těžiště při měření pacienta v sedě i ve stoje
- vhodné řešení podstavy přístroje
- zakomponování sklápěcího sezení do stojanu přístroje
- návrh ergonomicky řešeného sezení pacienta
- návrh ergonomicky řešeného madla pro sklápění sedadla
- pohodlný přístup pro pacienta na kolečkovém křesle
- umístění ovládacích prvků tak, aby byly pohodlně obsluhovatelné v jakékoliv pozici přístroje
- ovládací panel formou odnímatelného dotykového tabletu
- ergonomické řešení madel pro úchop pacienta
- ergonomické řešení podpěr a úchopů hlavy
- volba nezávadných materiálů vhodných pro zdravotnická zařízení

- řešení barevnosti přístroje
- zajištění pohodlného rozložení přístroje
- zajištění stability přístroje
- zajištění bezpečnosti přístroje

---

### 3.3 Vyhodnocení ankety a vlastní zkušenosti se přístrojem

Po rozeslání ankety mezi lékaře se mi dostala reakce, která potvrzovala, že jen zatím malé procento lékařů OPG obsluhují pravidelně. Z jejich reakcí nebyla znát žádná podstatná nevýhoda přístroje a práce s ním. Většina lékařů naopak vyzdvihovala jeho rychlost a kvalitu zobrazení, což ale pro mé účely nebylo dostačující.

Proto jsem sama navštívila preventivní vyšetření, jehož součástí byl právě i OPG rentgen. Tímto jsem získala osobní zkušenost s přístrojem ze strany pacienta a mohla si projít celým měřením.

Dále jsem navštívila zázemí předního prodejce přístrojů značky Vatech v ČR, který mi poskytl ukázkou částečně rozebraného přístroje, zodpověděl mé technické dotazy a nabídl odpovědi i na některé ergonomické otázky.

Po prohlídce přístrojů a dalším průzkumu současných produktů jsem zjistila, že zejména u přístrojů s displejem je obrazovka umístěna napevno na pohyblivé části přístroje, kterou lékař nastavuje do určité výšky dle toho, jak je pacient vysoký. Bohužel se může stát, že při měření velmi vysokých pacientů, nebo naopak dětí či osob menšího vzrůstu, by bylo proto vhodné, aby si lékař mohl přizpůsobit umístění nebo natočení ovládání. To mi bylo také potvrzeno jako asi největší nevýhoda v designu přístrojů z pohledu lékaře.

Z pohledu pacienta bych využila možnost sezení zakomponovanou přímo do přístroje. Jelikož pacient musí držet hlavu v klidu, být lehce zavěšen a celkově být ve stabilní poloze, je možnost sezení vhodná zejména pro starší osoby, pacienty v bolestech nebo děti.

## 4 VARIANTNÍ STUDIE

4

V následující kapitole se budu zabývat podrobným rozбором jednotlivých variantních řešení mého designu panoramatického zubního rentgenu. Tyto varianty vycházejí z parametrů stanovených na základě kritické rešerše z oblasti marketingové, technické a designérské analýzy, které mají velký vliv na konstrukci, rozměry a tvarování přístroje. Tyto parametry mají především velký dopad zejména na konstrukci a rozložení rotační hlavice, její konstrukci a napojení na rameno a stojan přístroje.

Variantní studie tedy směřují k návrhu panoramatického nepohyblivého zubního rentgenu určeného pro zubní lékaře dětských i dospělých pacientů.

### 4.1 Variantní studie 1

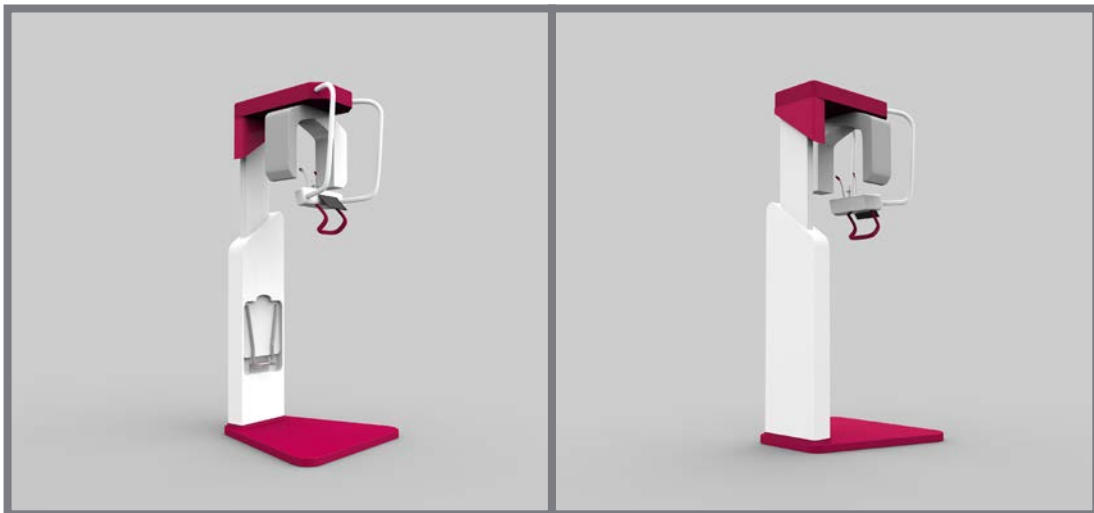
4.1

První varianta se odpoutává od současného trendu zaoblování a vydává se spíše opačným směrem ke geometrii a ostřeji působícím křivkám, což se promítá do celkové koncepce řešení a má vliv na celkové vzezření přístroje.

#### 4.1.1 Tvarové (kompoziční) řešení

4.1.1

Kvůli tvarovému pojetí působí rentgen spíše přísnějším dojmem. Zkosení opakující se v tvarování všech částí kontinuálně spojuje celkový vzhled přístroje. Tvar sedadla je u této varianty čtvercový a navazuje tak na tvar stojanu. Toto řešení je v současnosti neobvyklé a je tedy určitým způsobem zajímavé. Ostřejší geometrie se ukázala být nevyhovující pouze u řešení rotační hlavice, jelikož zejména u prvních variantních návrhů připomínala svěrák a nebudila příliš důvěryhodnost, což je u přístroje ve zdravotnictví velký nedostatek.



Obr. 4-1 Vizualizace varianty 1

Proto jsem se dalším tvarováním snažila docílit zjemnění tohoto výrazu, což se mi ve finále povedlo. Stále ale přístroj působí poněkud nedůvěryhodně, zvláště pak ve srovnání s více organicky tvarovanými variantami. S tvary by se dalo jistě dále pracovat, zejména při zachování geometrického zkosení u stojanu, ale zjemněním výrazu horní poloviny přístroje. U této varianty jsem chtěla naznačit možnost zakomponování

funkce variabilního rozvoru rotační hlavice dle šíře ramen a délky krku pacienta, což podporuje dělení hlavice na dvě samostatné části.

Podstava u této varianty je ve tvaru zaobleného trojhranu. Je zde předpoklad, že se kryt podstavy, a tedy i její možná barva, lze jako i u ostatních variant měnit.

#### 4.1.2 Ergonomické řešení

Ergonomické hledisko je velmi důležité, zejména proto, že je nutné ho řešit nejen z pohledu obsluhy, ale také z pohledu měřeného pacienta. Postavení pacienta je stejně jako u ostatních variant zády k přístroji, z čehož vyplývá umístění a napojení podstavce a úchopů hlavy, které jsou v tomto případě řešeny obručí. Úchopy hlavy jsou řešeny dvoubodovým systémem, kdy se pacient ve stoje lehce zavěsí za hlavu a tu mu stabilně zajistí dva úchopy po stranách hlavy. K zavěšení se slouží také z ergonomického hlediska velmi důležitá madla, která jsou tvarována tak, aby bylo možné uchopit je minimálně dvěma způsoby a pod různým úhlem.

Dále je zde tak jako u ostatních variant řešena ergonomie sklápěcího sedátka, které musí vyhovovat ergonomickým požadavkům dle ČSN 010620, a tedy musí být ve výšce 42-48 cm. [36]

Z hlediska obsluhy je zde řešena ergonomie ovládání a jeho umístění. To jsem u všech variant řešila dotykovým tabletem s možností jeho natočení ve vertikálním směru, a přizpůsobení tak jeho sklonu momentální výšce rentgenu. Tablet je také možné v případě potřeby vyjmout a ovládat přístroj na dálku. V tomto případě je umístěn stejně jako úchopy hlavy na obruči před pacientem.

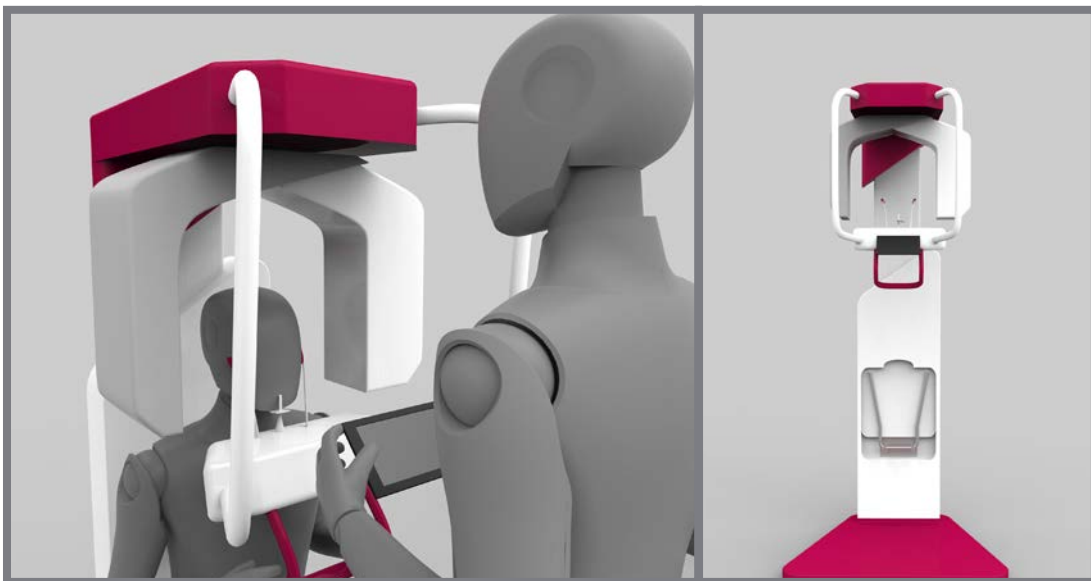


Obr. 4-2 Vizualizace varianty 1 - měření stojícího a sedícího pacienta

### 4.1.3 Konstrukčně-technologické řešení

Předpokládanými hlavními materiály pro výrobu je hliníková slitina, jakožto kostra přístroje, a plasty. Výroba plastových krytů bude pravděpodobně spočívat v technologii vstřikování plasty do forem. Obruč i úchopy budou pravděpodobně kovové profily potažené gumovým materiálem. Taktéž úchopy hlavy musí mít měkké zakončení, budou zde tedy také gumové části.

Sklápěcí sezení je u všech variant řešeno obdobně, jako je tomu u koupelnového sklápěcího sezení do sprchových koutů. U těchto sedátek je uváděna maximální nosnost až 150 kg, čehož se správným připevněním k nosné konstrukci přístroje budou také snažit dosáhnout. Samotné sedátko pak bude vyrobeno z polykarbonátu s robustní hliníkovou konstrukcí zajišťující stabilitu a pevnost.



Obr. 4-3 Vizualizace varianty 1 - detail

## 4.2 Variantní studie 2

Druhá varianta zachovává většinu inovací stejných s předchozí variantou, mění se však kompletně tvarové pojetí přístroje a tedy i celkový charakter.

### 4.2.1 Tvarové (kompoziční) řešení

Variantní návrh 2 představuje v tvarování přechod od většinové geometrie k více organickému pojetí přístroje. Elegantní, jednoduchý tvar hlavičky podtrhuje ve stejném duchu tvarovaná obruč. Stojan rentgenu je taktéž řešen poměrně jednoduše, s cílem spíše doplnit kompaktnost vzhledu. I přesto zde ale můžeme vidět pokus o odlišení se oproti čistě rovným stojanům u většiny přístrojů na trhu, a to volbou postupně zužující se spodní části stojanu. To může evokovat růst vzhůru či dynamiku přístroje směrem k jeho hlavní pohyblivé části.

Podstava u této varianty je ve tvaru rovnoramenného lichoběžníku se zaoblenými rohy. Kryt podstavy a tedy jeho barvu lze jako i u ostatních variant měnit.



Přístroj taktéž implementuje inovativní sklápěcí sezení zakomponované do tvarování stojanu přístroje.



Obr. 4-4 Vizualizace varianty 2

---

#### 4.2.2 Ergonomické řešení

Ergonomická řešení jsou stejná jako u předchozí varianty. Ovládání a podpěry hlavy jsou umístěny na obruči, ovládání je taktéž řešeno tabletem, který lze umístit buď na příslušný úchyt před pacienta, anebo jej může mít lékař v ruce. Stejně tak sezení je koncipováno po vzoru sklápěcího koupelnového sezení.



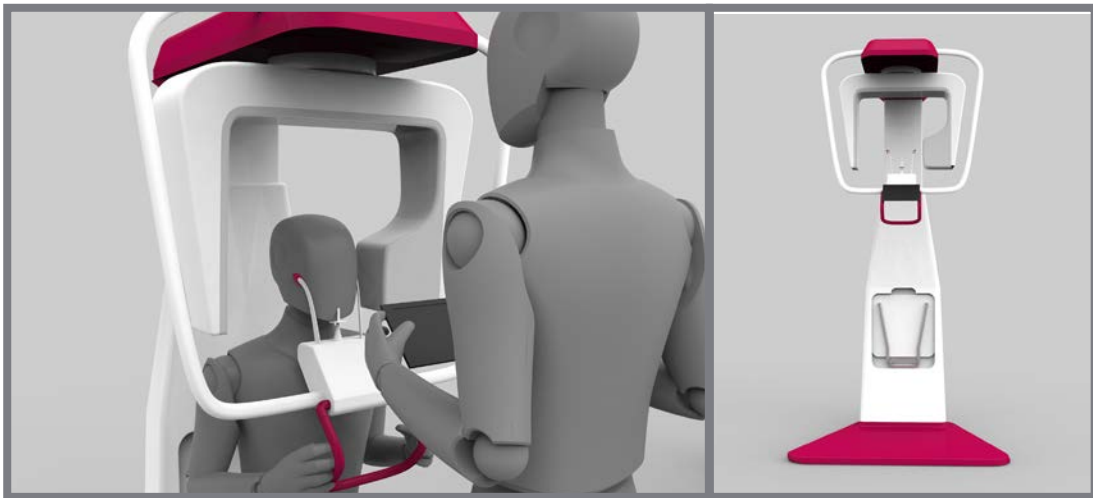
Obr. 4-5 Vizualizace varianty 2 - měření sedícího a stojícího pacienta

---

#### 4.2.3 Konstruktivně-technologické řešení

Materiály pro výrobu jsou stejné jako u předchozí varianty, hliníková slitina jako kostra přístroje, plastové kryty, pogumovaná madla, obruč a úchopy hlavy, a polykarbonátové sedátko.





Obr. 4-6 Vizualizace varianty 2 - detail

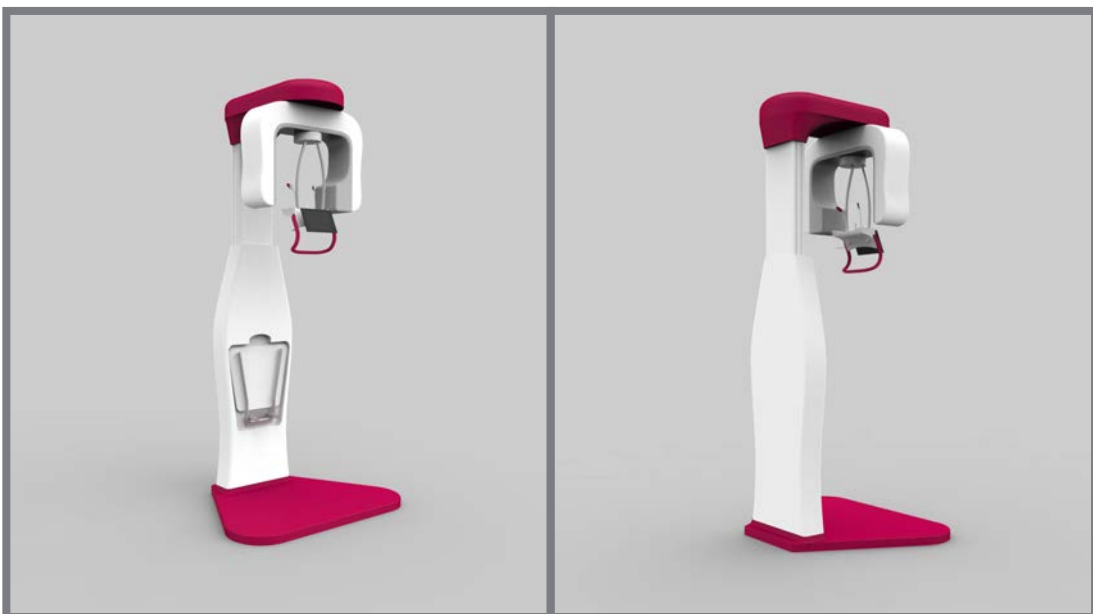
### 4.3 Variantní studie 3

4.3

#### 4.3.1 Tvarové (kompoziční) řešení

4.3.1

Varianta 3 je ve srovnání s předchozími variantami mnohem bohatěji tvarovaná. Tvarem celého přístroje prostupuje ladná křivka, která na první pohled přitahuje pozornost. Přístroj působí velmi elegantně a dynamicky. Přístroj působí na první pohled svěžím dojmem, zaujme a svým vzhledem potlačí strach pacienta z měření.



Obr. 4-7 Vizualizace varianty 3

Stojan přístroje prošel poměrně značným vývojem. Jeho tvar byl zpočátku více nesymetrický, až nevyvážený. Jelikož se mnohem více zužoval ve spodní části, vznikala zde nepoměr a byl tedy přetvořen do současné podoby. Ta je více konzistentní, a ačkoliv

i zde je značná křivka, díky které je stojan masivnější v jeho horní polovině, není to již tak výrazný rozdíl oproti zúžené části.

Podstava u této varianty je ve výsledku tvaru rovnoramenného lichoběžníku se zaoblenými rohy a sedátko kopíruje tvar spodní části stojanu.

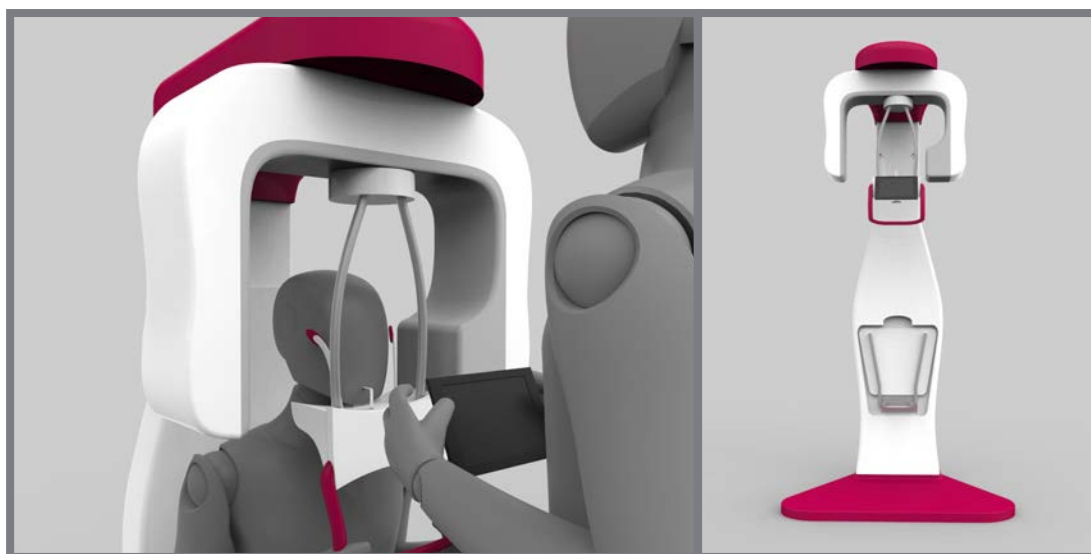
#### 4.3.2 Ergonomické řešení

Přístroj také implementuje inovativní sklápěcí sezení zakomponované do tvarování stojanu přístroje. Výška, šířka i hloubka sezení se opět řídí příslušnými normami.



Obr. 4-8 Vizualizace varianty 3 - měření stojícího a sedícího pacienta

U této varianty je využita konstrukce zavěšená ze středové části otočné hlavice, na níž je umístěn jak panel, tak podpěry a úchopy hlavy. Z této konstrukce také vystupují madla, která lze uchopit ve více úhlech dle pohodlí pacienta. Ovládání je řešeno opět dotykovým tabletem, který lze umístit buď na příslušný úchyt před pacienta, nebo jej může mít lékař v ruce.



Obr. 4-9 Vizualizace varianty 3 - detail

### 4.3.3 Konstruktivně-technologické řešení

Tato varianta se oproti předchozím dvěma odlišuje konstrukcí pro podporu hlavy a upevnění tabletu. Tato konstrukce po vzoru přístroje Carestream 8100 3D CBCT neomezuje rotační pohyb hlavice a nese na sobě váhu pacienta. Předpokládaný materiál pro její výrobu je taktéž karbon, ovšem na rozdíl od zmíněného stoje v masce nebude zakomponováno jednoduché ovládání přístroje. Tím ubudou nároky na prostor a konstrukce tak může být vzdušnější a příjemnější na pohled, než u zmíněného přístroje.

## 4.4 Shrnutí

Společnými charakteristikami všech variant je zakomponování sklápěcího variabilního sezení do stojanu přístroje a řešení ovládání přístroje formou naklápěcího dotykového tabletu, který lze v případě potřeby z přístroje odejmout a ovládat ho tak vzdáleně.

U všech variant je také zajištěna bezpečnost a stabilita přidáním podstavy, jejíž barevné a tvarové řešení zároveň přístroj oživuje a odlišuje ho od konkurence. U všech variant se jedná o nastavování „face to face“, přičemž jsou ale zachovány nižší prostorové nároky jako u přístrojů s nastavováním proti zrcadlu, které jsou na současném trhu nejběžnější.

Jednotlivé varianty se liší zejména celkovým tvarovým pojetím, řešením napojení podpěry a úchopů hlavy na přístroj v souvislosti s postavením pacienta zády ke stojné noze a možnosti rozvoru rotační hlavice dle šíře ramen pacienta.

Barevnost byla zvolena s hledem na čistotu a funkci, proto dominuje bílá barva, která je pro zdravotnická zařízení nejběžnější. Důvod je spíše hygienický, jelikož na bílém podkladu lze dobře vidět nečistoty, a zařízení ordinací i samotný personál by měli co nejméně narušovat imunitu pacientů. Ačkoliv to v dnešní době již není prioritou, bílá barva se obecně zachovává, a proto ji chci jako základní barvu použít i já. Není totiž žádoucí, aby přístroj mezi ostatními zařízeními v ordinaci vybočoval až příliš. Naopak ale v detailech se začíná dávat přednost barevnosti. Proto jsem pro variantní návrhy zvolila jasnou růžovočervenou barvu, jelikož je živá, zaujme, a lehce se odlišuje od typických barev, které se ve zdravotnictví obvykle používají.



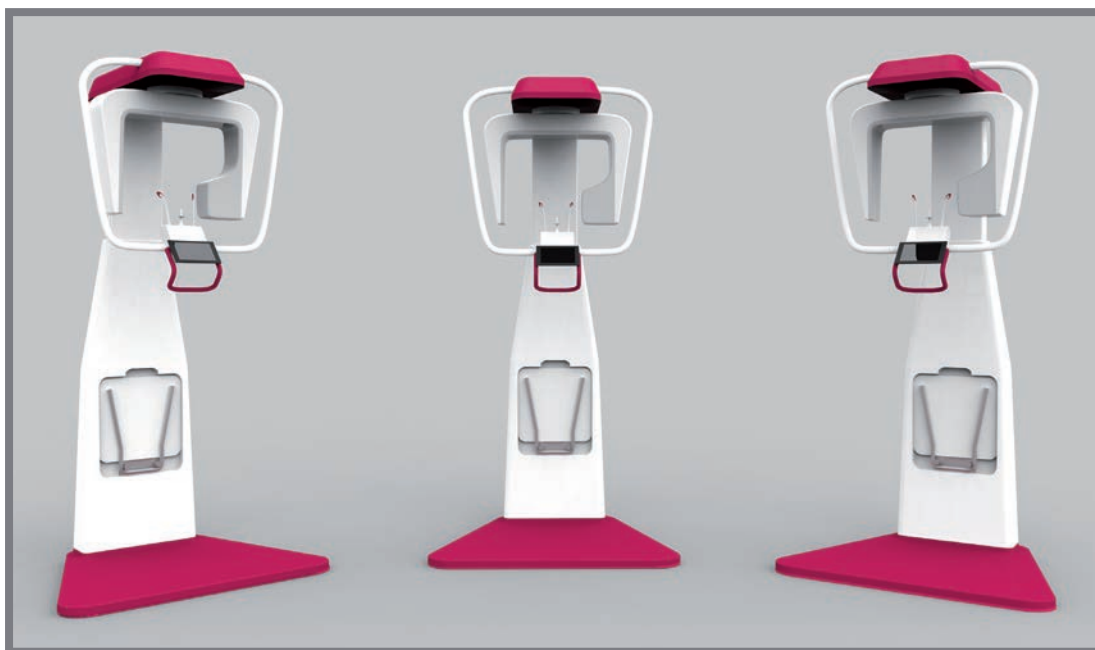
Obr. 4-10 Konceptní modely varianty 2 a 3

## 4.5 Finální řešení

Pro koncepční modely i další rozpracování jsem zvolila varianty II a III, zejména kvůli tvarování a pocitům, které v lidech vzbuzují. Varianta I se zdá být příliš chladná a přílišná geometrie přístroje působilo příliš strože.

Ačkoliv se možnost variabilního rozvoru hlavice zdála zajímavým řešením, které jsem chtěla dále rozpracovat, nakonec jsem jej vyloučila. Hlavním důvodem bylo, že jsem neměla jasné podklady o tom, kolik by měla být maximální a minimální vzdálenost rentgenového zářiče a snímače, a tedy by nebylo zcela jasné, zda nemůže při změně vzdáleností dojít ke zhoršení kvality výsledného obrazu.

Na základě zhodnocení kladů a záporů uvedených variantních návrhů, jsem se rozhodla pro rozpracování a dořešení varianty č. 2. Celý koncept byl znovu podroben skicování a promýšlení funkcí jednotlivých částí přístroje. Návrh byl tak posunut do dalších vývojových etap až k finálnímu designu. Jednotlivé vývojové části, kterými tento proces prošel, jsou uvedeny v následujících kapitolách tvarového, konstrukčně-technologického, ergonomického a barevného řešení přístroje.



Obr. 4-11 Vizualizace - varianta 2 zvolená k dalšímu zpracování

## 5 TVAROVÉ ŘEŠENÍ

5

Následující kapitola se bude zabývat popisem vlastního finálního řešení designu panoramatického rentgenu, a to z hlediska tvarového a kompozičního pohledu.

### 5.1 Tvarové (kompoziční) řešení

5.1

Z hlediska tvaru je rentgen řešen poměrně klasickým způsobem, jelikož tvarování přístroje kopíruje jeho funkci a na první pohled příliš nevybočuje oproti moderním panoramatickým rentgenům na současném trhu. Právě nutnost zachování daného konstrukčního řešení, což se zprvu mohlo zdát jako omezující fakt, se však ve skutečnosti ukázala jako podnět k detailnějším rozboru a řešení tvarování jednotlivých částí přístroje. Byl zde kladen velký důraz na co největší zjednodušení tvarů, čistotu a ladnost. Ačkoliv je totiž moderní jednotlivé části přístroje více organicky tvarovat a doplňovat je zajímavými tvarovými variacemi dříve jednoduchých ploch, velmi často se pak stává, že výrobci toto tvarování spíše přehánějí a nejen že často nemá žádný funkční podklad, ale také je na pohled přístroj spíše přetvarován.

Proto byl zde můj přístup spíše opačného charakteru. Implementace organických tvarů byla prioritou, jelikož díky tomuto faktu obecně pocit pacienta z rentgenu nabývá pozitivního charakteru. Zároveň ale díky kombinaci s funkční geometrií a jednoduchými plochami a zkosením, které se prolíná celým strojem od stojné nohy až po otočnou hlavici, bylo dosaženo ideální kombinace. Rentgen tak působí elegantním, moderním, vzdušným a nenásilným dojmem.



Obr. 5-1 Finální návrh - perspektivní pohled

### 5.1.1 Stojná noha

Stojná noha prošla za dobu studie asi největším tvarovým řešením. Zprvu zde byl snaha o zachování klasického a nejběžnějšího vzhledu, kdy noha vypadá čistě jako sloup kruhového nebo oválného půdorysu a krom toho, že slouží jako nosná konstrukce, nenese žádné další funkce. Od toho přístupu však bylo upuštěno ve chvíli, kdy jsem se rozhodla zakomponovat do ní sklápěcí sezení.

V tuto chvíli došlo k razantní změně přístupu ke tvarování. Poté, co jsem rozhodla o zakomponování sezení přímo do stojné nohy, jsem řešila, jakým způsobem toho docílit tak, aby bylo sedátko co nejméně nápadné a ve sklopeném stavu nepřekáželo pacientovi. Zároveň zde proběhla studie ergonomie sklápění a samotného sezení, z čehož vyplynul nejen tvar a velikost samotného sedátka, ale v návaznosti na tuto skutečnost právě i tvar stojanu. Ten obklopuje zahluobené sedátko, čímž je docíleno zmíněné nenápadnosti. Stojan je tedy řešen zcela jinak než je běžné, je koncipován spíše jako plnohodnotná tvarově návazná část, která opticky vyvažuje horní polovinu a uceluje kompaktnost přístroje.



Obr. 5-2 Finální návrh - stojná noha

Jeho tvar je nakonec poměrně jednoduchý. Z půdorysu tvaru obdélníku vystupuje směrem vzhůru hmota nejprve pod velmi mírným úhlem, následně se láme a pokračuje s razantnějším zkosením a je zakončena opět obdélníkovou základnou o menší velikosti. Tím je dosažena dynamika, poukazující na pohyb horní části přístroje, která dále ze stojanu vystupuje a pohybuje se ve vertikálním směru.

Spodní díl, na který je stojná noha upevněna, funguje jako podstava a zajišťuje stabilitu celého přístroje. Je tvaru rovnoramenného lichoběžníku se zaoblenými rohy. Základem této podstavy je plastový odlitek vyplněný kovovou konstrukcí, který je našroubován k menší kovové části připevněné ke spodu stojné nohy. Tím je zajištěna maximální stabilita přístroje. Na tento odlitek je později připevněn dvoudílný plastový kryt, jež slouží k lepšímu estetickému vjemu z podstavy. V tomto krytu jsou také dva rovnoběžné prolisy, které slouží k pomoci pacientovi na kolečkovém křesle při nájezdu a správném umístění vozičku na podstavě.

### 5.1.2 Sedátko

Vzhledem k plánu docílit co největší nenápadnosti tohoto prvku a snaze o kompaktnost stojné nohy, jsem tvar sedátka jako takového zvolila klasický čtvercový se zaoblenými rohy, které vizuálně navazují na oblejší prvky přístroje. Pro větší komfort při sezení je sedátko v jeho přední části lehce ohnuté.

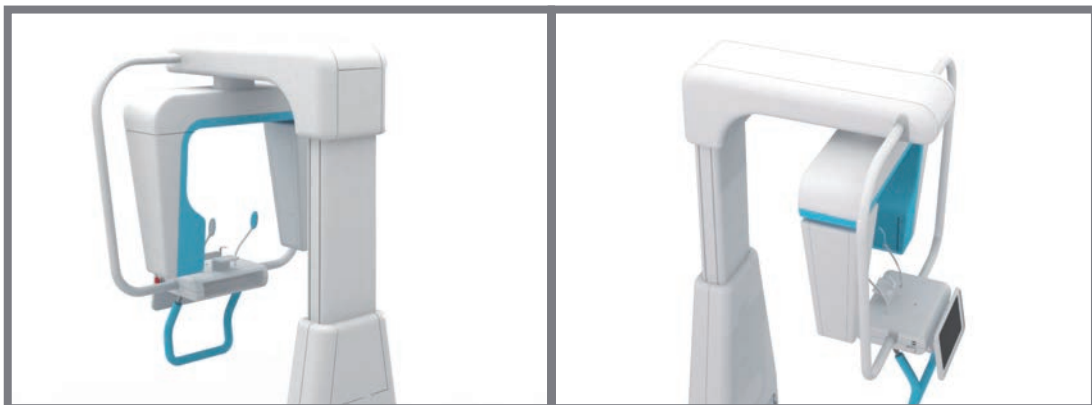
Do prohloubení ve stojné noze zapadá sedátko s velkou přesností, díky které nenařušují vzhled přílišné spáry, ani jej neobklopuje příliš volného místa. Pro pohodlné sklopení toto zahlobení nekopíruje tvar sedátka zcela, ale v jeho vrchní části je výsek, který slouží k pohodlnému uchopení sedátka rukou.



Obr. 5-3 Finální návrh - sedátko

### 5.1.3 Rameno a rotační hlavice

Rameno přístroje, které obsahuje hlavní elektroniku, volně navazuje na tvarování stojné nohy. V jeho horní části se nachází víko, které může technik odejmout při případné opravě. Na toto rameno je napojena rotační hlavice, která rotuje kolem hlavy pacienta.



Obr. 5-4 Finální návrh - rameno přístroje

Tvarování samotné hlavice využívá stejného úhlu zkosení, jako horní polovina stojné nohy. Toto zkosení je promítnuto nejen při pohledu zepředu, ale také v bočním pohle-



du na hlavici. To udává hlavní rys, kterým je dosaženo dynamiky a taktéž je zde tímto prvkem opticky naznačeno místo, kam pacient pokládá hlavu. Při pohledu zepředu vidíme, že se hlavice skládá ze dvou tvarových prvků, které spolu však opticky korespondují. Na jedné straně, kde je umístěn vysílač rentgenového záření, je hlavice vystoupená směrem k pacientovi a přiznává tak umístění této rentgenky.



Obr. 5-5 Finální návrh - rotační hlavice

Na protilehlé straně je část hlavice velmi jednoduchého charakteru. Je v ní uložen snímač, který je zpravidla tvaru kvádru. Jelikož se zde stejně jako u jiných přístrojů nabízela možnost zakomponování variabilní změny stroje z panoramatického rentgenového snímání na 3D snímání, využila jsem této možnosti a stranu se snímačem rozšířila. U tohoto rozšíření jsem využila odzrcadlení již existující části, čímž jsem zachovala zmíněné zkosení z vnější strany hlavice a zároveň kompaktnost vzhledu.

---

#### 5.1.4 Další části přístroje

Úchopy a podpěry hlavy pacienta jsou umístěny na podstavci, který nese kovová obruč kruhového průřezu, zavěšená z ramene rentgenu. Ačkoliv je tato část velmi důležitým prvkem přístroje, hrozilo, že její umístění bude působit na přístroji poněkud cize. Mým cílem bylo tedy její vizuální provázání se zbytkem rentgenu. Tato obruč tedy přesně kopíruje tvar rotační hlavice a zachovává tak celkový jednotný dojem z přístroje. Podstavec je tvarován velice jednoduše jako kvádr ze zaoblenými hranami, díky čemuž zapadá do celkové koncepce a nepoutá pozornost více, než je nutné.

Mým cílem bylo také tento podstavec navrhnout co v nejmenší velikosti, ale zároveň tak, aby nepůsobil příliš subtilně a nevyvolával pocit nedůvěry v jeho nosnosti, jelikož se na něj pacient prakticky zavěšuje svojí vahou. Zároveň je v něm umístěna část elektroniky, která ovládá úchopy hlavy a ovládací tablet.

Tvar zmíněných úchopů vizuálně obtéká tvar hlavy pacienta a nemůže tedy dojít k tomu, že by případně při stisknutí hlavy zavazeny nebo nebyly schopné hlavu pacienta dostatečně obejmout. Na jejich koncích jsou části elipsovitého tvaru, které se pacientovi



přítisknout ke spánkům a zajistí tak stabilitu hlavy. Podpěra brady, spolu s tyčinkou pro zkus, je řešena spíše účelově s minimálním ohledem na originální tvarosloví.



Obr. 5-6 Finální návrh - podpěra brady, tyčinka na zkus a úchopy spánků pacienta

Z pacientovy strany je do tohoto podstavce zakomponovaná malá polička na drobnosti jako náušnice či řetízky, které si pacient při měření musí sundat. Na podstavci je dále umístěno v přední části tlačítko na zapnutí a vypnutí přístroje a na straně druhé tlačítko pro rychlé zastavení přístroje, které se na stroje z bezpečnostních důvodů umísťuje.

### 5.1.5 Tablet

5.1.5

Chod rentgenu je zajištěn pomocí dotykového tabletu umístěného v čelní části podstavného stolku. Na první pohled je podobný běžným tabletům na trhu, liší se však více zaoblenými rohy a dvěma ovládacími tlačítky po stranách dotykového displeje. Právě plocha kolem displeje je také oproti běžným tabletům podstatně širší, a to nejen kvůli zmíněným tlačítkům, která slouží k pohybu strojem nahoru a dolů, ale zejména kvůli dobrému úchopu tabletu obsluhou a možnosti jeho držení pohodlně i jednou rukou. Tvar tlačítek byl navržen tak, aby opticky korespondoval s tvarovým řešením úchopů hlavy pacienta.



Obr. 5-7 Finální návrh - dotykový tablet

### 5.1.6 Charakter designu

Navržený panoramatický rentgen je netradiční především díky zakomponovanému sezení do stojné nohy přístroje. Díky této inovaci a celkovému řešení této stojné nohy se nejen opticky velmi vymyká běžným tvarům, ale zároveň této spodní polovině přístroje dodává viditelnou důležitou funkci. Rentgen také přestává být opticky rozdělen na dvě tvarově odlišné poloviny, ale jednotlivé části přístroje jsou tvarově propojeny a tvoří tak kompaktní celek. Toto řešení však nijak negativně neovlivňuje obsluhu a údržbu.



Obr. 5-8 Finální návrh - dotykový tablet

### 5.1.7 Výraz designu

Přestože je panoramatický rentgen relativně členitý, bylo cílem jeho vzhled navrhnut tak, aby opticky sjednotil všechny jeho části dohromady, dodal přístroji pozitivnější a jemnější výraz a celkově zpříjemnil pacientovi dojem z procedury. Zároveň zde byla snaha o co nejjednodušší tvarování, které mělo kopírovat funkci a konstrukci rentgenu. Vzhledem k minimálnímu počtu ovládacích prvků přístroj působí také velmi srozumitelně. Ačkoliv je rentgen z majoritní části ovládán pomocí dotykového displeje a poté stolního PC, obsluha má všechna ostatní tlačítka po ruce a ovládání je tak více intuitivní.

### 5.1.8 Přidaná hodnota

Zmíněná kompaktnost a tvarová návaznost jednotlivých částí přístroje dodávají charakteristický rys, který spolu s barevností a jednoduchostí přístroje působí jemněji, přístupněji a vyvolává spíše pozitivní dojem z měření, což jen podporuje fakt, že je samotné měření zcela bezbolestné.

## 6 KONSTRUKČNĚ-TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

6

Tato kapitola se zabývá popisem finální varianty z hlediska konstrukčně-technologického a ergonomického řešení. V její první části s budu zabývat řešením jednotlivých konstrukčních a funkčních problémů, které se týkají správné funkčnosti jednotlivých částí přístroje, a které společně zajišťují funkci přístroje jako celku. Ve druhé polovině kapitoly dále rozeberu pohyby některých částí přístroje a jejich vztah k ergonomii pacienta i obsluhy, manipulaci s dotykovým tabletem a umístění ovládacích a sdělovacích prvků.

### 6.1 Konstrukčně-technologické

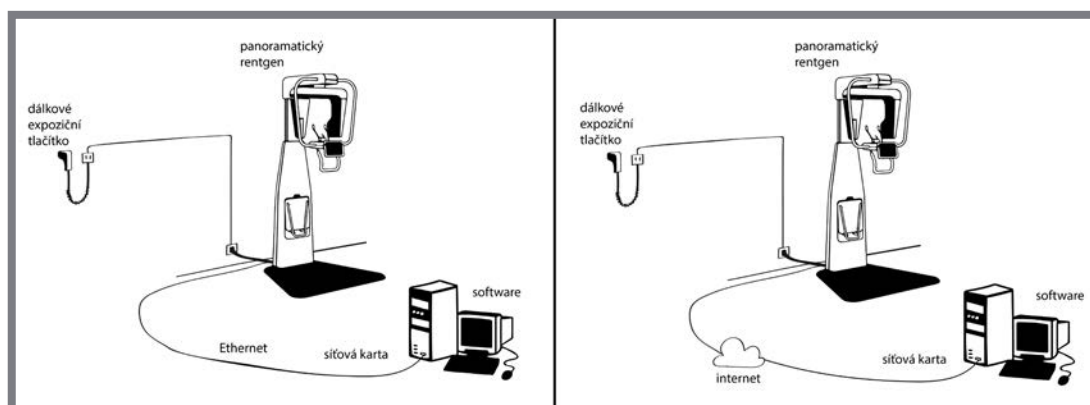
6.1.

Stavba přístroje jako celku a rozměry jeho jednotlivých částí jsou převzaty od výrobců současných moderních panoramatických rentgenů. Ačkoliv předmětem této práce nejsou přímo změny a úpravy vnitřní konstrukce rentgenu, detailní podklady k uspořádání jednotlivých součástí uvnitř přístroje bohužel nejsou volně dostupné a výrobci je také neposkytují. Proto jsem u svého návrhu vycházela z rozměrů moderních přístrojů, a zároveň jsem zde navrhla možnou vnitřní konstrukci a uspořádání jednotlivých součástí.

#### 6.1.1 Základní požadavky na umístění přístroje

6.1.1

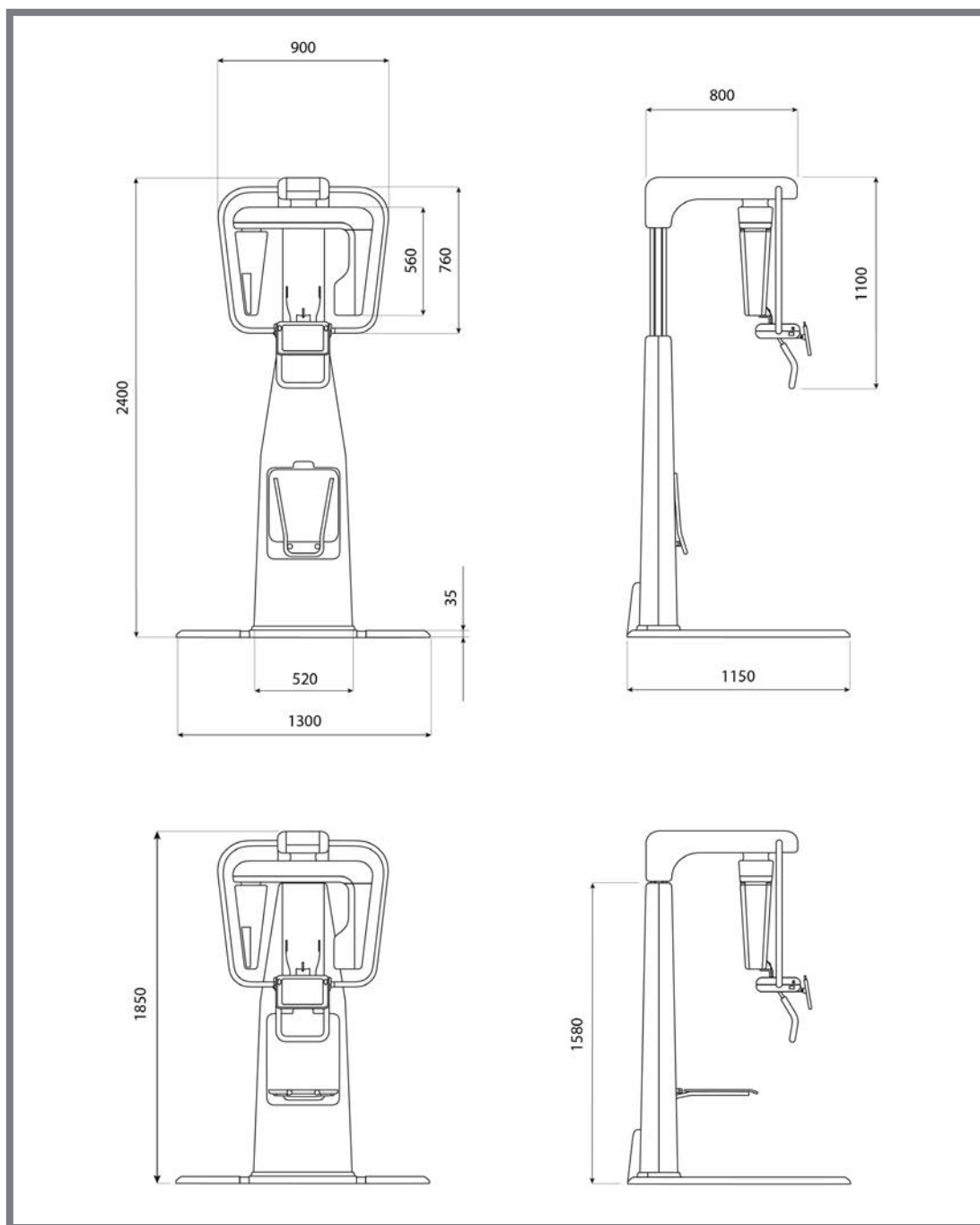
- Panoramatický rentgen je nutné umístit do ordinace nebo samostatné místnosti tak, aby byly dodrženy vzdálenosti radiační ochrany pacienta, obsluhy, případně dalších osob v místnosti.
- Připevnění přístroje ke zdi pomocí konzolí anebo do prostoru za pomocí podstavné plochy
- Zapojení přístroje přímo pomocí kabeláže anebo dálkově k externímu počítači s příslušným software
- Počítač a další externí zařízení připojená k systému musí splňovat normu IEC 60950 (minimální požadavek)
- Rentgen musí být připojen na vlastní, samostatný zdroj napájení. PC a další externí zařízení nesmí být připojeny na stejný zdroj jako rentgen.
- Kabelové spoje systému musejí být instalovány mimo pěší cesty a vchody. Doporučuje se vést je podél stěn nebo pod lištami či jinou ochranou.



Obr. 6-1 Ukázka zapojení k PC napřímou a dálkově

### 6.1.2 Základní rozměry

Na obrázku níže lze vidět základní rozměry mého návrhu ve variantě pro měření stojícího pacienta a ve variantě měření sedícího pacienta nebo pacienta na kolečkovém křesle. Rozměrové parametry vycházejí z detailní analýzy současných přístrojů a jejich konstrukce. Jelikož jsem zvolila ustavování pacienta formou „face to face“, ale zároveň pacienta ustavila zády ke stojné noze přístroje, snížily se tak prostorové nároky jinak kladené na stroje s face to face nastavováním.



Obr. 6-2 Základní rozměry v nejvyšší i nejnižší možné pozici přístroje

Kvůli zakomponovanému sezení a jeho konstrukci jsem také mírně zkrátila délku nosného ramena a tedy přiblížila rotační hlavici ke stojné noze. Přidáním podstavné plochy pro zajištění stability přístroje, na kterou ale bylo nutné moci pohodlně umístit také kolečkové křeslo, jsem však mírně vybočila od běžných rozměrů a půdorys přístroje tak lehce přesahuje běžný průměr a dosahuje 1300 mm x 1150 mm. Celková výška přístroje v jeho nejvyšší pozici je 2400 mm, nejnižší celková výška, do které je možné přístroj posunout pro měření sedícího pacienta je 1085 mm. Při nastavování výšky zařízení je však nutné brát ohled na výšku stropu v místnosti.

Hmotnost tohoto zařízení se pohybuje v rozmezí mezi 130 kg – 200 kg, což závisí na tom, zda je k přístroji připevněna podstavná plocha, nebo je celek připevněn ke zdi.

### 6.1.3 Technické specifikace:

6.1.3

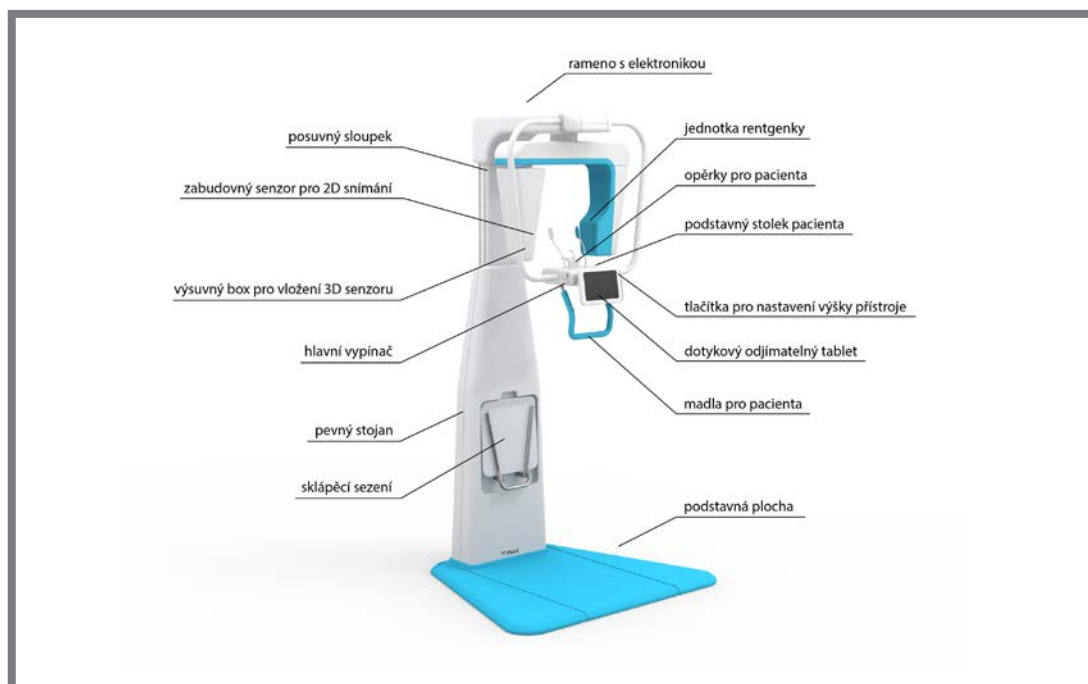
- Třída el. zařízení: Třída I
- Stupeň ochrany: typ B - bez vodivého spojení s pacientem
- Příkon: 2,3 kVA při 230 VAC, 1,65 kVA při 110 VAC
- Jmenovité napětí: 100 - 240 VAC (volitelné)
- Jmenovitý proud: 10A při 230 VAC, 15A při 110 VAC

Množství elektrického proudu lze odvodit na základě vzorce:  $I = P/U$ , kde U značí napětí a P příkon, což vyjadřuje množství energie dodané za jednotku času.

### 6.1.4 Technické řešení finálního návrhu

6.1.4

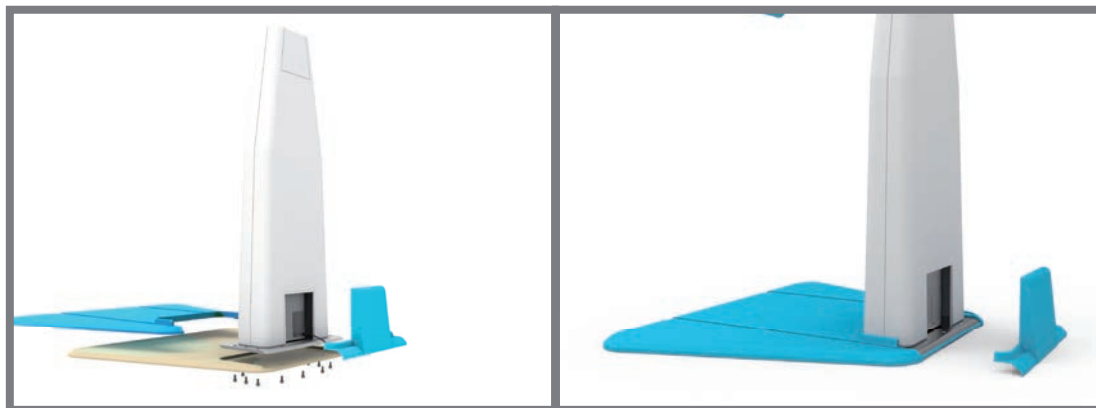
Na obrázku 6-3 můžeme vidět popis jednotlivých částí mého návrhu. Těmto částem se také budu detailněji věnovat v následujících odstavcích.



Obr. 6-3 Celkový popis přístroje

### 6.1.5 Podstavná plocha a stojná noha

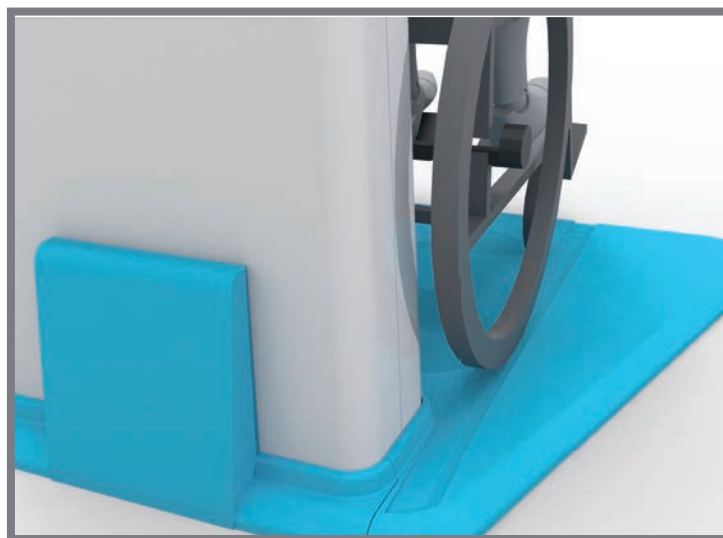
Podstavnou plochu je možné umístit na přístroj, pokud jej chce zákazník umístit do prostoru a nechce jej tedy připevňovat ke zdi. Je tvořena z několika částí. První tvoří kovová konstrukce zalitá plastem, která plní funkci závaží, díky kterému je rentgen plně stabilní i při změně výšky horní poloviny přístroje a zatížení v sedací části. Při sestavování přístroje je tato podstava napevno přišroubovaná ke kovové spodní části stojné nohy. Přišroubována je pomocí dvanácti M10 šroubů. Na tuto základnu je poté nasunut dvoudílný plastový kryt.



Obr. 6-4 Jednotlivé díly podstavné plochy

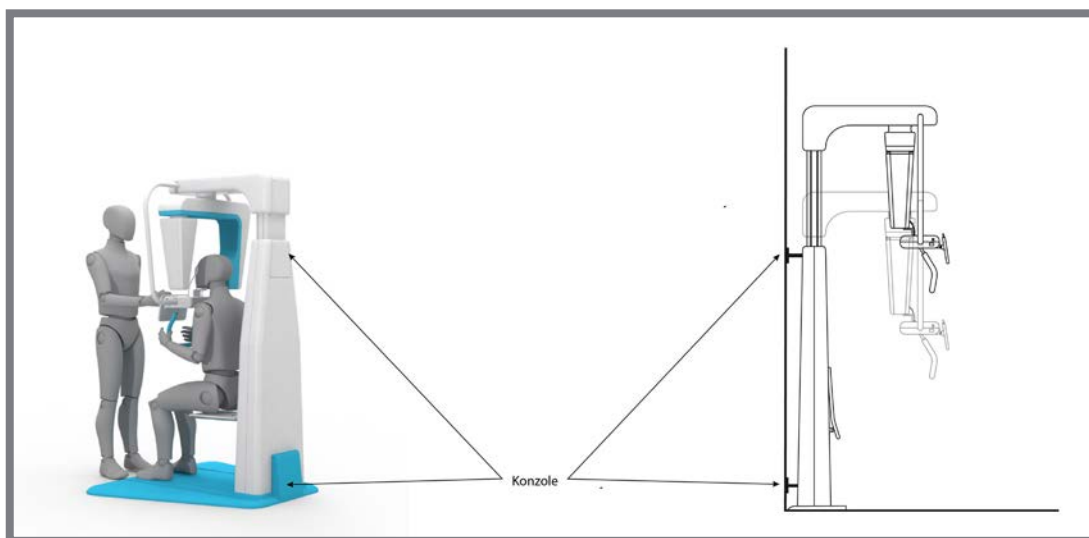
Zadní díl krytu je možné pohodlně odejmout i u zkompletovaného přístroje. Zakrývá otvor ve spodní části stojné nohy, kterým technický pracovník může provádět případné opravy a ve kterém stroj také zapojuje k síti.

Jelikož je nutné, aby pacient na kolečkovém křesle najel k zařízení do přesné pozice a nemusel na podstavě složitě manévrovat, jsou v plastovém krytu navrženy drážky pro pohodlný nájezd. Tyto drážky počítají s případnými silnějšími gumami kol vozíku či menšími odchylkami od průměrného rozvoru kol vozíku.



Obr. 6-5 Drážky v plastovém krytu pro najetí invalidního vozíku

Pokud si zákazník přeje přístroj umístit ke zdi, je toho docíleno pomocí dvou konzol. Technický pracovník přišroubuje tyto konzole ke kovové vnitřní konstrukci rentgenu ve svou místech, v dolní části a po odejmutí plastového krytu ve vrchní části stojné nohy.



Obr. 6-6 Připevnění ke zdi pomocí konzolí

Zdvih horní poloviny přístroje je vyvoláván pomocí šroubového lineárního elektromotoru, který je vetknutý do desky navařené ve spodní části kovového U profilu. Ten tvoří nosnou konstrukci celého přístroje, která je uzpůsobena tak, aby bylo zamezeno případné deformaci pohybového šroubu.



Obr. 6-7 Ukázka vnitřní konstrukce stojné nohy



**Tato volba pohonu má velké množství výhod.**

- rychlost posuvu, široký rozsah sil
- velká přesnost polohování na milimetry bez překmitů a vibrací
- dobré dynamické vlastnosti, chod bez vůlí
- široký rozsah regulace
- opakovatelnost navrácení se do původního bodu dráhy. [37]

K širšímu uplatňování elektrických lineárních pohonů napomáhá nejen stálé zdokonalování, cenová dostupnost měničů kmitočtů, čidel polohy, lineárních ložisek a permanentních magnetů, ale i ekologické důvody. Ve srovnání s hydraulickými a pneumatickými pohony mají totiž nižší hlučnost, nevíří prach a neznečišťují ovzduší aerosoly. [38]



Obr. 6-8 Ukázka reálného produktu - lineární elektromotor [39]

---

### 6.1.6 Sedátko

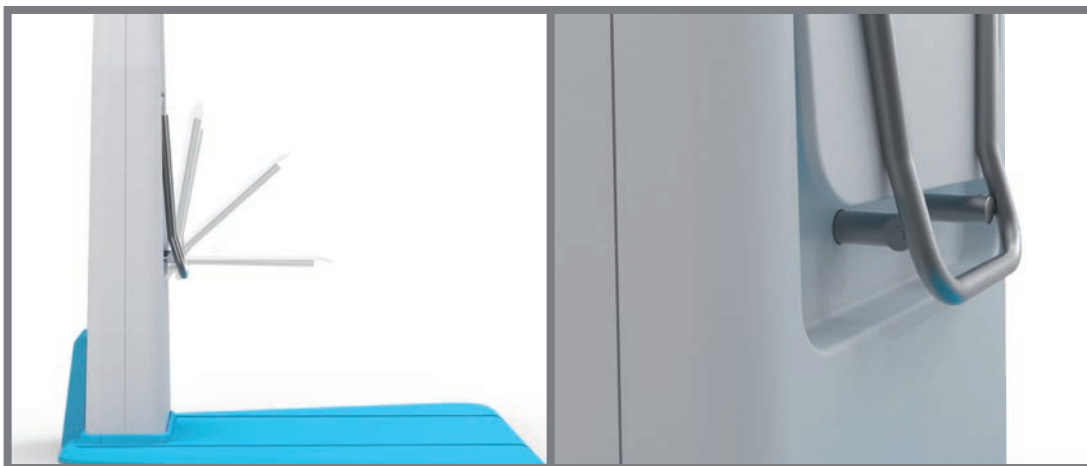
Zakomponování sezení je řešeno po vzoru koupelňových sklápěcích sedátek. Ta se dají sklápět ke zdi, a tím pádem v tomto složeném stavu nezabírají téměř žádné místo. U těchto sedátek se uvádí garantovaná nosnost až do 150 kg. To platí při dodržení podmínek montáže, které zahrnují našroubování konstrukce do zdi. Toto hledisko je tedy v mém případě eliminováno připevněním nosné konstrukce sedátka napevno ke kovové vnitřní části stojné nohy, a tak je tato nosnost nejen zajištěna, ale může být i vyšší.

Pro svůj návrh jsem tedy využila principu, kdy je nerez ocelová tyč kulatého profilu, na které je připevněno laminátové sedátko, připevněna čepy ke dvěma tyčím, které jsou navařeny na kovovou konstrukci stojné nohy. Tyto čepy zajišťují možnost sklápění sedátka, a zároveň jsou dostatečně pevné na to, aby sedátko drželo ve složeném stavu bez nutnosti dalšího zajištění. Ve sklopeném stavu sedátko drží díky jeho nosné tyči, která se svou zadní částí opře o dvě zmíněné přivařené tyče.

Výška montáže sezení se obecně doporučuje 450 mm, čehož je zde také docíleno. Samotná sedací část má rozměry 360 x 380 x 10 mm (Š x H x V) a je vyrobena ze snadno omyvatelného mléčného laminátu.

Hloubka ve sklopeném stavu, která přesahuje zahloubení do stroje a vystupuje tedy před stojnou nohu, je pouze 5 cm. Tím nedochází k překážení při měření stojícího pacienta, ani pacienta na kolečkovém křesle.





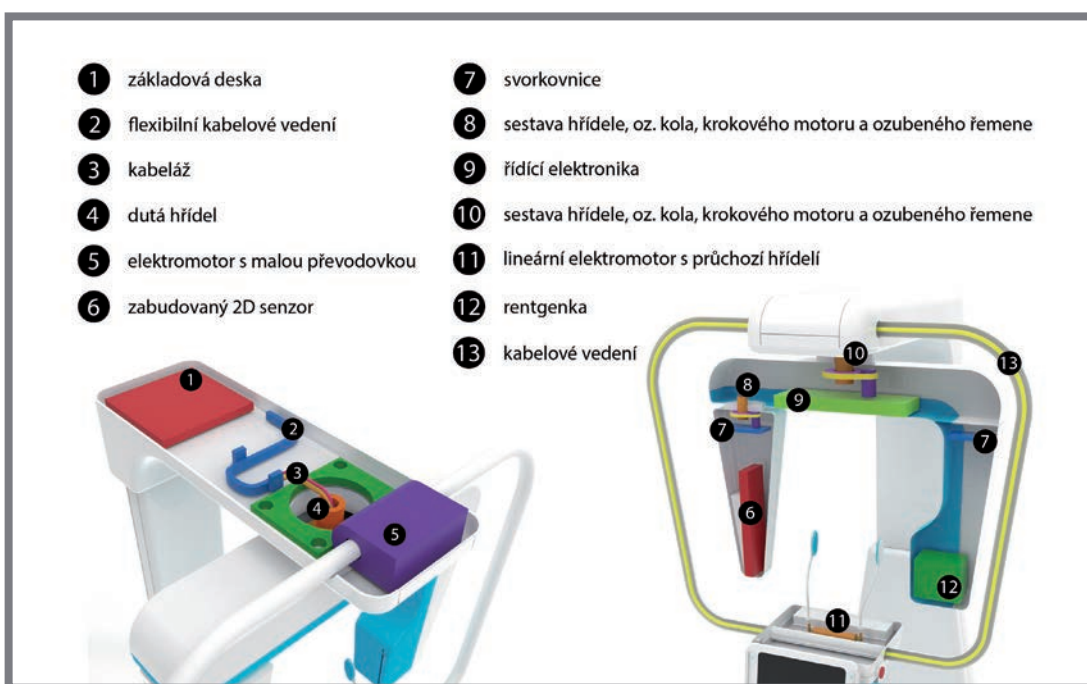
Obr. 6-9 Detail zakomponovaného sezení

### 6.1.7 Rameno

6.1.7

Jednou z částí horní pohyblivé poloviny přístroje je rameno, které obsahuje základovou desku, flexibilní kabelové vedení s kabeláží a elektromotor s malou převodovkou. Tím je zajištěna možnost zvedání obruče pro pohodlný vjezd pacienta na vozíčku v jakékoliv výškové pozici přístroje. Zamčení pohybu v dané pozici umožňuje elektromagnetický zámek, který by měl být schopen odolat i mírnému tlaku na obruč. Ovládání tohoto pohybu je možné pomocí Wi-Fi/bluetooth skrze tablet. Odemčení z pozice je tedy možné pouze pověřenou obsluhou.

Rameno je spojeno s rotační hlavicí pomocí duté hřídele, kterou prochází kabeláž do hlavičky. V tomto spoji je také umožněn pohyb hlavičky v rozmezí max. 3 cm do stran, což umožňuje přístroji přizpůsobit se odlišnostem ve tvaru čelistí pacientů.

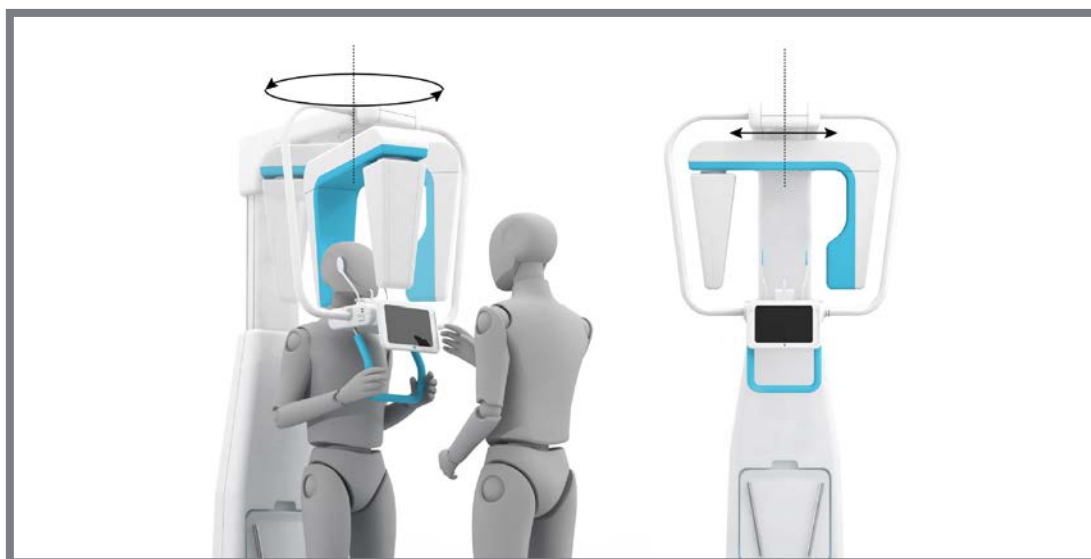


Obr. 6-10 Ukázka vnitřních částí rentgenového přístroje

### 6.1.8 Rotační hlavice

Vstupní pozice hlavice je v jejím umístění kolem opěrek spánků rovnoběžně s obručí. Jakmile obsluha dá pokyn ke snímání, hlavice se pootočí tak, že se část s rentgenkou přiblíží k tabletu a část se senzorem ke stojanu. Odtud pak začíná samotné snímání. Rotaci hlavice zajišťuje krokový elektromotor s vysokým kroutícím momentem, který zamezuje rázům. Zajištění a kontrola přesných funkcí a pozice je zajištěna pomocí snímačů polohy a zrychlení.

V rameni rotační hlavice se nachází základová deska s řídicí elektronikou. Z té vede kabeláž do obou zbylých částí hlavice. Kabeláž je zajištěna svorkovnicemi, aby nedocházelo k pohybu kabeláže uvnitř konstrukce.



Obr. 6-11 Ukázka pohybů hlavice

Rotační hlavice se dále skládá ze dvou částí, které obíhají hlavu pacienta. V jedné části je umístěn zářič, spolu s bezpečnostními snímači dávek záření. Naproti této rentgenky se pak nachází druhá část hlavice, která obsahuje zabudovaný 2D senzor. Tato část



Obr. 6-12 Rotace hlavice a změnu typu měření a vložení externího 3D senzoru

je zcela samostatnou jednotkou a je ke zbytku hlavičky napojena stejným způsobem, jako samotná rotační hlavička k hornímu ramenu stroje. Znamená to tedy, že tuto část a zbytek rotační hlavičky propojuje opět dutá hřídel, krokový motor a ozubené kolo s ozubeným řemenem. Tuto jednotku je možné otáčet o 180° a je tak zajištěna možnost změny typu měření z 2D na 3D bez nutnosti manuálně vyměňovat jeden senzor za druhý, jelikož je 2D senzor zabudovaný napevno. K případnému zapojení 3D senzoru jsem navrhla princip, kdy se vysune stávající část k tomu určená, a nahradí se senzorem. Tento senzor pro 3D měření má větší rozměry než pro 2D, je počítáno s jeho podstatným přesahem, což ale nijak neohrožuje proces měření.

### 6.1.9 Podpěry a úchopy hlavy pacienta

6.1.9

Podpěra brady, tyčinka pro zkus a úchopy hlavy pacienta jsou umístěny na podstavném stolku před pacientem. Pohyb úchopů je zajištěn lineárním elektromotorem s průchozí hřídelí, která je ukryta uvnitř podstavce. Kvůli pohybu úchopů zde musí být výrazná spára, a proto jsem navrhla přidání pryžových manžet, které zabrání zapadání nečistot dovnitř podstavce.



Obr. 6-13 Ukázka sestavení podpěr

### 6.1.10 Tablet

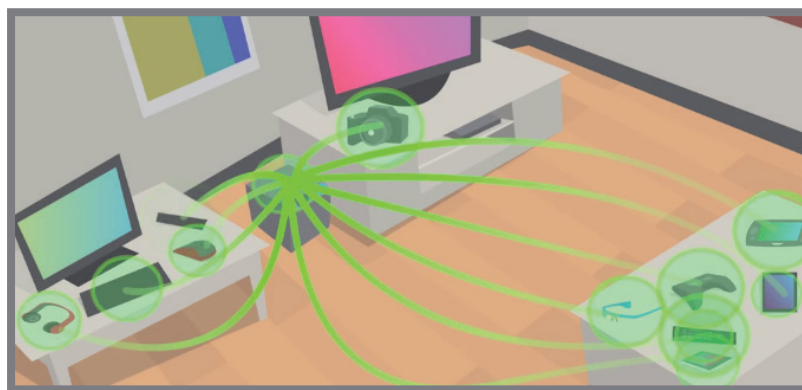
6.1.10

Na podstavném stolku je v jeho přední části napojen také kloub pro držák na dotykový tablet, který je možné natáčet ve vertikálním směru v úhlu 245°. To dovoluje obsluhu pohodlně ovládat stroj nezávisle na výšce pacienta. Tento držák má v zadní části výřez, díky kterému je vsouvání a vysouvání tabletu pohodlnější a jednodušší.

Dotykový tablet je navržen speciálně k užití s tímto panoramatickým rentgenem. Rozměr pracovní plochy odpovídá 10 palcovému displeji, přičemž celý tablet má rozměry 270 x 170 x 70 mm. Díky svým vlastnostem byl zvolen SLCD2 typ displeje, který se vyznačuje výbornými pozorovacími úhly, jasnými barvami a velmi dobrou viditelností na slunci. Jejich nevýhodou však může být větší energetická náročnost, což ale v tomto použití problémem není.

Tablet může být napájen dvěma způsoby. Prvním je pomocí krátkého USB kabelu, který se připojí do USB portu na jedné straně podstavného stolku, a druhým koncem do zdířky ve vrchní středové části tabletu.

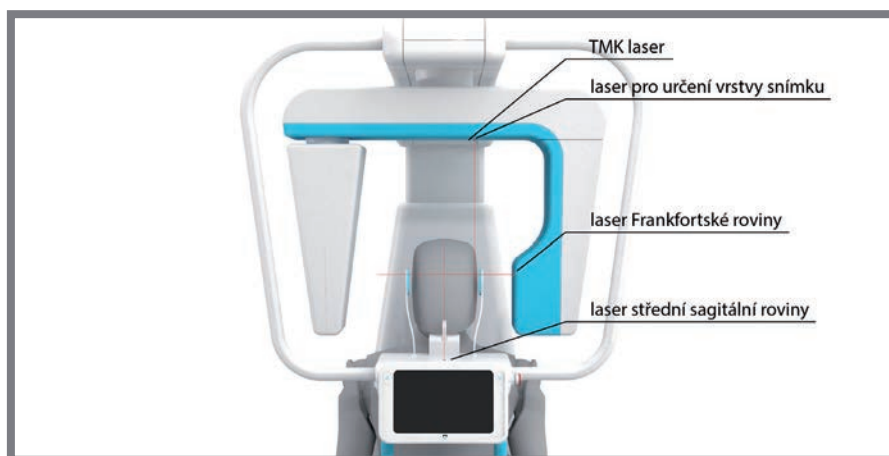
Druhý způsob je napájení využitím nejmodernějších technologií bezdrátového napájení. Tento princip již existuje, ale ještě se jej nepodařilo příliš mezi současné výrobce smartphone a tabletů rozšířit, protože zařízení musí fyzicky ležet na nabíjecí ploše. V současné době se ale testuje systém Cota, který umožňuje napájení i na dálku, a to až do vzdálenosti 9 m. Právě tento princip jsem tedy jako jednu z možností navrhla i pro případ mého návrhu, jelikož je to velmi praktické, a obsluha tak nemusí brát ohledy na fakt, zda tablet nabitý je anebo ne, a jestli ho tedy může z přístroje vyjmout. [40]



Obr. 6-14 Ukázka dálkového nabíjení systému Cota [40]

### 6.1.11 Umístění laserů

Pro správné nastavení pacienta je nutné využít pomocných laserů. Jejich umístění odpovídá technickému řešení panoramatických rentgenů na trhu. Světlo Frankfortské roviny, umístěné na rotační hlavici blízko zářiče, lze posunovat nahoru a dolů otáčením kolečka. Zbylé lasery mají pouze jednu polohu světla. Jeden je umístěn před pacientem, kde ukazuje středovou rovinu, další dva pak na rotační hlavici nad pacientem, kde ukazují dvě roviny paprskem procházejícím vedle hlavy pacienta.



Obr. 6-15 Laserová světla pro ustavení pacienta

### 6.1.12 Použité materiály

Hlavním materiálem pro krytování přístroje byl zvolen plast, který se využívá standardně. Jedná se o ABS plasty, které se vyznačují až extrémní mechanickou odolností a houževnatostí chemickou odolností vůči kyselinám, louhům, olejům a tukům. Tyto vlastnosti jsou navíc spojeny s naprostou zdravotní nezávadností. Protože se přípravek pro zkus, opěrky brady, opěrky spánků se mohou sterilizovat v parním sterilizátoru při teplotě 135°C, je nutné, aby byly vyrobeny např. z PEEK plasty, který disponuje vyšší tepelnou odolností. [41]

Zejména pro místa náchylná ke špinění či poničení, jako je podstavný plocha, sedátko a podstavný stolek navrhuji povrchovou úpravu materiálu pomocí plazmové povrchové úpravy plastů. Tato technologie nachází velké uplatnění v různých průmyslových, ale i medicínských aplikacích. Je možné takto upravovat velké množství povrchových vlastností: smáčivost, adhezi, index lomu, tvrdost, barvitelnost, chemickou odolnost, tření nebo biokompatibilitu. [42]

Madla pro pacienta jsou navržena s měkkým pogumováním pro pohodlné držení. Stejně tak místa úchopů spánků pacienta jsou navržena z měkkého gumového materiálu.

## 6.2 Ergonomické řešení

Ergonomie je velmi důležitým aspektem lékařských přístrojů, a pro můj návrh tak byla jedním z nejdůležitějších parametrů. Hlavním cílem v ergonomickém řešení tak byla analýza ovládání přístroje obsluhou, a zároveň ergonomie z pozice měřeného pacienta. Design přístroje tedy musí být takový, aby pokud možno usnadňoval obsluhu činnost a pacientovi proceduru co nejvíce zpříjemnil. Zároveň vhodnou ergonomií zacílenou na pacienta je možné eliminovat možnost chybovosti při samotném měření vlivem nestability měřeného subjektu.

### 6.2.1 Ovladače a sdělovače

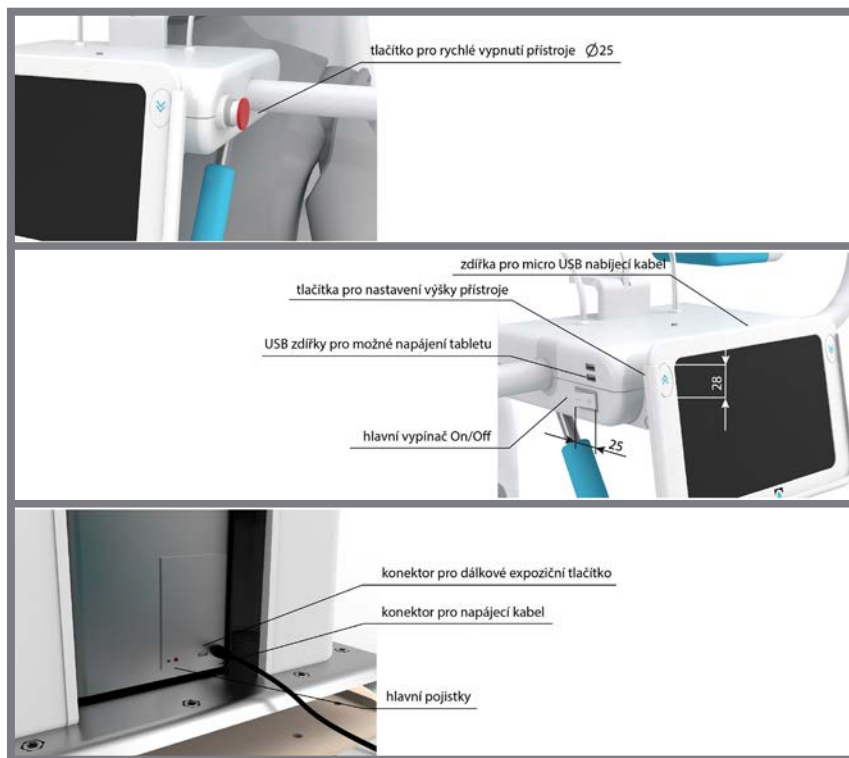
Přístroj řadíme do takzvané kategorie F, která zahrnuje bezprostřední pracovní styk ruky obsluhy se strojem pomocí ovladačů a sdělovačů. Tento styk zahrnuje komunikační procesy, motorické procesy, ovládací činnost a kontrolní činnost, tzn. veškeré přímé kontakty s předmětem. [43]

#### Proto zde bylo podrobně řešeno

- poloha těla při práci - fyziologicky vhodná poloha těla
- respektování rozložení rozměrů těla i jeho částí
- respektování rozložení rozměrů ruky
- rozsah pohyblivosti kloubu ruky - přizpůsobení hmatovým možnostem člověka
- volba vhodných typů ovladačů
- rozměrové řešení ovladačů
- umístění ovladačů
- barevnost ovladačů
- manipulační prostor - situování ovládacího panelu rozměry, sklon, srozumitelnost, jednoduchost
- vizuální podmínky- situování sdělovačů v optimálním zorném poli
- zorná vzdálenost, kritický detail

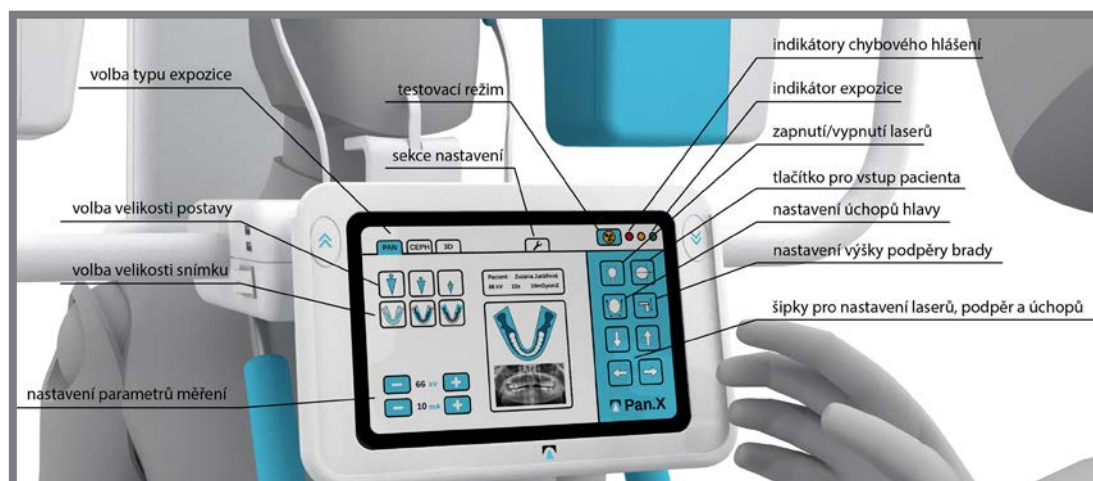


Zároveň bylo myšleno na bezpečnost při užívání ovladačů pomocí zaoblení hran a na hygienu a snadnou údržbu.



Obr. 6-16 Rozmístění a ergonomie ovládacích prvků přístroje

Je nutné, aby kromě obsluhy byl i pacient schopen dosáhnout na nouzové tlačítko rychlého vypnutí rentgenového přístroje. Pokud je během expozice nouzový vypínač stisknut, je expozice okamžitě ukončena a rentgenový přístroj se zcela zastaví. Tato možnost zastavení stroje je nutná pro maximální bezpečnost pacienta.



Obr. 6-17 Ovládání pomocí tabletu

Obsluha zapne přístroj pomocí hlavního tlačítka On/Off na jedné straně podstavného stolku, všechny ostatní úkony pak obsluhuje pomocí tabletu. Na tom jsou umístěna dvě tlačítka pro nastavení výšky přístroje. Všechna další obsluha probíhá pomocí dotykové obrazovky s vlastním software.

### 6.2.2 Konektory

6.2.2

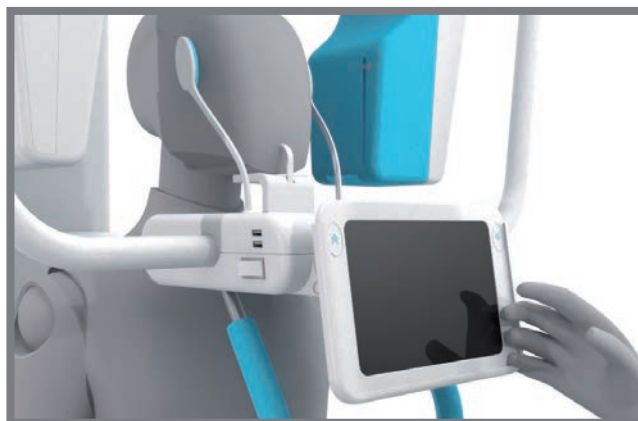
Součástí ergonomického řešení je i umístění konektorů důležitých pro chod rentgenového přístroje a vstupů a výstupů pro připojení dalších zařízení. Protože ale panoramatický rentgen působí jako samostatná jednotka připojená k externímu PC pomocí kabelového vedení nebo dálkově přes Wi-Fi, je umístění většiny těchto prvků ukryto pod plastovým krytem podstavy.

Nachází se zde konektor pro zapojení napájecího kabelu, který je využit vždy. Vedle něj je umístěn konektor pro možné připojení kabelu externího expozičního tlačítka. Mimo tyto dva konektory se zde také nachází hlavní pojistky přístroje. Plastový kryt podstavy může obsluha přístroje kdykoliv pohodlně odstranit. V krytu jsou zároveň dva otvory pro vedení příslušné kabeláže.



Obr. 6-18 Návrh umístění konektorů

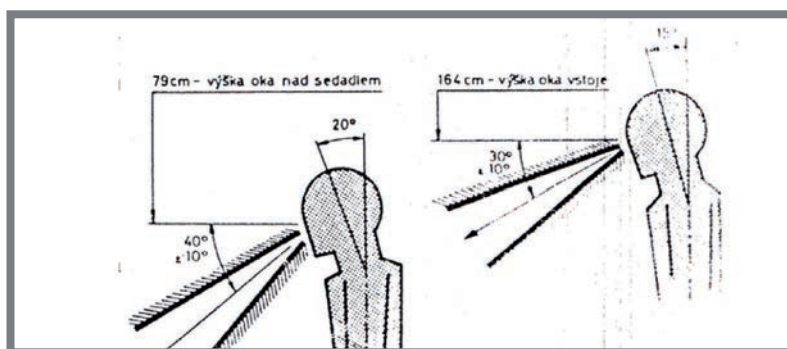
Dalšími konektory jsou dva USB vstupy pro připojení nabíjecího kabelu k tabletu. Tyto vstupy se nacházejí na boku podstavného stolku nad hlavním vypínačem. Na horní straně tabletu je pak vstup pro zapojení tohoto kabelu a nabíjení.



Obr. 6-19 Umístění USB vstupů

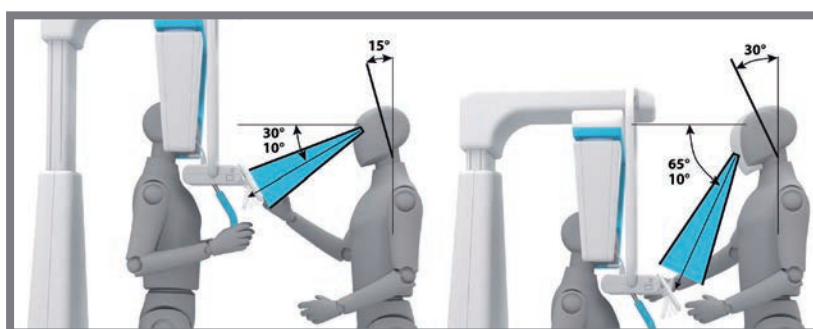
### 6.2.3 Zorné pole obsluhy

Zorné podmínky závisí na velikosti detailu a kvalitě zraku. Vzdálenost mezi pozorovaným detailem a okem je zorná vzdálenost. Oblast, kterou můžeme vidět bez toho, abychom pohnuli hlavou, se nazývá zorné pole. Poslední složkou je osa pohledu. Je to polopřímka, která vychází z oka pozorující osoby při přirozené poloze hlavy ke sledovanému objektu. Na obrázku 6-21 jsou uvedeny optimální úhly pro pozorování ve stoje. [44]

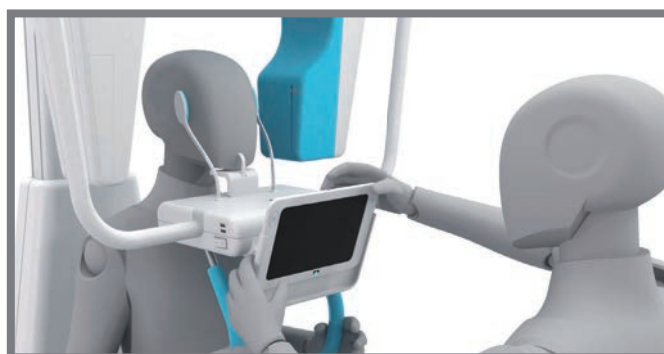


Obr. 6-20 Optimální zorné pole (vpravo) u stojící osoby [44]

Na základě výše uvedených poznatků jsem navrhla optimální možnost natáčení ovládacího tabletu ve vertikálním směru pod úhlem až  $245^\circ$ , což umožňuje komfortní práci ve stoje. V případě potřeby a pohodlí lze také tablet ze přístroje úplně vyjmout a obsluhovat jej tak na dálku. K pohodlnému vyjmutí slouží také výřez v zadní části držáku, díky kterému je možné tablet bez problému uchytnit.



Obr. 6-21 Ukázka naklápění tabletu na mém návrhu

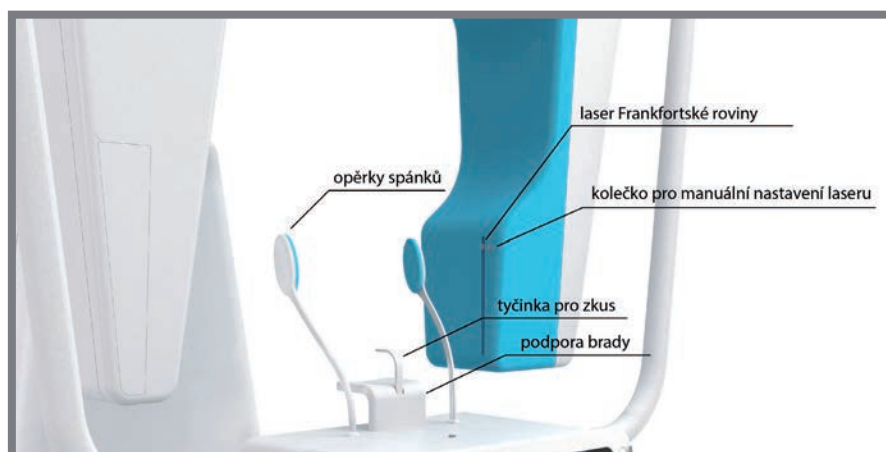


Obr. 6-22 Ukázka vytažení tabletu z držáku



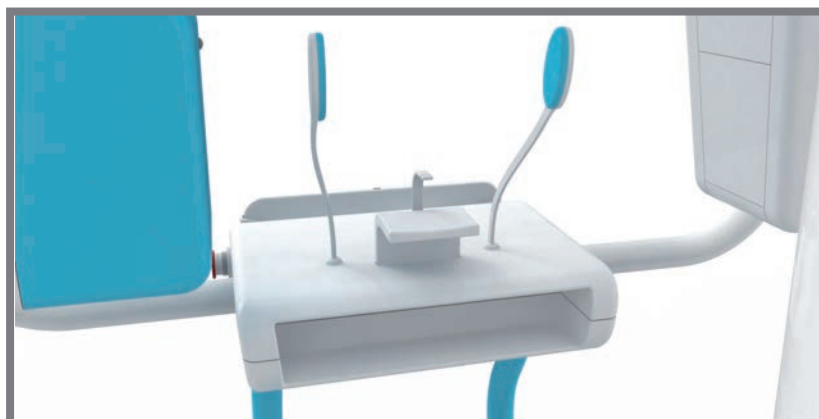
### 6.2.4 Ustavení pacienta

Pacient je požádán, aby přistoupil k přístroji, položil bradu na podpěru, zkouzl mezi své přední zuby tyčinku a uchopil se za madla. Ta lze uchopit v celé jejich délce. Je také vhodné, aby pacient měl natažený krk a nepředsoval hlavu před rovinu těla. Obsluha poté zapne světla laserů a manuálně pomocí kolečka nastaví světlo Frankfortské roviny. Poté stiskne tlačítko pro sevření úchopů hlavy pacienta. Následuje samotné měření.



Obr. 6-23 Detailní pohled na podstavný stolek

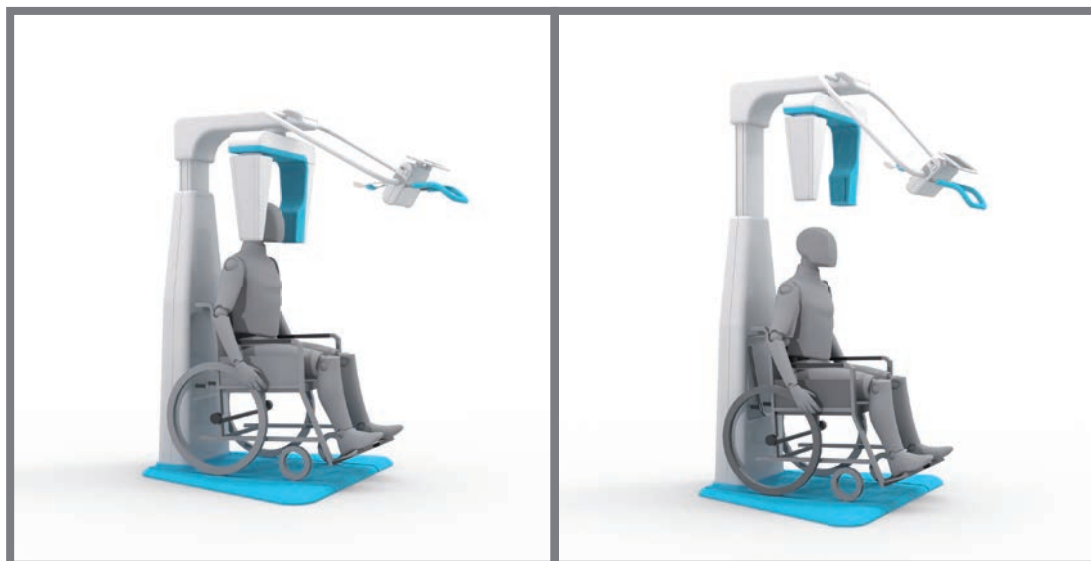
Pacient si musí také sundat brýle, naslouchátka, šperky, snímatelné protézy, šperky, sponky do vlasů a jiné kovové příslušenství. K odložení těchto maličností slouží malá polička v přední části podstavného stolku.



Obr. 6-24 Polička pro drobnosti

### Pacient na kolečkovém křesle

Pro pacienta na kolečkovém křesle je zde navržena speciální možnost odklápění obruče včetně podstavného stolku a příslušenství na něm umístěném. Obsluha vyjme tablet ze stroje a s jeho pomocí toto zvednutí ovládá. Pacient tak může pohodlně najet k přístroji, a to ať už je ve své nejvyšší nebo nejnižší pozici.

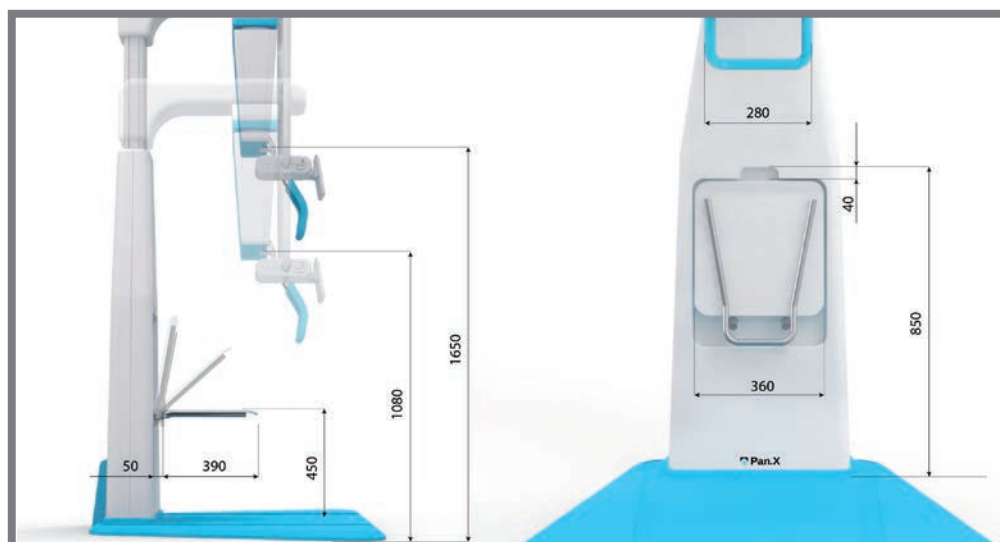


Obr. 6-26 Nájezd pacienta na kolečkovém křesle

### 6.2.5 Ergonomie sezení

V případě, že chceme pacienta pro měření posadit, sklopí personál sedátko. Tento proces je velmi jednoduchý a pohodlný, jelikož je v horní části prolis pro vložení mužské i ženské ruky a pohodlný úchop sedátka. Tomu přispívá také fakt, že je sedátko v té to části lehce ohnuté a tak jemně vystupuje do popředí.

Výška sezení je standardních 450 mm. Jelikož pacient nesedí déle než pár minut a sedí vzpřímeně, nebylo nutné zakomponování opěradla.



Obr. 6-27 Sklápění sezení a parametry sedátka

### 6.2.6 Bezpečnost a hygiena

V manuálech moderních strojů se uvádí, že k zajištění bezpečnosti uživatele i pacienta a k udržení vysoké kvality snímků je nutné, aby vyškolený servisní technik zkontroloval a seřídil přístroj jednou za rok nebo po provedení každých 10 000 expozic.

Jako u všech zdravotnických zařízení je i zde kladen velký důraz na hygienu. Na tyčinku pro zkus se navléká speciální gumový návlek pro zajištění maximální čistoty. Ten se ihned po použití vyhodí. Při čištění ostatních částí by měl být rentgen odpojen od sítě.

Přípravek pro zkus, opěrky brady, opěrky spánků se mohou sterilizovat v parním sterilizátoru při teplotě 135°C anebo čistit přípravky na alkoholové bázi. Povrch zbylých částí zařízení a také tablet je možné čistit jemnou utěrkou navlhčenou čistícím roztokem, který se ale nesmí sprejovat přímo na povrch zařízení. [45]

Protože jsem se v dřívějších osobních dotaznicích dozvěděla, že je nevhodné, když jsou přístroje v lesklém provedení, je můj návrh představen v matu. Toto provedení je praktičtější, jelikož není vhodné, aby obsluha musela po každém pacientovi leštit všechny otisky prstů, které na lesklých plochách lze pozorovat již při letmém dotyku.

## 7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

V následující kapitole je popsáno finální barevné a grafické zpracování mého návrhu, spolu s dalšími možnými barevnými kombinacemi, které berou ohled na psychologii a estetický dojem z přístroje. Zároveň je zde detailně zobrazeno grafické zpracování úvodní obrazovky software, název přístroje a jeho logotyp.

### 7.1 Barva

Výběru finální barevné varianty předcházely psychologický průzkum vnímání a působení barev v oblasti lékařského zařízení a ordinací. V současnosti se do dříve bílých, opticky velmi sterilních ordinací, začínají dostávat poměrně výrazné barevné variace. V posledních několika letech se nabídka stomatologického vybavení rozšířila o poměrně širokou škálu barev, přičemž nabídka se mezi výrobci liší.

Moderní ordinace jsou často barevně sladěny od zubařského křesla až po barvy menších zubařských nástrojů. Je tedy na místě myslet i na výběr barevného provedení dalších přístrojů, které si lékaři mohou třeba i po čase pořizovat.

Jedním z parametrů, podle kterých jsem výslednou barvu vybírala, byla využitelnost a popularita dané barvy. Protože je panoramatický rentgen zařízením, které si lékaři pořizují většinou již do vybavené ordinace anebo jej sdílejí s více pracovišti, hrála roli oblíbenost a modernost dané barvy.

Dalším parametrem pro mne byla psychologie, tedy jak bude přístroj působit na pacienta. Jelikož jsem jako základní barvu zvolila klasicky bílou, bylo třeba ji doplnit takovou barvou, která pacientovi pocit z procedury zpříjemní a pokud možno přístroj zosobní. Prioritou tedy bylo, najít takovou kombinaci s bílou barvou, která bude působit moderně, vzdušně, elegantně a zároveň bude pokud možno uklidňovat.

Ačkoliv jsem při tvorbě variantních návrhů počítala s doplňkovou barvou v odstínu červenorůžové, nakonec jsem usoudila, že je to barva příliš agresivní. Po průzkumu fotek ordinací na internetu jsem přišla na to, že velmi oblíbenou barvou je modrá v různých svých odstínech a tónech. Tato barva byla již od počátku spolu s modrozelenou jedním z mých favoritů, a proto jsem ji nakonec i finální zvolila. Zmíněnou modrozelenou jsem jako finální vyloučila proto, že i v moderním světlém odstínu stále evokovala nemocniční modrozelenou, čehož jsem se ale chtěla vyvarovat.

Jak bylo již výše uvedeno, základní barvou byla zvolena bílá barva, která byla použita na většině nosných prvcích rentgenu. Doplňková modrá barva byla použita tak, že přiznává důležité prvky rentgenu a doplňuje celek. Použití barvy jsem volila účelově tak, aby byla zastoupena rovnoměrně na horní i spodní polovině přístroje a tak, aby nebyla použita pouze v minoritních detailech, ale aby byla plnohodnotnou součástí přístroje. Tato doplňková barva byla vybrána modrá, která je téměř všeobecně oblíbená barva. Působí elegantně, vznešeně, má uklidňující účinky a vyvolává pocit bezpečí. Mimo jiné také vzbuzuje důvěru. Velmi zde ale záleží na výběru jejího vhodného odstínu, jelikož může působit až příliš chladně a neosobně. [46]

Proto jsem zvolila odstín Ocean Blue s akcentem spíše do modra, než do zelena. Tato barva je obecně velmi oblíbená, a v kombinaci s bílou na rentgenu působí velmi živě a celý přístroj rozjasňuje. Je použita na funkčních prvcích jako je podstava, část rotační hlavice, madlo pro pacienta a měkké části úchopů spánků pacienta. Ačkoliv jsem kvůli velikosti barevné plochy uvažovala nad použitím spíše bílé barvy pro podstavu, z hygienických a bezpečnostních důvodů jsem nakonec zvolila právě modrou. Nejen, že na ní nebudou tak vidět otisky bot pacientů, jako by tomu bylo na bílé, také je více viditelná například na světlé podlaze, a tím eliminuje možnost zakopnutí.



Obr. 7-1 Základní barevná kombinace

## 7.2 Barevné varianty

7.2

Jak jsem již zmínila, panoramatický rentgenový přístroj je spíše doplňkovým zařízením celé ordinace, a proto pravděpodobně v době jeho výběru již lékař ordinaci vybavenou má, a tedy je v ideálním případě sladěna do nějaké určité barvy. Problém je, že všichni výrobci moderních panoramatických rentgenů nabízejí velmi omezený výběr barevných variant, většinou v rozsahu maximálně 5 různých barev.

Tuto skutečnost považuji za velký nedostatek nabídky, zejména proto, že si lékaři vybírají výrobce dle kvality výsledků měření a barva přístroje je tedy méně podstatná. Proto, pokud si vybere od výrobce, který nabízí například pouze fialový přístroj, je nucen ho zakoupit i do své například oranžové ordinace.

To mě přivedlo na myšlenku nabídnout zákazníkovi katalog barev, ve kterých je možné přístroj dodat speciálně pro danou ordinaci. Protože se jedná o poměrně drahá zařízení, neměl by být velký problém nabídnout zákazníkovi možnost volby. Tímto přístroj může získat velkou konkurenční výhodu.

Spolu s katalogem přibližně 20 moderních barev a odstínů bych také zákazníkovi ráda nabídla možnost volby barvy software, který rentgen barevně doplňuje. Na následujícím obrázku jsem vybrala několik moderních barev, které by mohly být jedněmi z daného katalogu, a jejich použití na přístroji i na dodaném software.



Obr. 7-2 Další možné barevné varianty

## 7.3 Grafické řešení

V následující podkapitole představuji název a logotyp, které jsem pro přístroj vytvořila, spolu s návrhem hlavní strany software. Uvedené značení a piktogramy nebyly přímo součástí zadání této práce a vycházejí ze značení na jiných software.

### 7.3.1 Název přístroje a logotyp

Název přístroje byl úzce spjat s tvorbou logotypu, jelikož na něm samotný logotyp závisel. V tomto názvu vycházím z anglického překladu spojení panoramatický rentgen, tedy z Panoramic X-Ray. Název měl být zajímavý, poutavý a důvtipný. Vznikl tak spojením zkráceného slova Panoramic a X značícího X rentgenové vlny.

Pan.X rentgenový přístroj byl dále podroben analýze pro návrh vhodného logotypu. Ten ve své finální variantě zahrnuje zobrazení čelisti, jejíž obrys je vyřiznut ze zaobleného čtverce. Zároveň tímto výřezem při bližším pohledu na značku vznikl tvar samotného rentgenového přístroje, kdy jedna část je stojná noha a druhá rotační hlavice.

Barevnost logotypu vychází ze základní modré varianty přístroje, která je doplněna 80% šedou barvou. Ta je zvolena přednostně před černou, protože působí jemněji. Dále jsou zde doplněny další možnosti použití, které je možné využít například na tiskovinách či jiných propagačních materiálech. Varianta se 100% černou barvou není přímo uvedena jako možná varianta logotypu, ale počítá se s ní pro použití v software, a to z důvodu viditelnosti při použití jiných, světlejších barev software.

Použití logotypu na přístroji je pouze nenápadné. Celý logotyp je v barevné variantě použit pouze jednou na stojné noze v její spodní části u podstavce, a značka samotná je umístěna na tabletu. Jak jsem již zmínila, černobílý logotyp je poté součástí software.



Obr. 7-3 Návrh názvu a logotypu

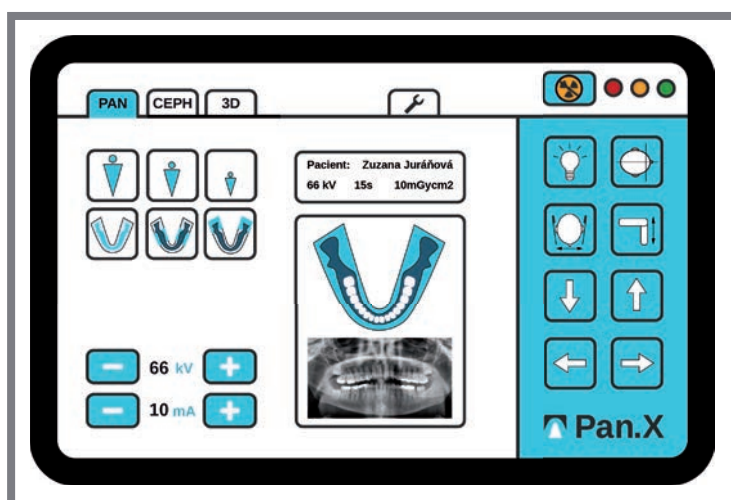
### 7.3.2 Grafické řešení software

7.3.2

Ačkoli zpracování software nebylo přímo povinnou součástí této práce, rozhodla jsem se navrhnout alespoň úvodní obrazovku a rozložení ovládacích prvků na ní. Jelikož je můj návrh téměř zcela ovládán pomocí tohoto software, rozložení jednotlivých prvků a intuitivní ovládání hraje velkou roli v efektivitě práce s přístrojem.

Zobrazení obrazovky jsem pro celý software rozdělila na dvě funkční části. První, zobrazena jako barevný obdélník s osmi tlačítky, je část pro ovládání pohybu přístroje a jeho hlavní nastavení. Nachází se zde tlačítka pro vstup pacienta do prostoru měření, rozsvícení laserů, nastavení úchopů hlavy a výšky opěrky brady. Tyto pohyblivé části pak jsou ovládány šipkami.

Druhá část obrazovky zobrazuje prvky ovládající samotné měření a výběr parametrů, které jsou k měření potřebné. Jedná se zejména o velikost postavy pacienta, typ měření, typ zobrazení čelisti a radiační zátěž. Tato část obrazovky se pro různé typy měření může měnit, a také se v této části zobrazí podstránky nutné k nastavení parametrů potřebných pro daný úkon.



Obr. 7-4 Návrh vstupní obrazovky software



## 8 DISKUZE

Kromě již probraných parametrů, které mají vliv na vnímání přístroje, je nutné také zohlednit další aspekty, popsané v následující kapitole. Jedná se zejména o ekonomické, psychologické a sociální aspekty.

### 8.1 Psychologické aspekty

Asi 75 % populace ve vyspělých státech má vlastní zkušenost se strachem z ošetření u stomatologa. Asi 15% z nich pak přímo trpí takzvanou odontofobií, což je úzkostný stav, při kterém se člověk stomatologii přímo vyhýbá, a zubní pohotovost vyhledá pouze při neúnosné bolesti. [47]

Zbylých 50% trpí sice jen obyčejným strachem se zubního ošetření, který vznikl nejpravděpodobněji z nepříjemné situace v minulosti, ale i tak je nutné pokud možno pacientům vyšetření co nejvíce zpříjemnit. V současné době se dá říct, že se situace pomalu zlepšuje, a to zejména díky osobnějším a empatičtějším přístupům ošetřujících lékařů. Ti pacientovi sdělí, co se bude dít, na požádání podají anestezii či jinak pacienta uklidní, když je třeba.

Zároveň vidíme trend ve zlepšování vzhledu ordinací a jejich působení na psychiku pacienta, například přidáním příjemných barev do interiéru. Také zaznamenáváme, že výrobci přístrojů dbají na to, jak na pacienta působí, a to jejich tvarováním a zakomponováním barev.

Ačkoliv je panoramatické měření naprosto bezbolestné, jelikož se jedná o poměrně robustní přístroj, pacienta může děsit. To není příliš vhodné pro daný typ měření, jelikož pacient musí být v naprostém klidu. Proto bylo jedním z mých záměrů přístroj více zosobnit, sjednotit jeho tvarosloví a pokud možno zjednodušit tvarování tak, aby nebylo zbytečně přehnané a složité.

Velkou roli hrála také volba barev. Toto téma bylo podrobněji rozebráno v kapitole *Barevné a grafické řešení*. Barevnost byla zvolena tak, aby podtrhla čistotu tvarosloví a aby přístroj jako celek působil pozitivním dojmem a v pacientovi vzbuzoval spíše klid a pohodu. V rámci návrhu jsou představeny také další čtyři barevné kombinace, konečnou volbu barvy ale nechávám na výběr samotným lékařům tak, aby se hodila ke zbytku ordinace. V každém případě se však jedná o jasné živé barvy, které doplní většinou zastoupenou bílou barvu, a přístroj celkově projasní.

Vůně a pachy u tohoto zařízení nemají žádný vliv na psychiku pacienta ani obsluhy. Přístroj je omýván pouze vodou s jemnými čistícími prostředky a části, kterých se pacient dotýká přímo, jsou desinfikovány parou.

### 8.2 Ekonomický aspekt

Panoramatický zubní rentgen patří k poměrně nákladným investicím. Tyto přístroje se pohybují od 500.000 Kč až k částkám okolo 1. 500 000 Kč. Tento výrazný rozdíl je dán výbavou přístroje, dodatečnými rameny, kterými může disponovat, a druhy měření, která přístroj dokáže provádět.



Cenu mého návrhu odhaduji okolo 750 000 Kč. Tato cena zahrnuje přístroj pro OPG měření se sklopným sedátkem a možnost rozšíření na 3D měření. Samozřejmě by bylo možné k přístroji dodat i rameno pro kefalometrické měření, čímž by cena stoupla. Odhadovaná cena je však pouze orientační, a může se lišit dle místa výroby, použitých technologií a materiálů.

Při vlastním konstrukčním a technologickém řešení byl brán ohled na použité materiály a technologie výroby. Byl brán ohled na nenáročnost a sériovost technologických postupů.

Ačkoliv bylo do zařízení přidáno výklopné sezení, čímž se navýší spotřeba materiálu a změny technologické postupy oproti stávajícím zařízením, tyto změny by neměly příliš zvýšit náklady na výrobu. Zároveň spolu s možností výběru barev dle katalogu přístroj získává konkurenční výhody oproti současným zařízením na trhu.

### 8.3 Sociální aspekty

8.3

Navržený rentgen je určen k použití v různých, pravděpodobně spíše vyspělých zemích, nicméně pacienti se mohou lišit geografickou polohou, životním stylem, sociální vrstvou, pohlavím, věkem i vyznáním. Tato rozličná cílová skupina tak klade velké nároky na splnění ergonomických požadavků, ale také zájmů společnosti.

Hlavní cílovou skupinou jsou však samotní lékaři, kteří si přístroj kupují. Ti vybírají zejména dle kvality výstupů měření, a proto musí být k rentgenu dodáván i velmi kvalitní software. Dalším důležitým aspektem je volba různých typů měření a ovládání přístroje. Právě na ovládání je v mém případě kladen velký důraz. Všechny ovládací prvky jsou na dostupných místech tak, aby na ně obsluha pohodlně dosáhla z pozice před pacientem. Také ovládací tablet je možné nejen natočit do všech potřebných úhlů, ale je ho také možné z přístroje úplně vyjmout. To dovoluje obsluze ovládat přístroj na dálku bez nutnosti kabelového ovladače. Pacient má také po ruce tlačítko na nouzové zastavení stroje, což je nutností například při případné nevolnosti pacienta či chybovosti zařízení, často je ale umístováno ne příliš nápadně a dosažitelně.

#### 8.3.1 Ekologie

8.3.1

S ohledem na šetření životního prostředí jsou výrobky vyrobeny z velké části z recyklovatelných materiálů. Je možné je tedy zlikvidovat s maximálním ohledem na životní prostředí. Recyklovatelné části lze odevzdat do příslušných sběrů, po odstranění nebezpečných odpadů. Všechny ostatní části obsahující nebezpečné látky se musí likvidovat dle platné legislativy a nařízeními vydanými úřady životního prostředí.

## ZÁVĚR

Hlavním cílem práce bylo navržení inovativního designu panoramatického rentgenového přístroje, který konstrukčně vychází ze stávajících přístrojů tohoto typu na současném trhu. Hlavními inovacemi návrhu je zakomponování sklápěcího sezení a možnost natáčení ovládacího panelu a jeho odejmutí z přístroje. Přidáním podstavné plochy bylo umožněno postavit přístroj i do prostoru, aniž by došlo k ovlivnění jeho stability. Kompaktní charakter designu přístroje byl jedním z dalších požadavků vymezených v cílech této diplomové práce.

V rámci diplomové práce byla nejprve provedena rešeršní část, zahrnující designérskou, marketingovou a technickou analýzu. Obsahem designérské části byla stručná analýza historického vývoje panoramatických rentgenů od prvotních zařízení až po vyspělé přístroje na současném trhu. Z designérského pohledu byli kriticky zhodnoceni někteří ze zástupců moderních panoramatických rentgenů, zejména s ohledem na ergonomii jednotlivých částí rentgenu, tvarosloví a celkový dojem z přístroje. V následující marketingové rešerši byla provedena podniková strategie, analýza tržních příležitostí s ohledem na konkurenční faktory a prognózu poptávky, analýza a výběr cílového trhu a návrh vlastní marketingové strategie. V poslední rešeršní části byla provedena technická analýza, ve které bylo zjištěno, jak panoramatické rentgeny fungují, jaké jsou nároky a podmínky jejich provozu, a jaké jsou možnosti pro inovaci v oblasti konstrukce a tvarování přístroje. Vnitřní konstrukce přístroje je poměrně nezměněná již od počátků jeho výroby. Zařízení má vždy stojnou nohu, která slouží jako nosná konstrukce přístroje. V té se ve vertikálním směru pohybuje stojan, který lze nastavit dle výšky pacienta. Na této pohyblivé části je umístěno rameno, v němž se ukrývá hlavní elektronika přístroje. Na ramenu je dále umístěna rotační část, která obsahuje rentgenku a snímač.

Následující kapitola se věnovala vývoji vlastního řešení panoramatického rentgenu. Byly navrženy tři varianty, které reprezentovaly dílčí postupy v řešení a tvarování přístroje. Tyto varianty se lišily zejména přístupem k tvarování, díky čemuž jsem mohla vyvodit optimální tvarosloví finální varianty. Součástí variantních studií byly dva konceptní modely dvou variant.

V dalších kapitolách bylo popsáno finální řešení mého návrhu z hlediska tvarového, konstrukčního, ergonomického, barevného a grafického. V této práci jsem se rozhodla prioritně se věnovat možnosti variabilního usazení pacienta u přístroje. Tato inovace výrazně přispívá ke zkvalitnění procesu měření, jelikož jsou pacienti, kteří kvůli bolesti, věku či jiným problémům nejsou schopní při měření stát. Tato skutečnost se v současnosti řeší přisunutím externí židle, což ale není ideální řešení. Toto sezení je zabudováno do stojné nohy a lze v případě potřeby bez námahy sklopit. Stojná noha se tím zároveň rozšiřuje a tvaruje, a tím přebírá větší podíl na rozložení hmoty rentgenu jako celku. Tím dostává celek kompaktnější výraz a není již dělen na dvě tvarově zcela odlišné poloviny.

Dále jsem se zaměřila na ergonomii ovládání, které bývá často dvojího typu, pomocí tlačítek či dotykového displeje. Velmi častá je i kombinace, kdy jsou tlačítka umístěna na stojanu nebo rotační hlavici a slouží k nastavení výšky rentgenu, zároveň však přístroj disponuje ještě dalším ovládacím panelem, kde se nastavují hodnoty samotného

měření. Tyto dva typy jsem se rozhodla zkombinovat do jednoho, a proto jsem navrhla speciální tablet, který obsahuje dvě manuální tlačítka pro nastavení výšky, a všechny ostatní parametry jsou voleny na dotykové obrazovce. Zároveň je tablet umístěn v pohyblivém držáku, který lze ve vertikálním směru naklápět o 245° a tím umožňuje obsluhu optimální zorný úhel v jakékoliv výšce měření.

Závěrem lze říci, že se v předložené diplomové práci podařilo navrhnout inovativní designové řešení panoramatického rentgenového přístroje. Ten se od současných zařízení liší jak po tvarové stránce, tak i z hlediska konstrukčně-technologického a ergonomického. Dále bylo dosaženo ideální kombinace organického tvarosloví spolu se zkosením ploch, což vyústilo v kompaktní a jednoduše tvarovaný vzhled rentgenu. Barevnost přístroje byla zvolena s ohledem na psychologii pacienta tak, aby zařízení působilo živě, osobitě, zpříjemnilo pacientovi samotné měření a eliminovalo jeho případný strach. Výsledky této práce je možné využít při další zpracování tohoto tématu za účelem podrobnějšího rozpracování jednotlivých částí přístroje.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] KREJČÍ, P. Dentální radiologie. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2006, 96 s. ISBN 80-244-1452-X
- [2] Proč si pořídit vlastní panoramatický rentgen? *Zobrazovací technologie* [online]. 2010 [cit. 2015-10-08]. Dostupné z: [http://www.camosci.cz/publicfiles/files/pages/00000249\\_zobrazovaci\\_techologie\\_special\\_2010\\_small.pdf](http://www.camosci.cz/publicfiles/files/pages/00000249_zobrazovaci_techologie_special_2010_small.pdf)
- [3] Panoramic dental X-ray machine. *The National Institute of Standards and Technology* [online]. 10. 2. 2014 [cit.2015-10-10]. Dostupné z: <http://www.nist.gov/timeline.cfm>
- [4] History [Online]. [cit. 2014-10-03]. Dostupné z: [http://www.morita.com/global/cms/website.php?id=/en/company/12156\\_history.htm](http://www.morita.com/global/cms/website.php?id=/en/company/12156_history.htm)
- [5] ADAMEC, D. regionální manager firmy Dentunit [ústní sdělení]. Praha 7.10.2015.
- [6] Veraviewepocs® 2D HD Pan/Ceph Low Dose, High Definition Images [online]. [cit. 2015-10-08]. Dostupné z: [http://www.morita.com/usa/root/img/pool/pdf/product\\_brochures/Veraviewepocs\\_2D\\_L-337\\_0911\\_v8.pdf](http://www.morita.com/usa/root/img/pool/pdf/product_brochures/Veraviewepocs_2D_L-337_0911_v8.pdf)
- [7] PaX - i3D Green CBCT [online]. 07/2015 [cit. 2015-10-08]. Dostupné z: <http://www.vatechamerica.com/img/PaX-i3D-Green.pdf>
- [8] Panoramatický rentgen Planmeca ProMax 3D Plus.jpg [online]. © 2013 - 2016 [cit. 2015-10-09]. Dostupné z: <http://www.hdt dental.cz/eshop/1007-planmeca-promax-3d-plus.html>
- [9] NEW from Gendex! [online]. ©2013 Gendex Dental System [cit. 2015-10-08]. Dostupné z: [http://www.gendex.com/filebin/pdf\\_old/brochures/GXDP-700\\_Series\\_Product\\_Brochure.pdf](http://www.gendex.com/filebin/pdf_old/brochures/GXDP-700_Series_Product_Brochure.pdf)
- [10] GXDP-700™ SERIES [online]. © 2015 Gendex [cit. 2015-10-12]. Dostupné z: [http://www.gendex.com/gxdp-700?page\\_id=851](http://www.gendex.com/gxdp-700?page_id=851)
- [11] 2D Panoramic imaging. *Orthophos SL 2D* [online]. [cit. 2015-10-08]. Dostupné z: <http://manuals.sirona.com/en/imaging-systems.html>
- [12] Orthophos SL 2D. *Amber lights* [online]. [cit. 2015-10-08]. Dostupné z: <http://www.sirona.com/en/products/imaging-systems/orthophos-sl-2d/?tab=3725>
- [13] Pax-i3d. *Description* [online]. © 2015 VATECH AMERICA [cit. 2015-10-10]. Dostupné z: <http://www.vatechamerica.com/products/pax-i3d/#tab-1-0-description>
- [14] Your first partner for 3D imagining [online]. 07/2015 [cit. 2015-10-15]. Dostupné z: <http://www.vatechamerica.com/img/PaX-i3D.pdf>
- [15] Hyperion X9, just right for me [online]. [cit. 2015-10-11]. Dostupné z: <http://www.my-ray.com/en/products/hyperion-x9>
- [16] Kodak 8000. Digital Panoramic System. *User's Guide* [online]. © 2010 Carestream Health, Inc. [cit. 2015-10-11]. Dostupné z: [http://www.carestreamdental.com/DocumentHandler.ashx?fileid=/sitecore/media%20library/Files/Pages/ProductUserGuides/SM722\\_K8000\\_USER\\_Ed02\\_EN](http://www.carestreamdental.com/DocumentHandler.ashx?fileid=/sitecore/media%20library/Files/Pages/ProductUserGuides/SM722_K8000_USER_Ed02_EN)
- [17] Carestream 81003D CBCT From 360 Dental. In. *Slideshare* [online]. 28. 3. 2014 [cit. 2015-10-11]. Dostupné z: <http://www.slideshare.net/smokeypike/81003d-360-dental>
- [18] Úvaha nad ekonomickou návratností OPG. *Zobrazovací technologie* [online]. © 2010 [cit. 2015-10-08]. Dostupné z: [http://www.camosci.cz/public/files/pages/00000248\\_zobrazovaci\\_techologie\\_special\\_2010\\_small.pdf](http://www.camosci.cz/public/files/pages/00000248_zobrazovaci_techologie_special_2010_small.pdf)

- [19] KOKŠAL, I. Panoramatiké rentgeny. *Úvod do problematiky* [online] © 2011 - 2014 [cit. 2015-10-08]. Dostupné z: <http://http://www.dentalchoice.cz/cz/problematika/panoramaticke-rentgeny>
- [20] Aktuální trendy v panoramatiké radiografii. *Zobrazovací technologie* [online]. 2010 [cit. 2015-10-08]. Dostupné z: [http://www.camosci.cz/publicfiles/files/pages/00000249\\_zobrazovaci\\_tehnologie\\_special\\_2010\\_small.pdf](http://www.camosci.cz/publicfiles/files/pages/00000249_zobrazovaci_tehnologie_special_2010_small.pdf)
- [21] Rady pro výběr panoramatikého RTG. *CAMOSCI iNEWS* [online] © 2013-2016 [cit. 2015-10-12]. Dostupné z: <http://www.camosci.cz/cs/inews/rady-pro-vyber-panoramatickeho-rtg/>
- [22] ODVODY, Z, ŠKRDLANT, J. Digitální 2D a 3D rentgenové přístroje. *Dentforum* [online]. 7. 12. 2014 [cit. 2015-10-12]. Dostupné z: <http://dentforum.cz/digitalni-2d-3d-rentgenove-pristroje/>
- [23] *Vatech\_paxuni3d\_03.jpeg* [online]. [cit. 2015-10-08] Dostupné z: <http://www.bitton-materiel.com/index.php/shopb9c6.html>
- [24] *Digital Direct Auto Exposure (DDAE).jpg* [online]. [cit. 2015-10-08]. Dostupné z: <http://www.dentalcompare.com/4451-Dental-Digital-Panoramic-X-Ray-Dental-Cephalometric-X-Ray/35168-Veraview-IC5-HD-Digital-Panoramic-X-ray-System/>
- [25] Panoramatiký rentgen HYPERION X9 s CBCT [online]. 17. 9. 2013 Incheba Expo Praha spol. s r.o. [cit. 2015-10-11]. Dostupné z: [http://www.pragodent.eu/novinky-vystavovatelu.html/1094\\_14587-hyperion-x9-hybridni-opg](http://www.pragodent.eu/novinky-vystavovatelu.html/1094_14587-hyperion-x9-hybridni-opg)
- [26] Význam výpočetní tomografie v ortodontii. *Časopis NEUMM* [online]. 3/2008 [cit. 2015-10-11]. Dostupné z: <http://www.neumm.cz/archiv/533/uvod.html>
- [27] ŠVRČINA, A. Jak na to s panoramatikým rentgenem. *Camosci iNEWS* [online] 22. 8. 2013 [cit. 2015-10-11]. Dostupné z: <http://www.camosci.cz/cs/inews/jak-na-to-s-panoramatickym-rentgenem/>
- [28] Veraview IC5 HD [online]. 03/11 [cit. 2015-10-11]. Dostupné z: [http://www.morita.com/usa/root/img/pool/pdf/product\\_brochures/ic5\\_hd\\_brochure\\_1-536\\_0311\\_v1.pdf](http://www.morita.com/usa/root/img/pool/pdf/product_brochures/ic5_hd_brochure_1-536_0311_v1.pdf)
- [29] *Cranex\_n003.jpg*. Panoramatiký rentgen [online]. © 2015 Sydent Svitavy [cit. 2015-10-11]. Dostupné z: <http://www.sydent.cz/opg/>
- [30] *Slike 16-9 format rendgen2-635448954198941250\_570\_320.jpg*. Ortopantomogram [online]. [cit. 2015-10-11]. Dostupné z: <http://www.dentalcentarb2.com/ortopantomogram.aspx>
- [31] *Hyperion\_x7\_5.jpeg*. HYPERION X7 [online]. 2011-2014 [cit. 2015-10-11]. Dostupné z: <http://www.dentalchoice.cz/cz/pro-ordinace/panoramaticke-rentgeny/hyperion-x7>
- [32] Rady pro výběr panoramatikého rtg. *Zobrazovací technologie* [online]. CAMOSCI CZECH s.r.o, s. 2 [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: [http://www.camosci.cz/public/files/pages/00000247\\_zobrazovaci\\_tehnologie\\_special\\_2011\\_final\\_pro\\_email\\_2.pdf](http://www.camosci.cz/public/files/pages/00000247_zobrazovaci_tehnologie_special_2011_final_pro_email_2.pdf)
- [33] Technologie v panoramatiké radiografii - OPG. In. *CAMOSCI CZECH s.r.o.* [online]. ©2007-2016 [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://www.camosci.cz/cs/technologie/technologie-v-panoramaticke-radiografii-opg/>
- [34] A revolution in 2D panoramic imaging. *Sirona* [online]. [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://www.sirona.com/en/products/imaging-systems/orthophos-sl-2d/>

- [35] Koupelny SEN.cz: Sklopné sedátko do sprchového koutu - orange [online]. © 2006-2016 [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: <https://www.koupelny-sen.cz/ravak-ovo-b-orange>
- [36] LINHARTOVÁ, I. *Budoucnost sedacího nábytku v interiéru*. Brno, 2013. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav nábytku, designu a bydlení. Vedoucí práce Ing. Karel Krontorád, CSc.
- [37] VRBKA, M. *Modelování lineárního pohonu s DC motorem pro potřeby řízení*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 61 s. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=18791](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=18791)
- [38] Praktické aplikace lineárních motorů. *MM Průmyslové spektrum: Trendy / Pohony* [online]. 2001, (9), str. 51 [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/prakticke-aplikace-linearnich-motoru.html>
- [39] Maxon\_gp16s-ec16\_web.gif. Malé lineární pohony se šroubem, nyní i v keramickém, otěruvzdorném provedení [online]. © 2014 Kwapil & Co, [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://www.kwapil.cz/newsevents/produktneuheiten/maxon/index.php>
- [40] ŠVEC, V. Bezdrátové nabíjení na delší vzdálenost realitou? In: *Svět Androida* [online]. 2015 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://www.svetandroida.cz/bezdratove-nabijeni-201511>
- [41] Prodej a zpracování ABS plastu. In: *PLEXIPLAST s.r.o.* [online]. [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://www.plexiplast.cz/abs.html>
- [42] CERMAN, J. aj. Plazmová povrchová úprava plastů: Rychlé řešení pro potisk, lepení či lakování. In: *Tribotechnika* [online]. ©2008-2016 TechPark, o.z., [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-12014/plazmova-povrchova-uprava-plastu.html>
- [43] RUBÍNOVÁ, D. Metodika zahrnutí ergonomických aspektů do designérského návrhu. 2003.
- [44] KRÁL, M. Ergonomie a její užití v technické praxi. 1. vydání. Ostrava: AKS spol. s r.o., 1994, 106 s. ISBN 80-85798-35-7
- [45] Digitální panoramatický rentgen GX DP-700. *Uživatelská příručka* [online]. 2016 © DocPlayer.cz [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/7306153-Digitalni-panoramaticky-rentgen.html>
- [46] Blue: Blue Color Psychology and Meaning. In: *Color Psychology* [online]. 2016 [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://www.colorpsychology.org/blue/>
- [47] RAUDENSKÁ, J. Odontofobie – problém při poskytování stomatologické péče. StomaTeam [online]. 2011, (2) [cit. 2016-05-01].



## SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

<b>Obr. 2-1</b> První stroj z roku 1952 [3]	17
<b>Obr. 2-2</b> Panex z roku 1972 [4]	17
<b>Obr. 2-3</b> Stroje firmy Morita z let 1979 a 1994 [4]	18
<b>Obr. 2-4</b> Ukázkový případ zakomponování ovládní do tvaru hlavice [6]	19
<b>Obr. 2-5</b> Ukázkový případ ramene s ovládním [7]	19
<b>Obr. 2-6</b> Barevná škála firmy Planmeca [8]	20
<b>Obr. 2-7</b> Gendex série GXDP - 700 [9]	21
<b>Obr. 2-8</b> Orthophos SL 2D [11]	22
<b>Obr. 2-9</b> Barevné podsvícení [12]	22
<b>Obr. 2-10</b> Přístroj Pax-i3D [13]	23
<b>Obr. 2-11</b> Automatická výměna senzorů [14]	23
<b>Obr. 2-12</b> Hyperion X9 [15]	24
<b>Obr. 2-13</b> Kodak 8000 [16]	24
<b>Obr. 2-14</b> Inovativní přístup Caresteam 8100 3D CBCT [17]	25
<b>Obr. 2-15</b> Inovativní maska Caresteam 8100 3D CBCT [17]	25
<b>Obr. 2-16</b> Ukázka panoramatického snímku [21]	29
<b>Obr. 2-17</b> Ukázka stavby na stroji Pax-duo3D od firmy Vatech [23]	30
<b>Obr. 2-18</b> Vnitřní uspořádání rotační hlavice [24]	30
<b>Obr. 2-19</b> Stroj s kefalometrickým ramenem [25]	31
<b>Obr. 2-20</b> Možnosti umístění dle typu stojanu ke zdi či do prostoru [28]	32
<b>Obr. 2-21</b> Ustavení oproti zrcadlu [29]	32
<b>Obr. 2-22</b> Ustavení „face to face“ [30]	33
<b>Obr. 2-23</b> Ovládací panel s tlačítky [31]	33
<b>Obr. 2-24</b> Dotykový displej [9]	33
<b>Obr. 2-25</b> Dokonale ostrý snímek [33]	34
<b>Obr. 4-1</b> Vizualizace varianty 1	39
<b>Obr. 4-2</b> Vizualizace varianty 1 - měření stojícího a sedícího pacienta	40
<b>Obr. 4-3</b> Vizualizace varianty 1 - detail	41
<b>Obr. 4-4</b> Vizualizace varianty 2	42
<b>Obr. 4-5</b> Vizualizace varianty 2 - měření sedícího a stojícího pacienta	42
<b>Obr. 4-6</b> Vizualizace varianty 2 - detail	43
<b>Obr. 4-7</b> Vizualizace varianty 3	43
<b>Obr. 4-8</b> Vizualizace varianty 3 - měření stojícího a sedícího pacienta	44
<b>Obr. 4-9</b> Vizualizace varianty 3 - detail	44
<b>Obr. 4-10</b> Koncepční modely varianty 2 a 3	45
<b>Obr. 4-11</b> Vizualizace - varianta 2 zvolená k dalšímu zpracování	46
<b>Obr. 5-1</b> Finální návrh - perspektivní pohled	47
<b>Obr. 5-2</b> Finální návrh - stojná noha	49
<b>Obr. 5-3</b> Finální návrh - sedátko	49
<b>Obr. 5-4</b> Finální návrh - rotační hlavice	50
<b>Obr. 5-5</b> Vizualizace varianty 1 - měření stojícího a sedícího pacienta	50
<b>Obr. 5-6</b> Finální návrh - podpěra brady, tyčinka na zkus a úchopy spánků pacienta	51
<b>Obr. 5-7</b> Finální návrh - dotykový tablet	51

<b>Obr. 5-8</b>	Finální návrh - dotykový tablet	52
<b>Obr. 6-1</b>	Ukázka zapojení k PC napřímo a dálkově	53
<b>Obr. 6-2</b>	Základní rozměry v nejvyšší i nejnižší možné pozici přístroje	54
<b>Obr. 6-3</b>	Celkový popis přístroje	55
<b>Obr. 6-4</b>	Jednotlivé díly podstavné plochy	56
<b>Obr. 6-5</b>	Drážky v plastovém krytu pro najetí invalidního vozíku	56
<b>Obr. 6-6</b>	Přípevnění ke zdi pomocí konzolí	57
<b>Obr. 6-7</b>	Ukázka vnitřní konstrukce stojné nohy	57
<b>Obr. 6-8</b>	Ukázka reálného produktu - lineární elektromotor [39]	58
<b>Obr. 6-9</b>	Detail zakomponovaného sezení	59
<b>Obr. 6-10</b>	Ukázka vnitřních částí rentgenového přístroje	59
<b>Obr. 6-11</b>	Ukázka pohybů hlavičky	60
<b>Obr. 6-12</b>	Rotace hlavičky a změnu typu měření a vložení externího 3D senzoru	60
<b>Obr. 6-13</b>	Ukázka sestavení podpěr	61
<b>Obr. 6-14</b>	Ukázka dálkového nabíjení systému Cota [40]	62
<b>Obr. 6-15</b>	Laserová světla pro ustavení pacienta	62
<b>Obr. 6-16</b>	Rozmístění a ergonomie ovládacích prvků přístroje	64
<b>Obr. 6-17</b>	Ovládání pomocí tabletu	64
<b>Obr. 6-18</b>	Návrh umístění konektorů	65
<b>Obr. 6-19</b>	Umístění USB vstupů	65
<b>Obr. 6-20</b>	Optimální zorné pole (vpravo) u stojící osoby [44]	66
<b>Obr. 6-21</b>	Ukázka naklápění tabletu na mém návrhu	66
<b>Obr. 6-22</b>	Ukázka vytažení tabletu z držáku	66
<b>Obr. 6-23</b>	Detailní pohled na podstavný stolec	67
<b>Obr. 6-24</b>	Polička pro drobnosti	67
<b>Obr. 6-25</b>	Laserová světla pro ustavení pacienta	68
<b>Obr. 6-26</b>	Nájezd pacienta na kolečkovém křesle	68
<b>Obr. 6-27</b>	Sklápění sezení a parametry sedátka	66
<b>Obr. 7-1</b>	Základní barevná kombinace	71
<b>Obr. 7-2</b>	Další možné barevné varianty	72
<b>Obr. 7-3</b>	Návrh názvu a logotypu	73
<b>Obr. 7-4</b>	Návrh vstupní obrazovky software	73



## SEZNAM PŘÍLOH

---

Fotografie rozpracovaného modelu (A4)

Zmenšený sumarizační poster (A4)

Zmenšený designérský poster (A4)

Zmenšený technický poster (A4)

Zmenšený ergonomický poster (A4)

Samostatné přílohy:

Sumarizační poster (A1)

Designérský poster (A1)

Technický poster (A1)

Ergonomický poster (A1)

Model 1:4

## ZMENŠENÉ POSTERY

**Pan.X**  
design panoramatického zubního rentgenu



### charakter designu

Návržený panoramatický rentgen je neotradní především díky zakomponovanému sázení do stojné nohy přístroje. Díky této inovaci a celkovému řešení této stojné nohy se nejen opticky velmi vymyká běžným tvarům, ale zároveň této spodní polovině přístroje dodává viditelnou důležitou funkci. Rentgen také přestává být opticky rozdělen na dvě tvarově odlišné poloviny, ale jednotlivé části přístroje jsou tvarově propojeny a tvoří tak kompaktní celek.



### výraz designu

Přesto, že je panoramatický rentgen přístroj relativně členitý, bylo cílem jeho vzhled navrhnut tak, aby opticky sjednotil všechny jeho části dohromady, dodal přístroji pozitivnější a jemnější výraz a celkově zpljmenil pacientovi dojem z procedury. Zároveň zde byla snaha o co nejjednodušší tvarování, které mělo kopírovat funkci a konstrukci rentgenu.



### přidaná hodnota

Zmíněná kompaktnost a tvarová návaznost jednotlivých částí přístroje dodávají charakteristický rys, který spolu s barevností a jednoduchostí tvarování působí jemněji, přístupuji a vyvolává spíše pozitivní dojem z měření, což jen podporuje fakt, že je samotné měření zcela bezbolestné.



### BAREVNÉ VARIANTY

Základní barvou byla zvolena bílá barva, která byla použita na většinu nozových prvků rentgenu. Doplnková barva byla vybrána modrá, která je méně všeobecně oblíbená barva. Působí elegantně, vznešeně, má uklidňující účinky a vyvolává pocit bezpečí. Mimo jiné také vzbuzuje důvěru. Byla použita tak, že přiznává důležitě prvky rentgenu a doplňuje celek. Použití barvy jsem volila účelově, aby byla zastoupena rovnoměrně na horní i spodní polovině přístroje a tak, aby nebyla použita pouze v menších detailech, ale aby byla přínosnou součástí přístroje.

Návrh barevných variant provázela myšlenka nabídnout zákazníkovi katalog barev, ve kterých je možné přístroj dodat speciálně pro danou ordinaci. Protože se jedná o poměrně drahá zařízení, neměl by být velký problém nabídnout zákazníkovi možnost volby. Tímto přístroj může získat velkou konkurenční výhodu. Spolu s katalogem přibližně 20 moderních barev a odstínů bych také zákazníkovi ráda nabídla možnost volby barvy software, který rentgen barevně doplňuje.

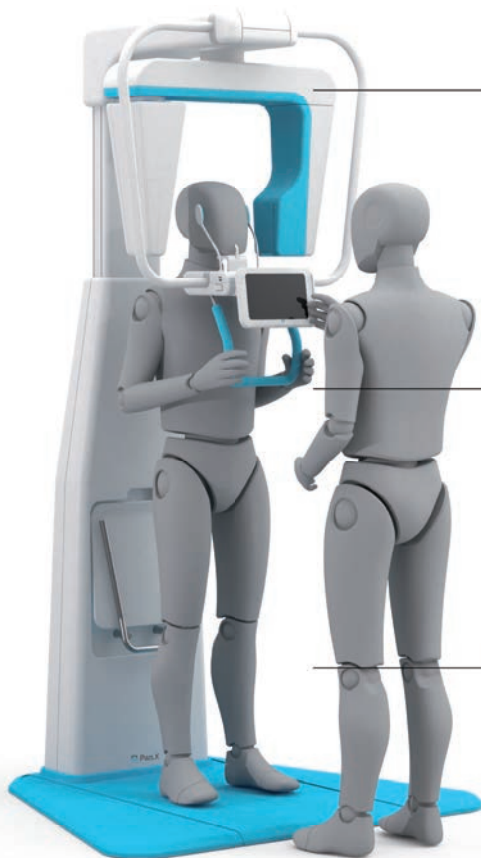


Bc. Zuzana Juráňová  
Designérský poster

Téma: Design panoramatického zubního rentgenu  
Vedoucí práce: Ing. Dana Rubinová, Ph.D.  
Datum oahajoby: Červen 2016

Vysoké učení technické v Brně  
Fakulta strojního inženýrství  
Ústav konstruování/Odbor průmyslového designu

**T** FAKULTA Ústav  
STROJNÍHO konstruování  
INŽENÝRSTVÍ



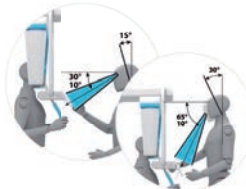
#### ustavení pacienta

Pacient je požádán, aby přistoupil k přístroji, odložil si brýle, šperky a další nůžkovky, položil bradu na podpěhu, složil mezi své přední zuby tyčinku a uchopil se za madla. Ta lze uchopit v celé jejich délce. Obsluha poté zapne světla laserů, podle kterých pacienta optimálně nastaví. Poše stiskne tlačítko pro seřízení úchopů hlavy pacienta. Následuje samotné měření.



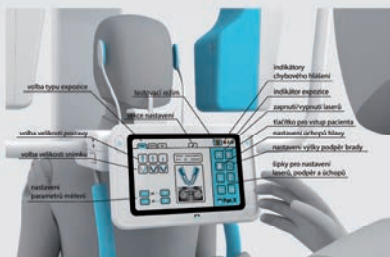
#### zorné pole obsluhy

Navrhla jsem optimální možnost nastavení ovládacího tabletu ve vertikálním směru pod úhlem až 245°, což umožňuje komfortní práci ve stoje. V případě potřeby a pohodlí lze také tablet ze stroje úplně vyjmout a obsluhovat jej tak na dálku. K pohodlnému vyjmutí slouží také výřez v zadní části držáku, díky kterému je možné tablet bez problému uchytit.



#### handicapovaný pacient

Pro pacienta na kolečkovém křesle je zde navržena speciální možnost odklápění obrube včetně postávacího sáčku a příslušenství na něm umístěném. Obsluha vyjme tablet ze stroje a s jeho pomocí koto zvedne ovládací. Pacient tak může pohodlně najet k přístroji, a to až už je ve své nejvyšší nebo nejnižší pozici.



#### OVLADAČE A SDĚLOVAČE

Jedním z hlavních cílů ergonomického řešení byla také analýza ovládacího přístroje obkrouhou, a zároveň ergonomie z pozice měřícího pacienta. Design přístroje tedy musí být takový, aby pokud možno usnadňoval obsluhu činností a pacientovi proceduru co nejvíce zjednodušil.

Obsluha zapne přístroj pomocí hlavního tlačítka On/Off na jedné straně podstavného stojáku, všechny ostatní úkony pak obsluhuje pomocí tabletu. Na tom jsou umístěna dvě tlačítka pro nastavení výšky přístroje. Všechna další obsluha probíhá pomocí dotykové obrazovky s vlastním softwarem.

Je nutné, aby kromě obsluhy byl i pacient schopen dosáhnout na nouzové tlačítko rychlého vypnutí rentgenového přístroje. Tato možnost zastavení procesu je nutná pro maximální bezpečnost pacienta.



Bc. Zuzana Juráňová  
Ergonomický poster

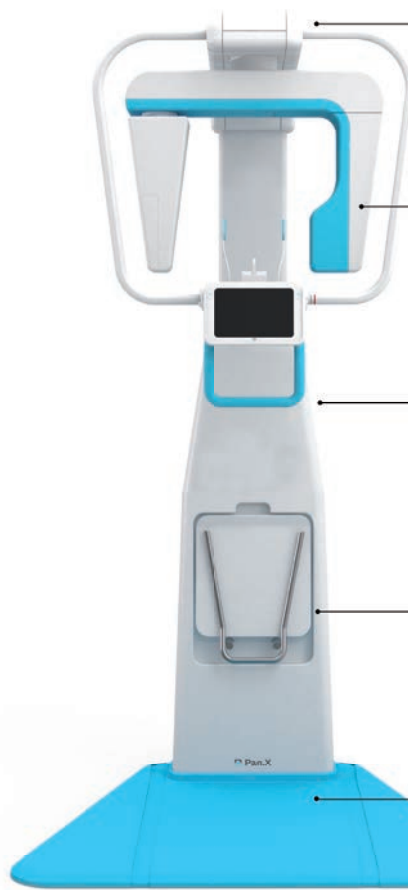
Téma: Design panoramatického zubního rentgenu  
Vedoucí práce: Ing. Dana Rubínová, Ph.D.  
Datum oahajoby: Červen 2016

Vysoké učení technické v Brně  
Fakulta strojíního inženýrství  
Ústav konstruování/Odbor průmyslového designu



# Pan.X

design panoramatického zubního rentgenu



### rameno přístroje

Jednou z částí horní pohyblivé polárního přístroje je rameno, které obsahuje zářivkovou desku, flexibilní kabelové vedení s kabeláží a elektromotor s malou převodovkou. Tím je zajištěna možnost zvedání obruče pro pohodlný sjezd pacienta na vozíčku v jakékoliv výškové pozici přístroje.



### rotační hlavice

Vstřední rotace Hlavice je v jejím umístění knězem spojená s jinou rovnoběžnou s osou. Rotační hlavice se skládá ze dvou částí, které obíhají hlavu pacienta. V jedné části je umístěn zářiv. spolu s bezpečnostními snímači dávek záření. Naproti této rentgenice se pak nachází druhá část hlavice, která obsahuje zabudovaný 2D senzor.



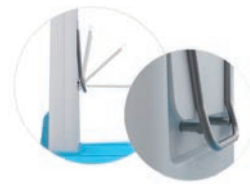
### podstavový stolek

Podpěra brady, tyčinka pro zkus a úchopy hlavy pacienta jsou umístěny na podstavovém stoleku před pacientem. Pohyb úchopů je zajištěn lineárními elektromotory s průchodní hřídelí, která je úsvea umístě podstavce. V přední části stočku je napojen kloubový držák na dotykový tablet, který je možné nastáčet ve vertikálním směru v úhlu 240°, nebo z něj lze tablet úplně vyjmout.



### sklápěcí sezení

Zakomponování sezení je řešeno po vzoru koupelňových sklápěcích sedátek. Hloubka ve sklopeném stavu, která přesahuje zahoubení do stroje a vystupuje tedy před stojnou nohu, je pouze 5 cm. Tím nachází k překážení při měření stojícího pacienta, ani pacienta na kolečkovém křesle.

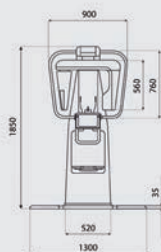


### podstava přístroje

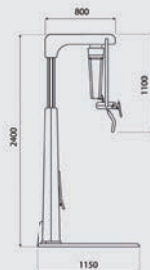
Podstavovou plochu je možné umístit na přístroj, pokud je chce zákazník umístit do prostoru a nechce jej tedy připevňovat ke zdi. Je tvořena z několika částí. Zadní díl krytu je možné pohodlně odejmout u zkompletovaného přístroje. Zakrytý otvor ve spodní části stojné nohy, kterým technický pracovník může provádět případné opravy a ve kterém se přístroj také zapojuje k síti.



Minimální výška přístroje  
M 1:50 [mm]



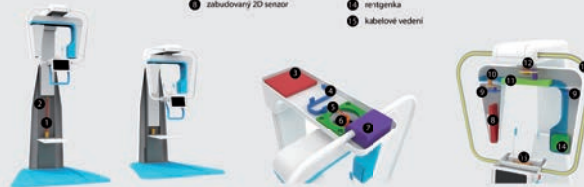
Maximální výška přístroje



- 1 lineární elektromotor
- 2 kovová vnitřní konstrukce s drážkami

- 3 zářivková deska
- 4 flexibilní kabelové vedení
- 5 kabeláž
- 6 dutá hřídel
- 7 elektromotor s malou převodovkou
- 8 zabudovaný 2D senzor

- 9 tvorkovnice
- 10 sestava hřídelé, oz. kola, krokového motoru a ozubeného lemece
- 11 řídicí elektronika
- 12 sestava hřídelé, oz. kola, krokového motoru a ozubeného lemece
- 13 lineární elektromotor s průchodní hřídelí
- 14 rentgenka
- 15 kabelové vedení



Bc. Zuzana Juránová  
Technický poster

Téma: Design panoramatického zubního rentgenu  
Vedoucí práce: Ing. Dana Rubínová, Ph.D.  
Datum obhajoby: Červen 2016

Vysoké učení technické v Brně  
Fakulta strojního inženýrství  
Ústav konstruování/Odbor průmyslového designu



# Pan.X

design panoramatického zubního rentgenu

Hlavním cílem práce bylo navržení inovativního designu panoramatického rentgenového přístroje, který konstrukčně vychází ze stávajících přístrojů tohoto typu na současném trhu. Hlavní inovací návrhu je zakomponování sklápěcího sedníku a možnost natáčení ovládacího panelu a jeho odejmutí z přístroje. Přídavním podstavným plochou bylo umožněno postavit přístroj i do prostoru, aniž by došlo k ovlivnění jeho stability. Kompaktní charakter designu přístroje byl jóním z dalších požadavků vymezených v cílech této diplomové práce.

Barevnost přístroje byla zvolena s ohledem na psychologii pacienta tak, aby zařízení působilo živě, osobně, zptjmenlo pacientovi samotné měření a eliminovalo jeho případný strach. Výsledky této práce je možné využít při další zpracování tohoto tématu za účelem podrobnějšího rozpracování jednotlivých částí přístroje.

## KONSTRUKCE



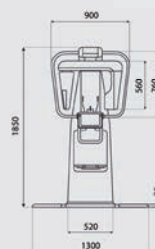
## ERGONOMIE



## BAREVNÉ VARIANTY



Minimální výška přístroje  
M 1:50 [mm]



Maximální výška přístroje



Bc. Zuzana Juráňová  
Sumarizační poster

Téma: Design panoramatického zubního rentgenu  
Vedoucí práce: Ing. Dana Rubínová, Ph.D.  
Datum oáhajoby: Červen 2016

Vysoké uění technické v Brně  
Fakulta strojního inženýrství  
Ústav konstruování/Odbor průmyslového designu





---

**FOTOGRAFIE MODELU**









