



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 DVOUPOHLEDOVÉHO BEZPEČNOSTNÍHO
RENTGENU**

DESIGN OF SECURITY X-RAY BAGGAGE SCANNER

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Zuzana Anna Dudková

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Dana Rubínová, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav konstruování
Studentka: Bc. Zuzana Anna Dudková
Studijní program: Aplikované vědy v inženýrství
Studijní obor: Průmyslový design ve strojírenství
Vedoucí práce: Ing. Dana Rubínová, Ph.D.
Akademický rok: 2018/19

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 dvoupohledového bezpečnostního rentgenu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Dvoupohledový bezpečnostní rentgen slouží k provádění bezpečnostních kontrol kabinových zavazadel středních rozměrů snímáním jejich obsahu bez nutnosti jejich otevření. Pracuje na principu RTG záření. Dvoupohledový rentgen nabízí operátorovi i druhý pohled, který přispívá ke snadnější identifikaci nebezpečného obsahu. Stávající produkty vykazují jistou nejednotnost mezi samotným přístrojem a odděleným systémem zobrazovacích jednotek, optimalizace je žádoucí také v oblasti ergonomické.

Typ práce: vývojová – designéřská

Výstup práce: aplikovaný výsledek (Fužit, Fprum, Gprot, Gfunk, R)

Projekt: specifický vysokoškolský výzkum

Cíle diplomové práce:

Hlavním cílem je navrhnout koncepční design dvoupohledového bezpečnostního rentgenu střední kategorie. Přístroj bude vyráběn sériově a bude určen pro ostrahu budov. Použitými materiály budou kov a plast.

Dílčí cíle diplomové práce:

- studium procesu bezpečnostní kontroly s cílem identifikace problematických oblastí,
- ergonomické řešení pracoviště operátora a prostoru pro uložení i odebrání zavazadel,
- návrh flexibilního provedení pro snadnou instalaci,
- užití technologie duálního pohledu,
- prokázání funkčnosti, ergonomičnosti a realizovatelnosti návrhu.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, sumarizační poster, technický poster, ergonomický poster, designérský poster, fotografie modelu, fyzický model.

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

Struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2019.pdf

Seznam doporučené literatury:

DREYFUSS, Henry. Designing for people. New York: Allworth Press, 2003. ISBN 1581153120.

FIELD, Charlotte a Peter FIELD (eds.). Designing the 21st century: design des 21. Jahrhunderts Le design du 21 siècle. Köln: Taschen, c2001. ISBN 3-8228-5883-8.

LIDWELL, William. a Gerry. MANACSA. Deconstructing product design: exploring the form, function, usability, sustainability, and commercial success of 100 amazing products. Beverly, Mass.: Rockport Publishers, c2009. ISBN 1592533450.

NORMAN, Donald A. Emotional design: why we love (or hate) everyday things. New York: Basic Books, 2005. ISBN 0-465-05136-7.

PELCL, Jiří. Design: od myšlenky k realizaci = from idea to realization. V Praze: Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, c2012. ISBN 978-80-88883-45-0.

THOMPSON, Rob. a Young Yun. KIM. Product and furniture design. New York: Thames & Hudson, 2011. Manufacturing guides. ISBN 0500289190.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

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

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá návrhem bezpečnostního dvoupohledového rentgenu střední kategorie, který se používá především pro snímání osobních zavazadel a středně velkých balíčků. První část je věnovaná obecnému úvodu do problematiky a celkovému seznámením s tématem prostřednictvím designérské analýzy a technického rozboru běžných výrobků na trhu. V druhé polovině se práce věnuje samotnému návrhu nového designového provedení s využitím poznatků a závěrů vyvozených z analytických částí. Návrh je koncipován tak, aby dodržoval všechny technické a ergonomické požadavky, zároveň ovšem aby představil nový pohled na zpracování tématu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Design, ergonomie, bezpečnostní rentgen, technologie dual-view

ABSTRACT

The goal of this diploma thesis is designing a medium-sized security x-ray machine used predominantly for screening cabin luggage and middle-sized parcels. The introductory section of the thesis concentrates on general overview of the whole field through analyses of the design and technical parameters of typical products. The latter part of the thesis is concentrated on the designing a new product using the knowledge base and information obtained within the research. The final product is designed with respect to ergonomic and technical requirements, nevertheless it represents a new perspective on the topic.

KEYWORDS

Design, ergonomics, security x-ray machine, dual-view technology

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DUDKOVÁ, Zuzana Anna. *Design dvoupohlednového bezpečnostního rentgenu*. Brno, 2019, 69 s. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí diplomové práce Ing. Dana Rubínová, Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala především Ing. Daně Rubínové, Ph.D. za citlivé vedení a konstruktivní podněty a připomínky jak k samotnému tvarování produktu tak i během celého procesu vypracovávání práce. Velké díky patří také Ing. Milanu Krásovi z firmy PSC za odborné konzultace a poskytnutí produktových listů přístrojů, a pracovníkům letiště Tuřany za připomínky z uživatelského hlediska a možnost prohlédnout si přístroj v prostředí.

Chtěla bych také poděkovat svému okolí, které ve mně věřilo během celou dobu studia, a to i ve chvílích, kdy já jsem už dávno víru ztratila. Bez jejich nezměrné podpory by tato práce nikdy nemohla vzniknout.

PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracovala samostatně, pod odborným vedením Ing. Dany Rubínové, Ph.D. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpala, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

Podpis autora

OBSAH

ABSTRAKT	7
KLÍČOVÁ SLOVA	7
ABSTRACT	7
KEYWORDS	7
BIBLIOGRAFICKÁ CITACE	8
PODĚKOVÁNÍ	9
PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE	9
1 ÚVOD	13
2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	14
2.1 Historický vývoj	14
2.2 Designérská analýza	15
2.2.1 HI-SCAN 6040-2is HR od firmy Smiths Detection	15
2.2.2 620DV společnosti Rapiscan	16
2.2.3 XIS-6545DV od firmy Astrophysics	17
2.2.4 6545VI od firmy Astrophysics	18
2.2.5 CX6040BI od firmy NUCTECH	18
2.2.6 Spectrum od VMI Security	19
2.2.7 Dual View 6040DV firmy Autoclear	20
2.2.8 AT6550 firmy Suzhou Aoteng Electron Technology	21
2.2.9 Vlastní fotodokumentace	22
2.2.10 Zhodnocení současného stavu trhu	23
2.3 Technická analýza	23
2.3.1 Princip rentgenového záření	23
2.3.2 Rozdělení bezpečnostních rentgenů	24
2.3.3 Části pásového rentgenu	26
2.3.4 Shrnutí technické analýzy	29
3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	30
3.1 Analýza problému	30
3.2 Cíl práce	32
4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU	33
4.1 Varianta I	34
4.2 Varianta II	36
4.3 Varianta III	37

5	TVAROVÉ ŘEŠENÍ	39
5.1	Proporce a kompozice	39
5.2	Tvar	41
5.3	Operátorské pracoviště	44
6	KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ	46
6.1	Konstrukčně technologické řešení	46
6.2	Ergonomické řešení	49
7	BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ	52
7.1	Barevné provedení	52
7.2	Název a logo	53
7.3	Sdělovače	55
8	DISKUZE	56
8.1	Psychologická funkce	56
8.2	Sociální funkce	57
8.3	Ekonomická funkce	57
8.3.1	Podnikatelská strategie	57
8.3.2	Tržní příležitosti	58
8.3.3	Marketingová strategie	59
9	ZÁVĚR	60
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	62
11	SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	64
12	SEZNAM PŘÍLOH	66
	NÁHLED SUMARIZAČNÍHO POSTERU	67
	NÁHLED ERGONOMICKÉHO POSTERU	68
	NÁHLED TECHNICKÉHO POSTERU	69
	NÁHLED DESIGNÉRSÉHO POSTERU	70

1 ÚVOD

V současné společnosti se neustále setkáváme se vzrůstajícími riziky v oblasti veřejného prostoru. Dnes existuje velké množství metod zajištění ochrany veřejných míst a jejich užití se liší v závislosti na charakteru a exponovanosti prostoru. Dochází k neustálému rozvoji a zdokonalování bezpečnostního snímání a prověřování tak, aby bylo dosaženo co možná nejefektivnějšího odhalování problematických a nebezpečných předmětů a látek, a zároveň k co nejmenším nárokům na provozování kontrol v oblasti lidských zdrojů. Zatímco technologie jdou neustále kupředu, designově se přístroje nijak nevyvíjejí. Z hlediska vizuálního jsou produkty poněkud zaostalé. Samozřejmě se může zdát, že u těchto typů přístrojů a zařízení dominuje funkční stránka a ta designová je až vedlejší, a proto na ni není třeba klát důraz. Nutno tedy připomenout, že při bezpečnostních kontrolách mají přístroje převážně funkci zobrazovací, nicméně diagnostiku a tedy zásadní část celého procesu provádí obsluha. Je tedy namístě, aby pracovníkovi, který tuto obsluhu zajišťuje, byl poskytnuto maximální možné pohodlí při práci, a aby ovládání přístroje bylo co nejjednodušší a nejnázornější. Je třeba zohlednit i bezpečí a komfort osob, které se kontrole podrobují. Tato hlediska, kromě dalších, vhodné designové řešení zahrnuje, a v současné době jsou bohužel u mnoha zařízení řešena nedostatečně.

Předmětem této diplomové práce je design dvoupohledového bezpečnostního rentgenu, který se běžně používá ke snímání obsahu zavazadel. Oproti běžnějšímu jedнопohledovému rentgenovému přístroji uvnitř obsahuje dvě rentgenové lampy umístěné tak, aby operátorovi poskytly kromě standardního pohledu i snímek zboku tak, aby bylo možné diagnostiku potenciálně nebezpečných látek a objektů v zavazadlech odhalit co nejlépe.

I díky vysoké pořizovací ceně se dvoupohledových rentgenů využívá v místech s maximálním důrazem na bezpečí - typicky státní budovy a letiště. Cílem této práce je navrhnout takové designové řešení přístroje, které kromě funkčních kritérií bude splňovat nároky pro umístění do výše zmíněných prostor.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

2.1 Historický vývoj

Rentgenové paprsky byly objeveny na konci 19.století. Navzdory tomu, že se jednalo o objev v podstatě neplánovaný, našel velmi rychle využití v medicíně, odkud se přirozeně rozšířil i do jiných odvětví vědy a techniky.

Wilhelm Conrad Röntgen byl německý fyzik, absolvent univerzity v Curychu. Stejně jako mnoho jiných i on v té době experimentoval s katodovou trubicí. Během pokusů zjistil, že pokud paprsky dopadnou na fotografickou desku, ta po vyvolání zčerná. Tímto způsobem zachytil obrázek ruky svojí manželky, který je prvním rentgenovým snímkem vůbec. Svůj objev nazval „paprsky X“, a toto označení se pro jeho vynález používá dodnes. V roce 1901 byl Röntgen oceněn Nobelovou cenou za fyziku. [1][2]

Röntgenův objev vyvolal velké nadšení a téměř okamžitě začali další vědci pracovat na možnostech jeho dalšího využití. Vyskytly se okultní skupiny, které vynález považovaly za něco nadpřirozeného a pracovaly s ním při svých seancích a rituálech. Kromě těchto obskurních praktik ale rentgenové paprsky téměř okamžitě nacházejí uplatnění v lékařství. Již v roce 1897, tedy dva roky po objevení paprsků, je představen první továrně vyráběný rentgen pro práci v lékařství.[1]

V první polovině 20. století dochází k významnému rozvoji uplatnění rentgenových paprsků zejména na poli medicíny, ať už jako metoda léčby či metoda diagnostiky. Během období druhé světové války a po ní se ovšem objevuje upotřebením rentgenu i mimo lékařskou oblast. Uplatňují se v oblasti zabezpečení, k čemuž výrazně napomáhá i propojení počítače s rentgenem, ke kterému dochází v 50. letech 20.století. [3]

Ve stejné době dochází i k výraznému rozvoji letecké dopravy, které s sebou přináší i první útoky na letištích a v letadlech jako takových. Jsou tedy zavedeny kontroly, ostraha provádí nejdříve prověrky ručně, avšak roku 1972 L.E. Peil zkonstruovává první přístroj pro bezpečnostní prověření zavazadel, jehož součástí je rentgen, a nechává si jej patentovat.

Jelikož se situace na letištích stává celosvětovým problémem a ohrožení dále eskaluje, objevují se od 90. let 20. století bezpečnostní rentgeny téměř na všech letištích. [4] V současné době v rámci platné legislativy Evroské unie jsou všechna civilní letiště povinná provádět bezpečnostní kontroly všech zavazadel a nákladu letadel.

Většina letišť v současné době provádí prověření zavazadel pomocí dvoupohledových rentgenů. Bezpečnostní rentgeny se používají v mnoha dalších odvětvích a probíhá neustálý vývoj technologií s bezpečnostním snímáním spojených, jako jsou například zobrazovací metody, ukládání záznamů či tréninkové programy pro obsluhu rentgenů.

2.2 Designérská analýza

V oblasti bezpečnostního snímání zavazadel a nákladů existuje několik výrobců, kteří se touto problematikou zabývají. Mezi nejvýznamější producenty patří zejména firmy Smiths Detection, Astrophysisc a Autoclear. Tato část práce se zaměřuje na analýzu produktů těchto a dalších firem, které se typově co nejvíce blíží navrhovanému produktu, a nebo je jejich tvarové či koncepční řešení z nějakého důvodu hodné pozornosti.

2.2.1 HI-SCAN 6040-2is HR od firmy Smiths Detection

Smiths Detection je podsekcí společnosti Smiths Group založené roku 1950 v Londýně. V současnosti má celá skupina přes 22 000 zaměstnanců a obchodní zastoupení ve více než 50 zemích světa.

Smiths Detection hraje momentálně významnou roli v oblasti zabezpečení budov a nákladů, včetně bezpečnostních zařízení speciálně určených pro letištní prostory. Mezi takové produkty patří i HI-SCAN 6040-2is HR, protože splňuje legislativní požadavky Evropské unie na kontrolu kabinových zavazadel v letištních prostorách. [5]



Vizuálně produkt působí poměrně kompaktně a uceleně. Přestože je zde kladen především důraz na funkčnost a vyrobitelnost (hlavním materiálem je ohýbaný plech) a po stránce designové si za cíl klade hlavně v prostoru nepůsobit rušivě a příliš extravagantně, lze celkem kladně hodnotit jistou snahu o tvarové odlišení. Zajímavé je také dvoubarevné provedení přístroje. Operátorské stanoviště, které je zakomponované do rentgenu jako takového, je barevně odděleno od zbytku přístroje, a zároveň zvýrazněná oblast označuje prostor, kde jsou umístěny rentgenky a kde tedy dochází ke snímání. Nevýhodou je absence kontrolky, které signalizují, zda ještě probíhá rentgenování či nikoliv.

2.2.2 620DV společnosti Rapiscan



obr. 2-2 Obrázek rentgenu 620DV [6]

Dalším významným výrobcem a dodavatelem bezpečností techniky je společnost Rapiscan. Firma byla založena ve Velké Británii, ovšem postupně se sekce zabývající se bezpečnostním snímáním oddělila a v současné době sídlí v Kalifornii. [6]

Produkt 620DV je řešen poměrně konstrukčním způsobem, postrádá jakákoli tvarová zpestření. Kladně lze hodnotit zástěnu nad vstupním tunelem, která uživateli zamezuje manipulaci se zavazadlem ve snímacím prostoru, a tedy zabraňuje vystavení působení záření. Operátorské pracoviště je zcela odděleno od rentgenu a stojí samostatně. Jeho tvarosloví vůbec neodpovídá celkovému působení přístroje, design postrádá jakoukoli tvarovou návaznost na pojetí rentgenu, dokonce ani barevné provedení není stejné. Stejně materiálově se oba segmenty liší – zatímco pracoviště operátora je zakrytováno plastovými díly, samotné tělo rentgenu je vyrobeno z ohýbaného plechu. Tato skutečnost nesourodost obou částí ještě posiluje.

2.2.3 XIS-6545DV od firmy Astrophysics

Společnost Astrophysics je také americkým výrobcem na trhu, oproti dalším společnostem v této oblasti se jedná o poměrně novou firmu. Založena byla roku 2002 v Kalifornii, kde do dnešní doby sídlí. Přestože se jedná o firmu operující relativně krátkou dobu, k dnešnímu dni se více než 6000 jejích bezpečnostních zařízení vyskytuje ve 100 zemích, a tato čísla ji rozhodně řadí mezi významné výrobce. [7] Bohužel, i přes relativně nedávný vstup na trh je zpracování jejích produktů z hlediska vizuální stránky spíše staromódní. Jako příklad lze uvést jeden z jejích produktů, dvoupohledový rentgen XIS-6545DV. Jedná se o přístroj mírně rozměrově přesahující předchozí dva zástupce, nicméně pro účely designového rozboru nejsou tyto parametry významné.



Jak již bylo zmíněno, vizuálně tento rentgen nepředstavuje žádnou inovaci, tvar je poměrně rigidní a podřízený funkčnosti. Velkým negativem je operátorské pracoviště, které se ani nijak nesnaží na tvar rentgenu navázat. Vzbuzuje tak dojem, že k přístroji nepatří a tvoří dojem samostatného produktu. Dalším nedostatkem je absence notificačních kontrollek, které u takovýchto přístrojů zpravidla bývají, a upozorňují na průběh snímání zavazadel.

2.2.4 6545VI od firmy Astrophysics

Firma Astrophysics, coby jeden z hlavních producentů, má v nabídce hned několik zástupců jednopohledových i více pohledových rentgenů, proto je do této designérské analýzy zařazen od tohoto výrobce ještě jeden produkt. Jedná se o model dvoupohledového rentgenu 6545VI, který vizuálně působí zcela odlišně než předchozí typ XIS-6545DV.[7] Zde je, narozdíl od XIS-6545DV patrná jistá snaha zakomponovat operátorské stanoviště do celkového konceptu rentgenu tak, aby vizuálně navazovalo na jeho hlavní část. Rozhodně zde je ještě prostor pro zlepšení, v porovnání s ostatními oddělenými pracovišti od samotných rentgenů je ale toto řešení rozhodně jedním z designově nejzdařilejších. Za zmínku stojí také tvarování samotného rentgenu, které je relativně odvážné, a to nejen se srovnáním s portfoliem firmy Astrophysics, ale i v obecné rovině. Díky lámaným plochám, které dávají přístroji jasný výraz, působí rentgen velmi robustním a průmyslovým dojmem. Tento dojem je podpořen i celkovou masivně působící konstrukcí a v neposlední řadě i barevností. Celkově rentgen působí jako zařízení masivní a agresivní, díky čemuž se vymyká běžné produkci. Díky této odlišnosti bude ovšem zapadat především do specifických prostředí (vojenské základny, sklady atd), protože v oblasti civilní obrany bude pravděpodobně poutat nechtěnou pozornost.



2.2.5 CX6040BI od firmy NUCTECH

Firma Nuctech patří mezi producenty a distributory bezpečnostních rentgenů se svou základnou v Číně, kde byla založena roku 1997. Kromě výroby a vývoje bezpečnostních rentgenů se zabývá vývojem v celé škále oblastí, mezi něž patří například i diagnostika radioaktivity.

Model CX6040BI patří rozhodně mezi zajímavější zástupce produktů dostupných na trhu. Ačkoli se jedná o rentgen jednopohledový, slouží jako inspirace z několika důvodů. Příjemné je dvoubarevné řešení přístroje, které dokáže samo o sobě výrobek ozvláštnit a přilákat pozornost. Barevná kombinace je zvolena také poměrně vhodně, i když patrně stojí za úvahu, zda není bílá barva příliš kontrastní, zejména u přístroje, který má působit v prostředí, kde je umístěn, co nejvíce nenápadně. Zajímavé je i tvarování rentgenu, které je relativně minimalistické, ovšem dodává vzhledu výrobku dojem současnosti. Tomuto dojmu také přispívá celková kompaktnost přístroje a absence přílišného protvarování jednotlivých částí.[8]



2.2.6 Spectrum od VMI Security

VMI Security je společnost, která se vývojem a konstrukcí rentgenů pro bezpečnostní použití v průmyslu a na letištích zabývá již přes 30 let. Jedná se o firmu, která se pohybuje především na jihoamerických a severoamerických trzích, kde nabízí komplexní služby v této oblasti. Společnost má rozvinutou síť distributorů a prodejců, nicméně ani tak není hlavním hráčem na trhu. Přesto ale jsou její produkty vizuálně zajímavé a rozhodně patří mezi řešení nejpoutavější. [9]



Produkt Spectrum existuje v dvoupohledové i jednopohledové verzi, tvarování se u obou typů ovšem velice liší. V portfolio má hned několik rentgenů, nejvýrazněji působí dvoupohledový rentgen Spectrum. U něho lze kladně hodnotit vzhled celkově, zejména pak tvarové řešení. Jak již bylo zmíněno, charakter produktu neumožňuje přílišnou variabilitu ve tvarování, nicméně produkty firmy VMI Security vizuálně upoutají i za použití minima prostředků. Velmi dobře vypadá dvoubarevné provedení, které logicky výrobek rozděluje na dva celky. Celkový originální dojem z přístroje podtrhuje také umístění a tvarování notifikačních kontrollek. Za pozornost mimo jiné stojí i umístění bezpečnostního tlačítka, které je na rozdíl od většiny zástupců vhodně umístěné na horní straně rentgenu tak, aby k němu měl operátor stojící na straně přístroje přístup a pohodlně na něj ze svého místa dosáhl. Bohužel, stejně jako většina ostatních modelů, má i tento přístroj poměrně kostřbaté řešení začlenění bočního výstupku do celkového tvaru, konkrétně u tohoto rentgenu boční tvar působí vyloženě nepovedeně a dělá z něho velký nedostatek celkového řešení.

2.2.7 Dual View 6040DV firmy Autoclear

Společnost Autoclear je opět americká firma, která se specializuje na produkci a nástin řešení v oblasti rozvoje využití rentgenových technologií. Společnost, na rozdíl od předchozích zástupců, se nezabývá pouze bezpečnostním snímáním ale i rozvojem rentgenových technologií obecně, a poměrně značnou část svých kapacit investuje do vývoje. Na jejich výrobcích je tento aspekt poměrně patrný, protože vizuální stránka je evidentně upozaděna. [10]



U tohoto konkrétního produktu firmy se setkáváme se zcela konstrukčním pojetím, které vizuální trendy v oboru vůbec nebere v potaz. Přístroj je kromě absence designových prvků také výrazně minimalizován v ohledu grafického a barevného zpracování. Velmi neefektivně působí i jeho prostorové uspořádání, kdy oproti ostatním zástupcům je patrná jeho nadrozměrná šířka. Jako další negativum lze hodnotit i absenci notifikačních kontrol a bezpečnostního tlačítka, které obsluhu výrazně zjednodušují a zpříjemňují práci s bezpečnostním rentgenem. Výrobce zde zvolil začlenění operátorského pracoviště do samotné hlavní části rentgenu. Jelikož tvar rentgenu na operátorské pracoviště nijak nereaguje, tento způsob působí vyloženě nahodile a provizorně.

2.2.8 AT6550 firmy Suzhou Aoteng Electron Technology

Suzhou Aoteng Electron Technology byla založena v roce 2007 v Číně. Velmi brzy po svém vzniku začala spolupracovat s několika univerzitami na výzkumu a následné produkci produktů v oblasti bezpečnosti. Do výrobního portfolia firmy patří nejen rentgeny, ale také detektory kovů, bezpečnostní rámy a další. Firma dnes patří mezi nejvýznamnější leadry na čínském trhu v oblasti bezpečnosti, a to hlavně díky spolupráci s výzkumnými instituty a velkým investicím do vývoje.

Model AT 6550 je význačný z několika důvodů. Obecně vzato, produkt je velmi jednoduchý z hlediska vizuální a tvarové stránky, v oblasti designu je zde velký prostor pro zlepšení. Na druhou stranu, velice zajímavě působí operátorské stanoviště, kde je patrná snaha jej integrovat do celkové koncepce rentgenu [11]. Bohužel ani operátorské pracoviště, ač se jedná o jediný produkt, kde vizuálně koresponduje s tvarem rentgenového přístroje, není příliš zajímavé, navíc působí dost těžkopádně.



obr. 2-8 Obrázek rentgenu AT 6550 [11]

2.2.9 Vlastní fotodokumentace

Fotodokumentace reálného produktu byla pořízena 20.3. 2018 v Brně. Bohužel, vzhledem k faktu, že dvoupohledový bezpečnostní rentgen je relativně málo dostupné zařízení, na snímcích je rentgen jednopohledový. Jedná se o přístroj od společnosti Smiths Detection, konkrétně typ Hi-SCAN 6040i, který má firma stále ještě v nabídce, nicméně už je pomalu nahrazován novějším modelem. Operátorské pracoviště rentgenu je oddělené od přístroje a vyřešené tak, že obsluhující pracovník může při snímání zavazadel sedět. Jelikož je otázka zabezpečení veřejného prostoru a bezpečnostních kontrol relativně citlivé téma, přístup k informacím v této oblasti je velmi omezený, protože panuje obava z jejich zneužití. Z toho důvodu bylo poměrně problematické získat autentickou fotografii a jakékoli doplňkové informace o tématu.



2.2.10 Zhodnocení současného stavu trhu

Ze zkoumání významných výrobců a typických zástupců na trhu vyplynulo několik zjištění.

Z hlediska tvarování přístrojů se setkáváme běžně s plně konstrukčním provedením, které postrádá jakékoli designové ozvláštnění či charakterističnost jednotlivých produktů v rámci konkurence. Velmi důležitým prvkem je tvarové řešení v oblasti výstupku pro druhou rentgenku. Současné přístroje tento stav řeší obvykle jednoduchým napojením dalšího tvaru, který není vizuálně nijak do celkového těla rentgenu zakomponován, a který obvykle působí nevzhledně.

Poměrně zásadním rozdílem mezi jednotlivými typy bezpečnostních rentgenů je řešení pracoviště operátora. V této oblasti se uplatňují dvě možnosti, a to buď je místo od rentgenu zcela odděleno, a nebo je začleněno do samotné hlavní části přístroje. Oddělené pracoviště je řešeno zpravidla podstavcem nebo stolečkem, kde jsou jak zobrazovací jednotky, tak klávesnice. Hlavním nedostatkem tohoto řešení bývá, že stůl často nekoresponduje s hlavní částí a obě jednotky budí dojem samostatných celků spíš než páru patřícího k sobě. Začlenění operátorského stanoviště je ve většině případů provedeno velmi neobratně, zobrazovací jednotky i klávesnice jsou pouze položeny na rentgenu, hlavní část jim není nijak designově přizpůsobena, celek působí tedy velmi nahodile a nepropracovaně. Navíc u přístroje obsluha stojí bez jakékoli možnosti nastavení, což je velký nedostatek z pohledu ergonomie.

2.3 Technická analýza

2.3.1 Princip rentgenového záření

Jak již bylo zmíněno na začátku práce, rentgenové záření bylo objeveno koncem 19. století. Jeho zdrojem je rentgenka, tedy rentgenová lampa. Uvnitř ní je rozžhavená katoda, která slouží jako zdroj elektronů, a chlazená anoda, na kterou elektrony dopadají.

Katoda je tvořena wolframovým vláknem o tloušťce 0,2 mm navinutým ve spirále, a je připojena ke žhavicímu obvodu. Pokud vláknem prochází elektrický proud o velikosti 6 až 8 A, dochází k uvolnění elektronů a jejich dopadání na anodu.

Při dopadu elektronů na anodu se uvolňuje velké množství kinetické energie. Účinnost rentgenek je velmi malá, pouze zhruba 1% této energie se přemění na rentgenové záření, zbytek se uvolňuje ve formě tepla. Kvůli velkému zahřívání se používají anody rotační, které teplo lépe dovedou odvádět. Proud elektronů zde dopadá na plochu terčiku, který neustále rotuje, díky čemuž se teplo rozloží na větší plochu. Kvůli ničení je vhodné zvolit dobře materiál anody - často se využívá wolfram jako u katod, v lékařství je často nahrazen rheniem či molybdenem. Aby se docílilo dopadu elektronů na určité místo, jsou používány fokusační mističky, které způsobí, že elektrony na anodu dopadají v úzkém svazku.

Anoda i katoda jsou umístěny v baňce rentgenky, která v trubici udržuje vakuum. Tato baňka je umístěna v olejové lázni, která má chladicí účinky a odvádí z rentgenky teplo. Baňka je zakrytována částečně i olovem, které slouží k odstínění rentgenového záření a eliminuje tak jeho bezpečnostní rizika. [12]

2.3.2 Rozdělení bezpečnostních rentgenů

Bezpečnostní rentgeny se hojně využívají při snímání zavazadel, zásilek a balíčků, v posledních letech dokonce i při kontrolách nákladních kontejnerů a automobilů. Zhlediska určení a druhotně i velikosti se rozděluje do několika skupin.

- **Přenosné rentgeny.** Tyto rentgeny jsou využívány především policií, celníky a pyrotechniky například při hraničních kontrolách. U těchto přístrojů jsou detekční část, zdroj záření i část zobrazovací rozděleny, a umísťují se na protilehlé strany kontrolovaného objektu.
- **Komorové rentgeny s ručním vkládáním.** Tyto rentgeny se využívají zejména při kontrolách balíčků a poštovních zásilek, kde není prioritou minimalizace času prohlídky jednotlivých předmětů. Detekční část a zdroj záření jsou propojené, zobrazovací jednotky mohou být oddělené. Kontrolovaný předmět se vkládá dovnitř přístroje a zase se po kontrole ručně vyndá.
- **Pásové rentgeny.** Jedná se o nejběžnější rozšířené a známé rentgenové systémy. Skenované objekty se pohybují po dopravníku skrz tunel, kde jsou rentgenovány. Kontrolovaný předmět je mezi detekční soustavou a zdrojem rentgenového záření a při rentgenování se stále pohybuje, což umožňuje kontrolu velkého množství objektů za krátký čas. Patří k nejrozšířenějšímu typu bezpečnostních rentgenů, svoje využití nacházejí u vstupů do chráněných objektů jako jsou věznice, vládní budovy, letiště, ale i u vstupů do významných mezinárodních firem.
- **Rentgeny na přepravní kontejnery a kamiony.** V podstatě fungují podobným způsobem jako pásové, jen ve větším měřítku. Využívají se hlavně v přístavech, na hraničních přechodech a na letištích.

- **Rentgeny na osoby.** Tyto rentgeny mají obvykle zdroj i detekční soustavu umístěné na stejné straně, a detekční soustava přijímá záření zpětného rozptylu. Tak je dávka záření, kterou je lidské tělo ozářeno, minimalizována, i přesto tyto rentgeny z různých důvodů čelí mezi veřejností kontroverzím. Existuje i provedení s detekční soustavou a zdrojem záření na stranách protilehlých, tyto rentgeny slouží k potenciálnímu odhalení předmětů v lidských útrokách. [13]

V oblasti bezpečnostních kontrol jsou zdaleka nejrozšířeněji využívané pásové rentgeny, a jelikož se tato diplomová práce zabývá návrhem právě tohoto zařízení, následující rozdělení jednotlivých generací rentgenů se týká zejména rentgenů pásových.

Pásové rentgeny I generace

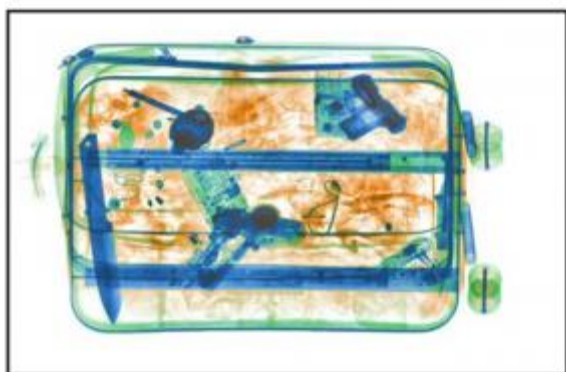
Jedná se o přístroje, které nijak neodlišují druhy látek, které jimi procházejí. Patří sem většina přenosných a stolních rentgenů.

Pásové rentgeny II generace

Tyto rentgeny už umožňují rozeznávat jednotlivé druhy materiálů, které je většinou znázorněno rozdílnými barvami. Tohoto je možné dosáhnout díky metodě dvojí energie. [14]

Dvojí energie

Využívání principu dvojí energie (nebo také dual-energy, případně multi-energy) zvyšuje pravděpodobnost odhalení potenciálně nebezpečných látek. Zdroj je schopen generovat záření o dvou různých energiích, a na základě pohlcení určitého množství je možné určit průměrnou hustotu a protonové číslo jednotlivých snímaných předmětů. Díky tomu se zobrazí na monitoru operátora v odlišných barvách a je tedy snazší je od sebe odlišit a rozeznat případnou hrozbu. [15]



obr. 2-10 Obrázek zavazadla za využití principu dual-energy [15]

Pásové rentgeny III generace

Ukázalo se, že systém odlišení materiálů jednotlivých předmětů na základě jejich hustoty není dostatečný, a rentgeny třetí generace proto obsahují několik vylepšení.

V první řadě se setkáváme s pořízením rentgenových záběrů ze dvou na sebe kolmých směrů v průběhu jednoho průchodu rentgenem. Snímky jsou zobrazeny na dvou monitorech, které má obsluha k dispozici.

Dalším vylepšením u třetí generace je částečná automatická detekce potenciálně nebezpečných objektů. Jakmile se objeví v zavazadle látka, která má protonové číslo a hustotu shodnou se známou nebezpečnou látkou, počítač na to operátora upozorní vizuálním odlišením předmětu. [14]

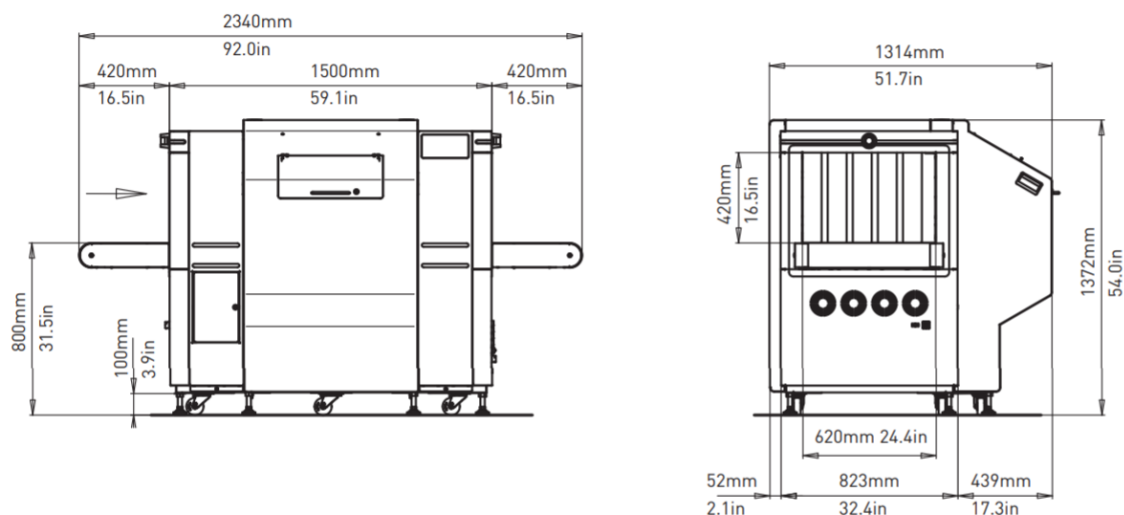
Pásové rentgeny IV generace

Do této skupiny lze zařadit i přístroje s počítačovou tomografií, které fungují velmi podobně jako klasické rentgeny. Jediný rozdíl spočívá v tom, že se ve vlastní rentgeové části rentgenka pohybuje po kruhové trajektorii okolo snímaného předmětu, a naproti ní je detekční linie. Obsluha rentgenu má tedy potom k dispozici 3D model snímaného objektu, se kterým může manipulovat různým způsobem a lépe tak zhodnotit potenciální nebezpečí.

Dalším typem, který do této kategorie patří, jsou i multi-view rentgeny, které mají několik statických rentgenek umístěných tak, aby došlo k pořízení snímků z různých úhlů. [13]

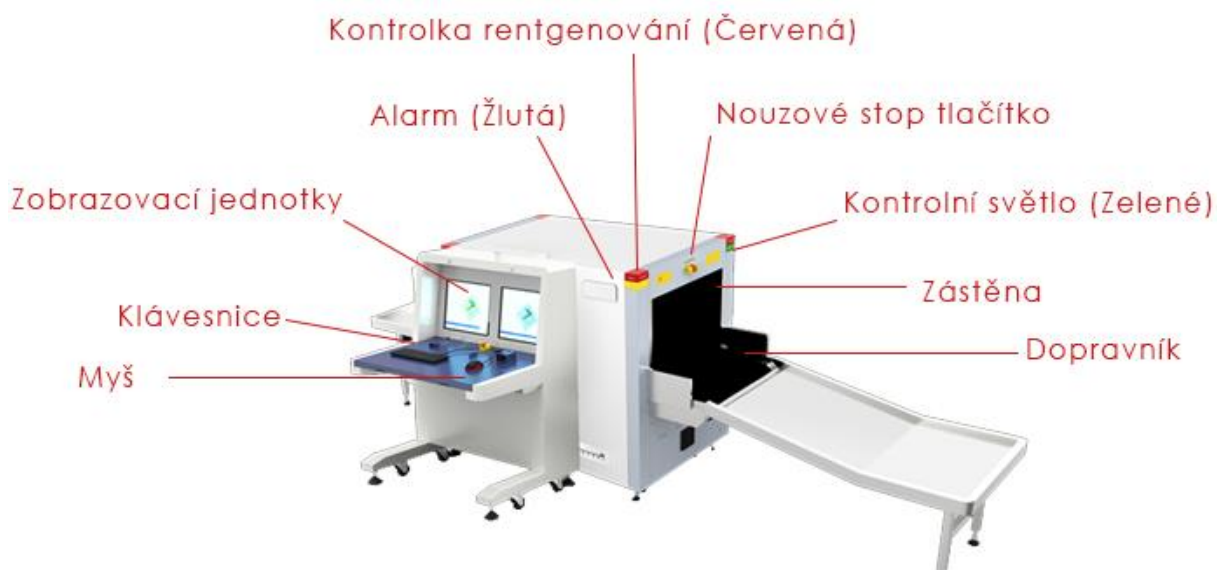
2.3.3 Části pásového rentgenu

Přístroje se liší zejména v závislosti na velikosti skenovaných předmětů a tedy v závislosti na velikosti vstupních tunelů s pásovými dopravníky. Rentgeny střední velikosti mají standardně tunel o rozměrech cca 620×420 mm. Taková zařízení jsou vysoká cca 1400 mm, hraniční délkový rozměr je 2500 mm (včetně dopravníkového pásu). Vzhledem k velkým nárokům na odolnost zařízení, a také k jeho významné hmotnosti (až 1100 kg), tvoří jeho základ ocelová konstrukce obalená krytováním.



obr. 2-11 Rozměry referenčního produktu firmy Smiths Detection [5]

Základní schéma jednotlivých částí je u všech produktů podobné, dělí se na dvě základní samostatné jednotky - samotný rentgenový přístroj a stanoviště pro jeho obsluhu. [16]



- **Samotný pásový rentgen.** Jedná se o tělo přístroje, kde jsou umístěna veškerá rentgenovací zařízení a detekční soustavy. Rozměry rentgenu se liší v závislosti na jeho typu a velikosti snímáných předmětů, pro které je určen.

- **Pásový dopravník.** Pásový dopravník slouží k posunu zavazadel uvnitř těla rentgenového zařízení. Je ovládán obsluhou rentgenu, může se tedy zastavit i jít ve zpětném chodu. Dopravník u tohoto rentgenového zařízení má nosnost cca 160 kg.
- **Gumové zástěny.** Slouží k zakrytí vstupního tunelu, jsou zde kvůli možnosti úniku rentgenového záření mimo snímáný předmět. Uvnitř je olověná folie, která případné unikající rentgenové záření efektivně odstíní.
- **Notifikační kontrolky.** Různé rentgeny od jiných výrobců se v počtu a umístění jednotlivých kontrolků liší, nicméně jejich účel je víceméně stejný. U modelu rentgenu na obrázku 2-12 najdeme tři typy kontrolků: zelená slouží k značení zapnutí rentgenu, žlutá slouží k notifikaci problematické situace (zaseknutí zavazadla atd.) a červená kontrolka svítí, pokud probíhá zrovna snímání zavazadla a naznačuje tak uživateli, že není bezpečné předměty z dopravníku ještě odebírat.
- **Operátorské pracoviště.** Pracoviště obsluhy může být integrované či oddělené. Na obrázku 2-12 je oddělené od samotného rentgenu a je vyřešeno formou stolečku. Je určeno pouze pro sedící obsluhu a možnosti jakéhokoli uživatelského nastavení jsou značně omezeny.
- **Zobrazovací jednotky.** Dva ploché LCD monitory s rozlišením 1280×1024, zde operátor sleduje snímky pořízené rentgenem, může si je zpomalovat, zastavovat, či nastavovat různé módy zobrazení. Počítač dokáže ukládat až 100 000 snímků.
- **Klávesnice a myš.** Nezbytné pomůcky sloužící k ovládání samotného rentgenu a jednotlivým úkonům ohledně zobrazení snímků. Krom ovládacích tlačítek má operátor k dispozici nouzové stop tlačítko, které slouží k okamžitému zastavení rentgenu.

Z hlediska vnitřního uspořádání se rentgenová zařízení příliš neliší, primární schéma je poměrně pevně dáno. Rentgenová trubice je tvořena anodou a katodou, která generuje rentgenové záření. Nejkratší vlnová délka tohoto záření je dána urychlujícím napětím mezi anodou a katodou, u rentgenů střední velikosti se používá napětí 160 kV (u obřích rentgenů se může pohybovat až u 400 kV) [14]. Rentgeny generují vlivem dopadání elektronů na anodu teplo, a kvůli chlazení jsou ponořeny do hermeticky uzavřené olejové lázně. Záření je odstíněno pomocí kolimátoru tak, aby procházelo předmětem pouze v úzkém paprsku.

Následně je zachycováno detekční soustavou umístěnou proti rentgenové trubici. Detekční linie má tvar U v případě spodní rentgenové trubice – aby nedocházelo ke zkreslení rentgenového obrazu - a detekční soustava sloužící k zachycení záření boční rentgenky má tvar písmene L. [5]

Detekční části rentgenů jsou tvořeny soustavami elementů, které poskytují oddělený signál. Tyto detekční elementy bývají buď polovodičové nebo scintilační. U levnějších ručních rentgenů jsou tvořeny fluerescentními stínítky se zrcadly, což představuje cenově dostupnější metodu. [14]

Snímání předmětů zajišťuje plynulý pohyb po pásovém dopravníku, který má zpravidla rychlost 0,2 m/s.



obr. 2-13 Vnitřní schéma bezpečnostního rentgenu [17]

2.3.4 Shrnutí technické analýzy

V současné době se setkáváme s poměrně širokou škálou přístrojů určených pro bezpečnostní snímání zavazadel a balíčků. Do budoucna lze počítat ještě s dalším rozvojem těchto zařízení, zejména po technologické stránce. Ovšem z pohledu tvarového zde nikterak významné rozdíly nenacházíme, a to ani napříč produkcí různých výrobců, kteří se touto tematikou zabývají.

Tato tvarová jednoduchost je do značné míry dána faktem, že z konstrukčního hlediska jsou rentgeny poměrně podobné, a celé uspořádání těchto zařízení je víceméně neměnné a je dáno a podmíněno jeho funkcí.

Asi největším tématem (a také rozdílem v jednotlivých produktech) je řešení operátorského pracoviště, které je buď od rentgenu odděleno - ovládání a zobrazovací jednotky jsou umístěny odděleně - a nebo je integrováno přímo do těla rentgenu. V prvním případě je nevýhodou kabeláž, se kterou je nutno počítat při oddělení stanoviště od rentgenového přístroje. V případě druhém je celkovou nevýhodou fixní umístění pracoviště a minimum možností jej přizpůsobit potřebám konkrétního pracovníka.

3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

3.1 Analýza problému

Dvoupohledový bezpečnostní rentgen je zařízení využívané za účelem provedení kontroly zavazadel, aniž by muselo dojít k jejich otevření. Technologie snímání zavazadel ze dvou směrů, která umožňují operátorovi vidět snímky bočního a spodního pohledu vnitřku objektu, navíc usnadňuje a zrychluje posuzování případných rizik.

Rentgenové přístroje sloužící k bezpečnostním kontrolám mají svou jednoznačnou funkci a poměrně jasně definovanou konstrukci, která je v souladu s určením zařízení. Z toho důvodu jsou možnosti v designu poměrně omezené, i přesto je u současných produktů patrná v oblasti tvarového a barevného zpracování velká rezervovanost.

Celkem zásadní roli při hledání designového řešení hraje i množství vyrobených kusů. U pásového rentgenu střední velikosti se díky úzce vyprofilované cílové skupině zákazníků setkáváme s malosériovou výrobou, která se pohybuje v řádech stovek až tisíce vyrobených kusů. Z toho důvodu volí většina výrobců do nejjednodušší technologie výroby a použité materiály (nejběžněji se jedná o krytování z ohýbaného plechu či plastové díly vstřikované do forem). Použité technologie ovlivňují značně design současných přístrojů a omezují možnosti pro další vývoj tvaru, a je třeba je brát v úvahu při případných designových inovacích.

Dalším určujícím faktorem při návrhu bezpečnostních rentgenů je také to, že se zde setkáváme se dvěma rozdílnými skupinami uživatelů, jejichž potřeby a i kontakt se zařízením se liší.

Jednou skupinou jsou osoby kontrolované, a tudíž jsou se zařízením ve styku jen nepatrnou chvíli. Tito uživatelé většinou s bezpečnostním rentgenem nemají žádné hlubší zkušenosti, a je tedy třeba, aby pro ně bylo jeho použití jednoduché a intuitivní, lehce pochopitelné. Takový uživatel pouze svoje zavazadlo položí na dopravník a dále se podrobuje sám kontrole (je-li vyžadována). Z hlediska ovládání je pro něj důležité pouze stop-tlačítko umístěné na čelní pohledové straně, většinou nad tunelem pro zavazadla, které může v případě nečekaného problému sám stisknout. Dále jsou pro něho určující svítící kontrolky či jiné sdělovače na čelní straně, které signalizují probíhající rentgenování či problémovou situaci. Je nutno navrhnout signalizaci velmi přehledně a jednoznačně tak, aby byla jasně pochopitelná a pro kohokoli bylo jednoduché na případný problém zareagovat.

Dalším typem uživatelů jsou pracovníci, kteří kontrolu zavazadel provádějí. Doba, kterou u rentgenu stráví, je výrazně větší než u skupiny první. Pracovníci obsluhy rentgenu přijdou do styku běžně s ovládáním zařízení a zajištěním jeho plynulého chodu, logicky tedy produkt využívají komplexněji. Obsluha si rentgen a zobrazení může do velké míry sám nastavovat, a přitom musí zůstat soustředěný na případné vyhodnocení nebezpečného obsahu skenovaných předmětů, v jeho práci jej nesmí nic rušit. Ovládání a uspořádání ovládání musí být přehledné a jasné, logicky umístěné. Velice důležité je také pohodlí a komfort při práci. Dalším určujícím faktorem pro návrhovou část je fakt, že pracovník obsluhy se téměř vždy pohybuje jinde než osoba procházející kontrolou. Tedy, zatímco pro uživatele spadajícího do první skupiny je velmi významná čelní strana zařízení, pro zástupce skupiny druhé jsou více důležité boční strany rentgenu, protože se převážně zdržuje tam.

K těmto dvěma hlavními typům by se dala přiřadit ještě třetí sekce uživatelů, a to jsou potom odborní pracovníci, kteří provádějí servis přístrojů. Jejich potřeby jsou velmi podobné jako obsluhy rentgenu. Navíc ještě potřebují ještě snadný přístup k jednotlivým komponentům, které eventuálně vyžadují servis či výměnu.

Rozdílné nároky jednotlivých typů uživatelů se projeví při navrhování jednotlivých částí přístroje stejně tak jako celku. Důležité hledisko pro obě skupiny se nachází zejména v oblasti ergonomie, kde je třeba zvažovat bezpečnost a komfort všech osob, které s rentgenem přijdou do styku.

V oblasti ergonomie obsluhy rentgenu je problematické řešení místa pro operátora, které je řešeno dvěma způsoby. Pracoviště se buď integruje do těla přístroje, což je většinou realizováno položením monitorů a ovládání na hlavní část poblíž boční rentgenky, u některých výrobců je možné se setkat s klávesnicí vyklápěcí. Druhým způsobem řešení stanoviště je využití možnosti přídavného stojanu či stolku. Stolky bývají často tvarově odlišné než samotný rentgen, navíc je tu často velmi malá možnost přizpůsobení pracoviště pro rozdílné potřeby pracovníků. Dalším problémem v oblasti ergonomie je celkový proces kontroly zavazadel, a to také z důvodu nedostatečně dlouhého dopravníku. Téměř vždy je u rentgenu přistaven další dopravník či válečková dráha, díky čemuž je více prostoru pro pohyb a odebírání či pokládání zavazadel na pás.

3.2 Cíl práce

Hlavním cílem této práce je navrhnout design dvoupohledového bezpečnostního rentgenu střední kategorie (o rozměrech tunelu 620×420 mm). Dílčími cíli jsou v počátečních fázích zejména důkladné studium procesu kontroly zavazadel a určení jejích problematických oblastí a sporných bodů. Dalším cílem této diplomové práce je návrh řešení operátorského pracoviště s ohledem na veškeré ergonomické i bezpečnostní parametry tak, aby jeho instalace byla uživatelsky příjemná a aby navržené řešení nijak nebránilo plynulosti kontroly. Finální návrh potom musí splňovat nároky na funkčnost a realizovatelnost za použití vhodných materiálů a konvenčních technologií výroby – v tomto případě se bude jednat o plasty v oblasti krytování a ocel v oblasti konstrukce.

Rozměrově se navržený rentgen bude pohybovat velmi blízko již existujícím produktům stejné kategorie, protože je jeho vnitřní uspořádání a rozložení jednotlivých komponent dáno do velké části jeho funkcí. Vzhledem k tomu, že v současné produkci se často setkáváme s nevhodně zvoleným tvarováním přístroje, a to zejména v oblasti umístění boční rentgenky, je cílem navrhnout řešení, které celý přístroj vizuálně sjednotí.

Součástí návrhu bude také oddělené operátorské pracoviště sloužící pro sledování průběhu snímání a vyhodnocení dat obsluhou. Toto operátorské pracoviště bude tvarově navazovat na koncepci rentgenového přístroje tak, aby oba dílčí prvky tvořily vizuálně jeden celek.

Vzhledem k tomu, že se jedná o přesně pracující zařízení, u kterého je kladen velký nárok na dodržování pravidel užívání, velmi důležitým cílem je jednoznačnost a přehlednost návrhu a jednotlivých jeho složek (to se velmi výrazně týká například sdělovačů). Jelikož působení rentgenového záření na lidské tělo může vyvolávat zdravotní rizika, musí finální návrh vzbuzovat na první pohled dojem bezpečnosti a stability.

4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

Designérský proces může nezúčastněným osobám připadat poměrně nepřehledný, ale má velmi přesně definovanou strukturu. Chceme-li k návrhu nového produktu přistupovat zodpovědně, je třeba dodržovat následující soubor činností pouze s mírnými odchylkami.

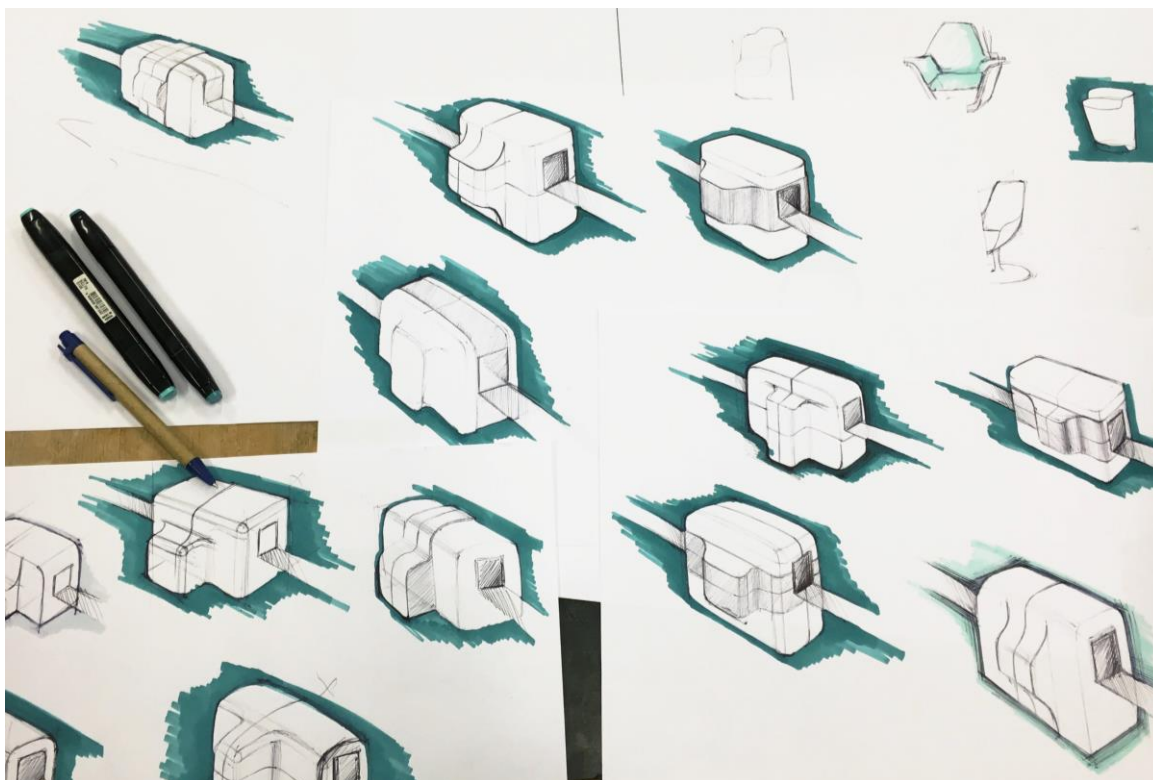
Po analytických částech, kdy se designér důkladně seznamuje s problematikou a současnou situací na trhu (viz předchozí kapitoly této práce), přicházejí na řadu fáze samotného navrhování.

Velmi oblíbenou designérskou pomůckou, která je hojně využívána, je sestavení tzv. image/mood boardu. Jedná se o soubor obrázků, které slouží jako inspirace pro proces samotného navrhování. Po sestavení inspiračních zdrojů přichází na řadu samotné skicování produktů.



obr. 4-1 Image board pro navrhování bezpečnostního rentgenu

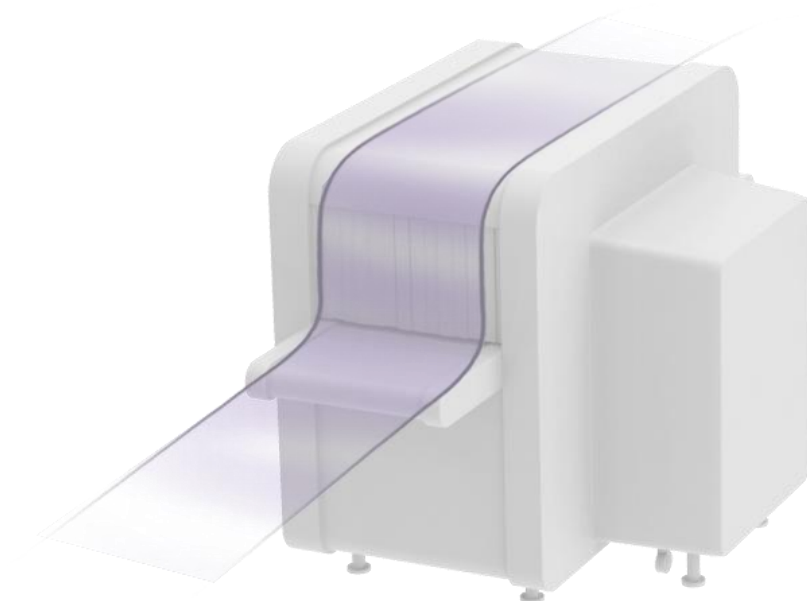
Skici jsou nejdříve abstraktní, spíše se jedná o zachycení nápadů a konceptů, postupně dostávají konkrétnější podobu a nakonec jsou na jejich základě definována variantní řešení. Z variantních řešení je následně vybrána varianta preferovaná, ze které se díky postupným iteracím vyvine výsledný návrh.



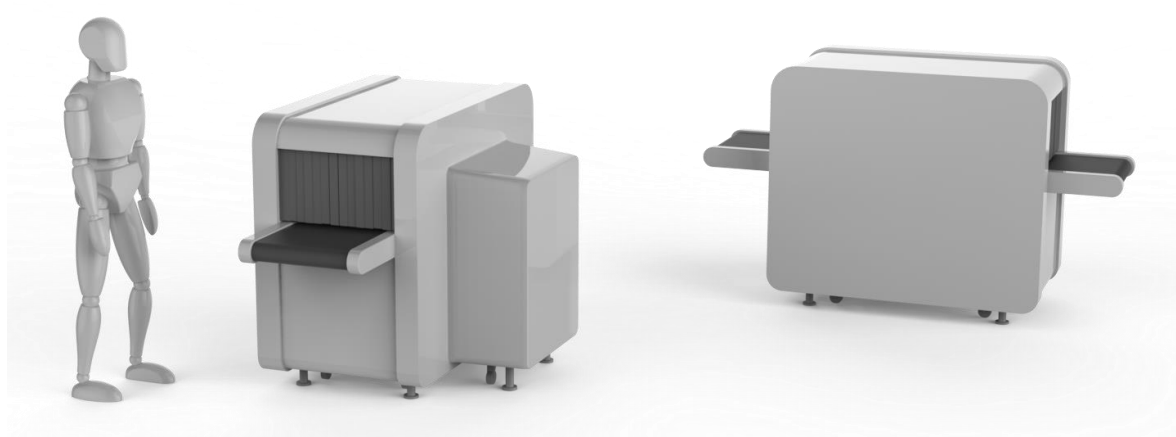
obr. 4-2 Počáteční skici

4.1 Varianta I

Varianta I byla vytvořena se snahou zdůraznit přirozený tok pohybu, který zavazadla procházející rentgenem, mají. Tento pohyb se shoduje s pohybem dopravníkového pásu, proto má varianta I odlišenou střední část, která vizuálně šířkově navazuje na dopravník a na tunel, do kterého se zavazadla vkládají.



obr. 4-3 Varianta I – koncepce



obr. 4-4 Varianta I – ergonomický pohled

U výběžku, kde je boční rentgenová lampa, je zvoleno navázání tvaru tak, aby horizontální pohyb předmětů po dopravníku vizuálně podporovalo a zároveň zdůrazňovalo místo, kde dochází k jejich snímání.

Technické řešení vnitřních komponent se velice podobá schématu stávajících produktů, ani velikostí se varianta od současných zástupců neliší. Rozměry navrženého přístroje jsou 2340 × 1325 × 1455 mm.

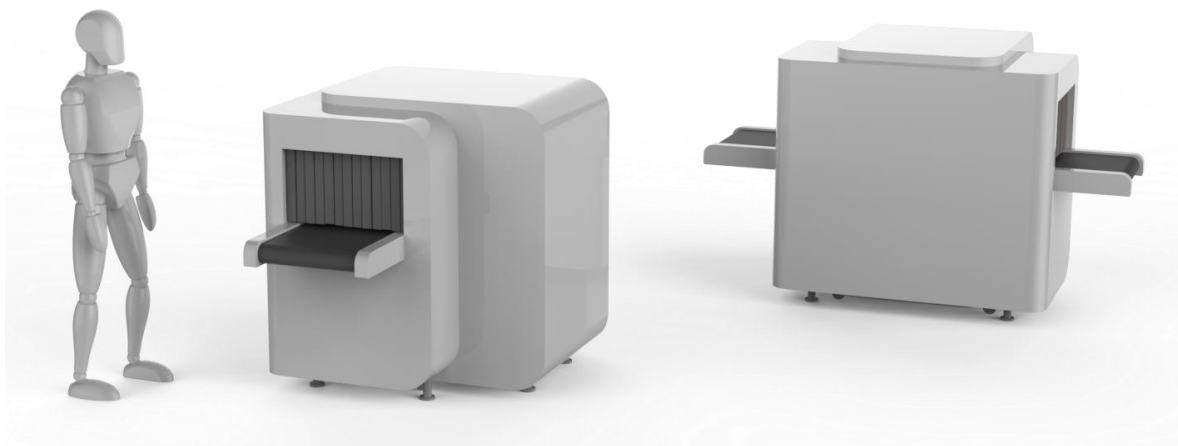
Tvarování tohoto návrhu je jasně definované s poměrně výraznými prvky. Odlišení od konkurenčních výrobků se zadařilo, ovšem celkový tvar nepůsobí příliš kompaktně a boční výstupek není efektivně navázán na hlavní část rentgenu. Výraznou nevýhodou této varianty je také poměrně složité tvarování v podobě prolisu v krytování.

4.2 Varianta II

U druhého návrhu byl zvolen jiný přístup než v předchozím případě. Všechny současné produkty na trhu mají část s boční rentgenkou řešenou jako jistý typ výbežku, proto byl u této varianty zvolen jiný přístup k celkovému tvaru přístroje. Výsledný tvar je vytvořen pomocí dvou stejných objemů jejich vzájemným přetočením o 90° a zaseknutím dohromady. Tak vzniká tvar, který působí komplexně a u kterého se podařil eliminovat princip navržení jednoho hlavního objemu, ke kterému je přidán výstupek až dodatečně.



obr. 4-5 Varianta II – koncepce



obr. 4-6 Varianta II – ergonomický pohled

Z hlediska technického řešení se návrh opět neliší od ostatních řešení na trhu, vnitřní uspořádání komponent je velmi podobné, rozměry jsou $2340 \times 1400 \times 1425$ mm.

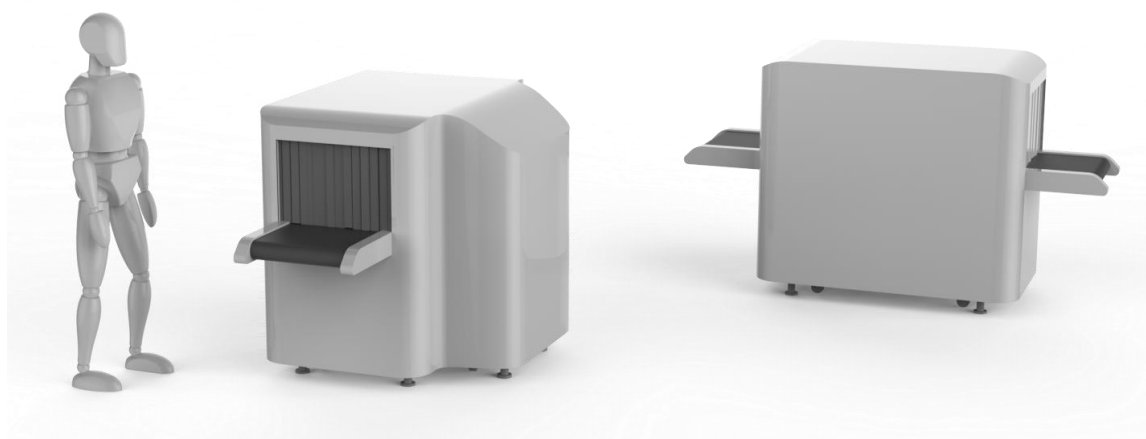
4.3 Varianta III

Třetí varianta bezpečnostního rentgenu podporuje směr pohybu zavazadel a navazuje na směr jejich pohybu po pásu – stejně jako varianta I. K tomuto účelu ovšem využívá jiné tvarové prostředky, nejvýraznějším prvkem je sražení hrany horní plochy tak, že vytváří výrazný efekt z pohledové, tedy přední strany. Toto sražení je mírné a postupné, ale přesto horní plochu zdůrazňuje a naznačuje směr proudění zavazadel po pásu. Dochází tak k vizuálnímu ozvláštnění této strany přístroje. Prvek je výrazný dostatečně na to, aby upoutal pozornost na vstupní tunel, který je hned pod ním. Je vhodné, že svažující se strana upoutá cestujícího nejvíc, je to tedy zároveň místo, které je vhodné z hlediska ergonomie pro umístění světelné signalizace a ovladačů. Boční výběžek pro druhou rentgenovou trubici vede na zem, a bude tedy vzbuzovat dojem stability.



obr. 4-7 Varianta III – koncepce

Výstupek je plynule navázán na hlavní část těla přístroje, není koncipován jako přidaný objem. Také v horní části tohoto tvaru je využit prvek svažování hrany, stejně jako u stran pohledových. Rozměr tohoto řešení jsou $2330 \times 1370 \times 1400$ mm.



obr. 4-8 Varianta III

5 TVAROVÉ ŘEŠENÍ

Tvarové řešení finálního návrhu vychází výrazně z druhé variantní studie designu , protože tato působí ze všech tří vizuálně nejkompaktněji a nejúčinněji začleňuje přidaný výstupek pro druhou rentgenku do celkového objemu. Vzniká tak design, který je svým pojetím lapidární avšak nepůsobí nudně ani příliš konstrukčně. Paradoxně, díky tomu, že se u tohoto typu zařízení jedná o nebývale jednoduché tvarosloví, má potenciál na první pohled se vymezit vůči konkurenčním produktům.

5.1 Proporce a kompozice

Základní kompozice návrhu je geometrická, osově symetrická. Tvarové pojetí vychází z podstaty přístroje, který ve výsledku slouží k přesné diagnostice nebezpečného obsahu balíčků a zavazadel, je tedy na místě volit v jeho tvarování přesnou logiku a návaznosti. Hlavními prvky jsou hranaté objemy s různě velkými radiusy, které se v rámci tvaru opakují a jsou vzájemně od sebe odvozené.



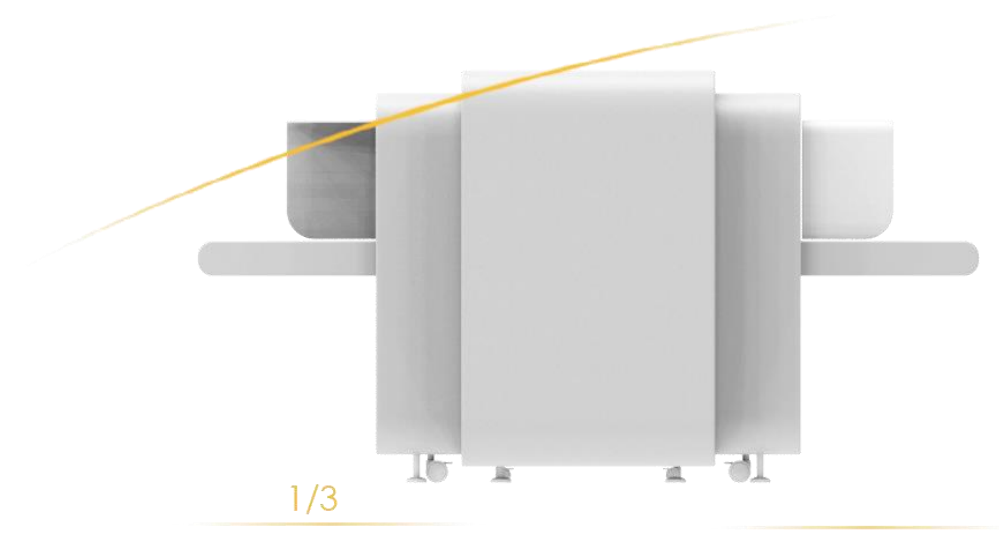
obr. 5-1 Kompozice – horní pohled



obr. 5-2 Kompozice – přední pohled

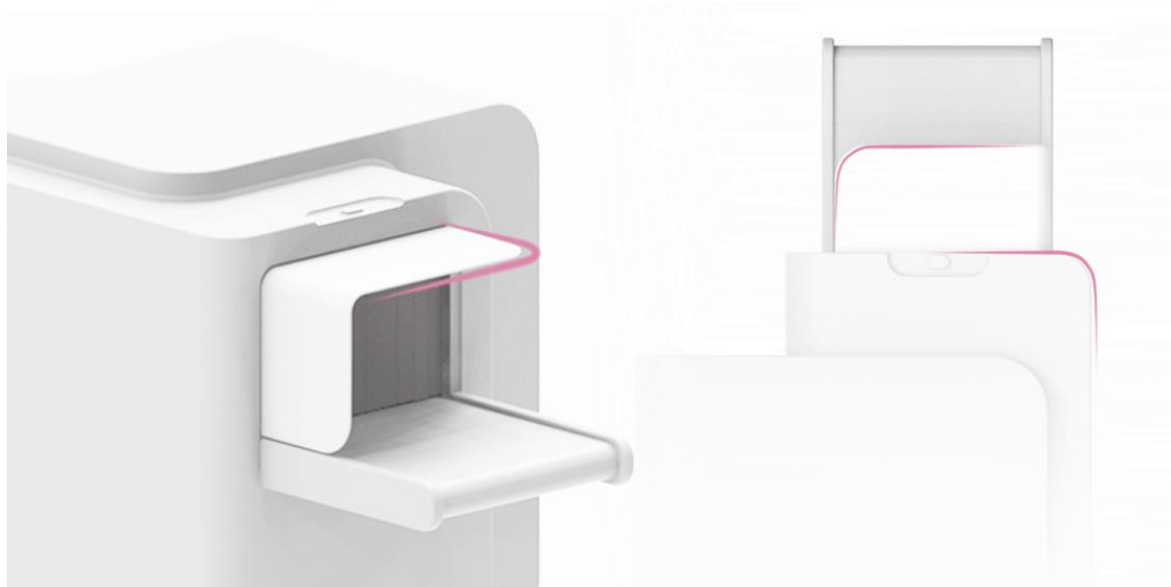
Dvě nejvýraznější zaoblení, která se na produktu vyskytují a určují jeho celkový výraz, mají velikost 160 mm a 100 mm a ostatní radiusy z nich v zásadě vycházejí.

Tělo přístroje netvoří jeden objem, ale je členěno na několik základních částí. Na obou koncích z něho vystupují pásové dopravníky, nad kterými mohou být umístěny kryty a následuje tělo rentgenu s rentgenovací částí uprostřed. Tyto úseky skokově stoupají směrem ke středovému segmentu, který opticky koncepci dominuje. Šířky jednotlivých dílů jsou přesně určené a vzájemně provázané. Výrazná středová část má největší šířku a celkový tvar rozděluje na třetiny. Každý ze zbývajících segmentů má opět třetinovou šířku vůči ostatním. Jedná se o řešení relativně prosté, které ovšem efektivně zdůrazňuje středovou oblast, kde probíhá rentgenování, a která je proto nejdůležitější.



obr. 5-3 Boční kompozice

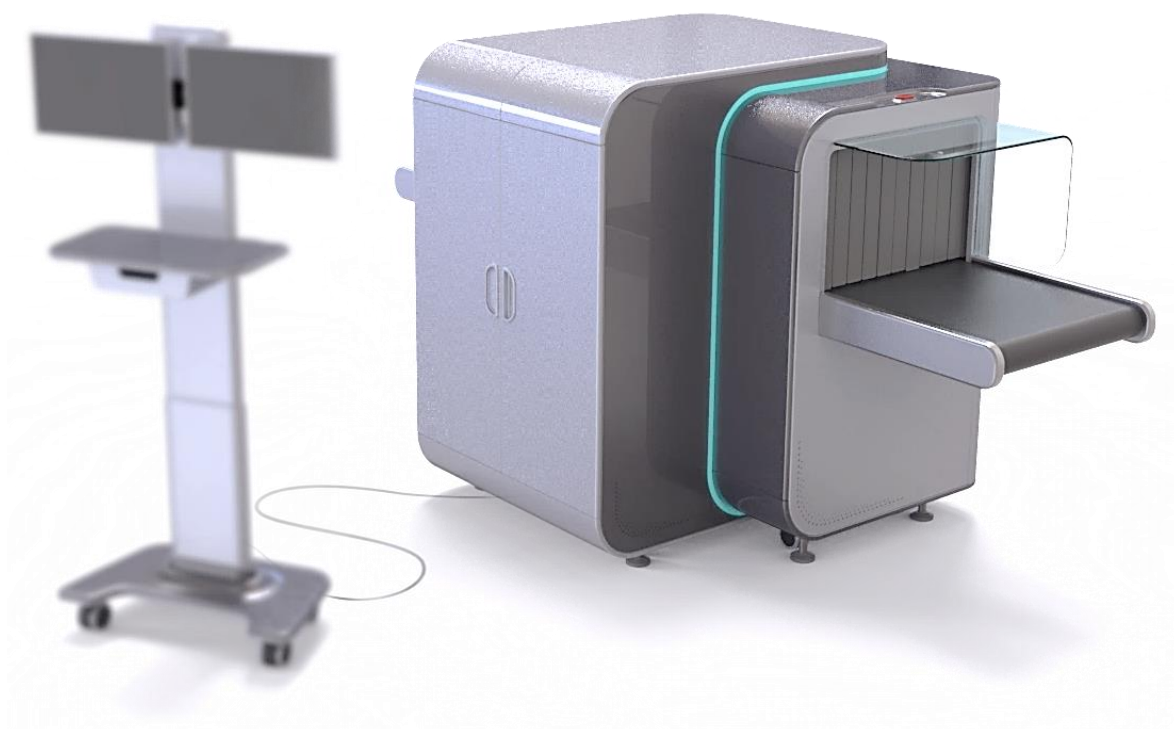
Bylo již zmíněno, že součástí návrhu je také kryt tunelu, který zabraňuje případnému odebírání zavazadel ještě před skončením bezpečnostního snímání. Jeho tvar z půdorysu kopíruje tvar přední části těla přístroje a radius o velikosti 100 mm..



obr. 5-4 Kompozice – kryt

5.2 Tvar

Základní tvar rentgenu je navržený s jasně definovanou logikou, a má kompaktní charakter. Vyskytuje se tu několik dalších prvků, které jej doplňují. Jedním z nich je dopravníkový pás, který plynule na tělo rentgenu navazuje. Z toho důvodu byly zvoleny (oproti původní variantě II) zaoblené krytky dopravníku, jež se více k celkovému konceptu hodí. Za zmínku stojí ještě několik vizuálních prostředků, které celkový tvar doplňují.



obr. 5-5 Tvar rentgenu

Otvor tunelu je mírně protvarován pomocí zahloubení. To má hned několik důvodů. Vizuálně přesně navazuje na dopravník a tvarově jej napojuje na přístroj. Tato záhlubeň také vhodně slouží pro umístění plastové zástěny, která tunel chrání proti nežádoucí manipulaci se zavazadly.



obr. 5-6 Detail tunelu

Vizuálně na tvar záhlubně u vchodu tunelu reaguje záhlubeň určená pro stop tlačítko v horní hraně přístroje. U většiny přístrojů jsou tlačítka na čelní straně, ale vhodnější se ukázala strana vrchní. Aby bylo tlačítko dobře vidět, byl zvolen tvarový prvek záhlubně, díky ní se spínač sníží a bude lépe viditelný. Okamžitě se z něj stává zároveň estetický prostředek, který poutá pozornost.



obr. 5-7 Detail tlačítka nouzového vypnutí

Ventilace ve spodní části těla zařízení decentně kópije tvar čelního krytu a plynule navazuje na celkový tvar. U většiny současné produkce otvory pro větrání působí velmi konstrukčně a často jsou umístěny velmi necitlivě. Ve snaze tomuto problému předejít bylo zvoleno řešení takové, které plynule navazuje na dominantní tvar čelního krytování a otvory nepůsobí neadekvátně či rušivě vůči celku.



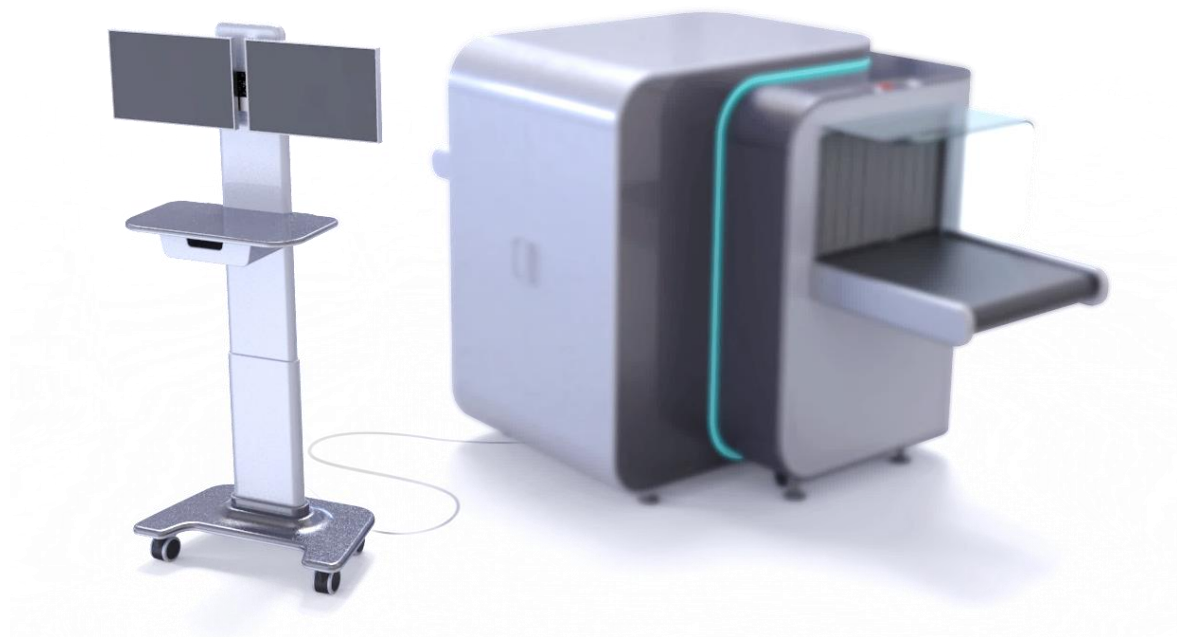
obr. 5-8 Detail ventilace

5.3 Operátorské pracoviště

K rentgenu bylo dodatečně navrhován i pultík, kde má obsluha klávesnici, myš a monitory k ovládání přístroje. Pracoviště tvarově navazuje na rentgenový přístroj, využívá tedy také principu obdobných zaoblení a opakujících se radiusů.

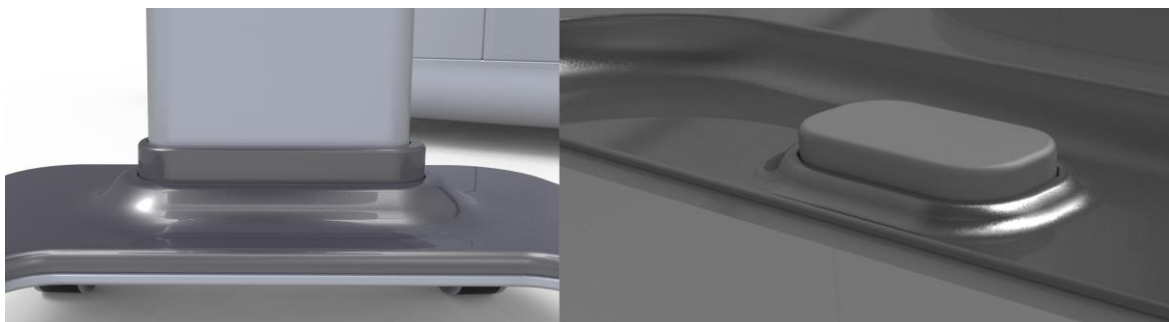


obr. 5-9 Kompozice pracoviště – pohled shora



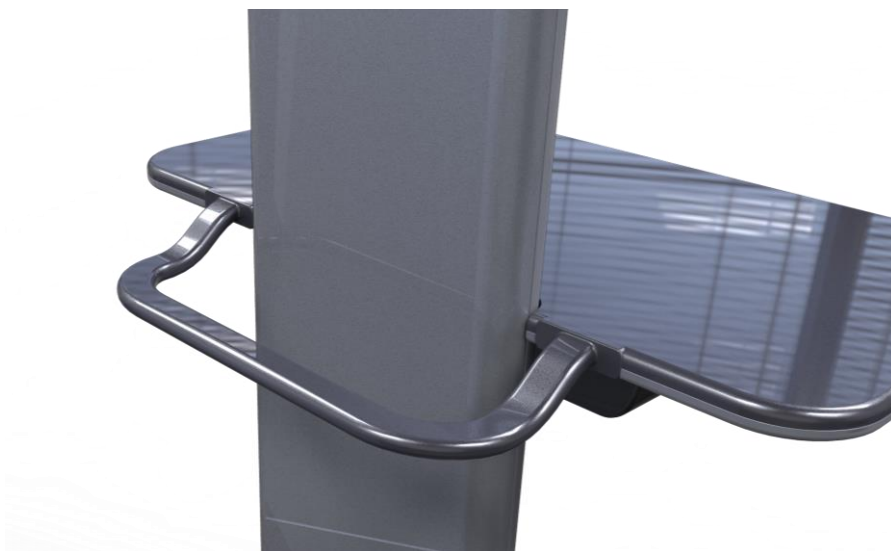
obr. 5-10 Operátorský pultík

Pultík ve velké míře kopíruje také snahu využívat geometrické návaznosti a stejné vzdálenosti. Jeho podstava je rozšířená, což je prvek, který se tvarosloví přístroje vymyká, ale tento prvek má svoje opodstatnění. Podstava celkově působí poměrně hmotně a toto zúžení směrem dopředu jí na objemnosti vizuálně ubírá. Opakuje se tu tvarový prostředek, který je na těle rentgenu v místě tlačítka, a tím je tento náběh.



obr. 5-11 Porovnání tlačítka a podvozku

Kromě podvozku je dalším dominantním prvkem návrhu malý úložný prostor pod pultíkem. Tady má operátor možnost si uložit drobné osobní věci, dokumenty a klíče. Přihrádka má rozměry zvolené tak, aby se do ní pohodlně vešel papír o velikost A4. Ze zadní strany stolečku je umístěno madlo pro snadnější manipulaci se stojanem při jeho přemisťování. Madlo je tvarováno tak, aby opticky navazovalo na tvar stolečku. Jedná se o vizuálně celkem výrazný prvek, proto je vedeno tak, aby působilo z přední strany nenápadně a příliš nepoutalo pozornost.

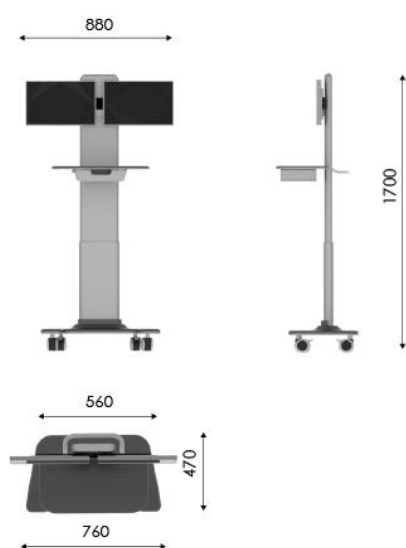


obr. 5-12 Detail madla

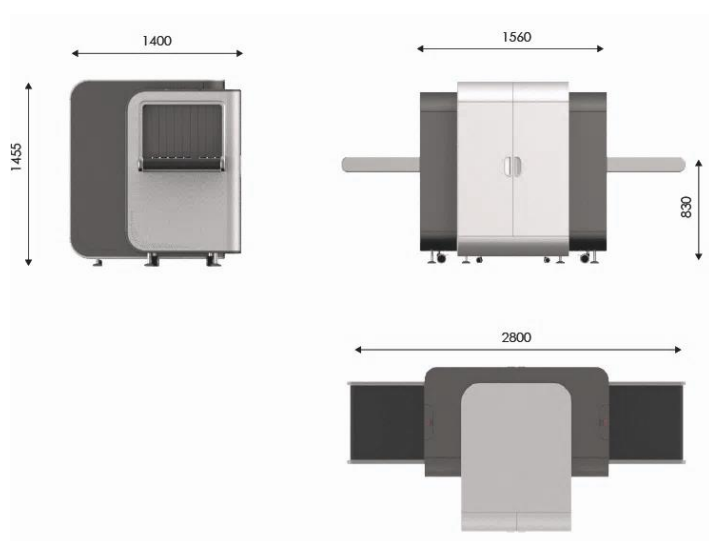
6 KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

6.1 Konstrukčně technologické řešení

Vnitřní schéma exsitujících výrobků je dáno především funkčností jejich jednotlivých prvků, základní podoba je tedy neměnná a evně daná. Proto ani v případě nového návrhu nebylo vnitřní uspořádání nijak výrazně měněno či inovováno. Celková hmotnost přístroje se bude pohybovat kolem 900 kg. Základní rozměry jsou obdobné jako u stávajících přístrojů, s výjimkou prodlouženého dopravníku, díky kterému je rentgen dlouhý 2800 mm.



obr. 6-1 Rozměry stavnovistě



obr. 6-2 Rozměry přístroje

Krytování přístroje je navrženo tak, aby splňovalo všechny nároky na bezpečnost a funkčnost při snaze o zachování rozumné míry výrobních nákladů. Většina současné produkce používá krytování z ohýbaného plechu, jehož výhoda je hlavně ve finanční rovině. Na druhou stranu bohužel technologie ohýbání plechu limituje tvarování samotného přístroje. I to byl jeden z důvodů, proč pro návrh bylo zvoleno krytování plastové. Výhodou takového provedení je nižší hmotnost jednotlivých dílců (které jsou velmi rozměrné), což ocení zejména pracovníci při provádění servisu zařízení. Další praktickou výhodou plastového opláštění je i fakt, že v případě nehody zařízení nehrozí nebezpečí úrazu elektrickým proudem. Jako hlavní materiál krytování bylo zvoleno PVC pro svoje široké využití v průmyslu a vhodným vlastnostem.

Kvůli vysoké hmotnosti produktu je pro jeho správné fungování a maximální bezpečnost práce velmi důležitá jeho nosná konstrukce. Jak již bylo zmíněno výše, odhadovaná hmotnost zařízení je 900 kg, ovšem je třeba brát v potaz, že dopravníkový pás je navržen pro možné zatížení až 160 kg. Hmotnost zařízení v provozu při plném naložení dopravníku může tedy narůst až na 1060 kg. Konstrukce zařízení je ze svařovaných ocelových jeleků 40×40 mm o tl. 2 mm. Přístroj stojí na nohách tvořených šrouby M16 o délce 150 mm zakončených strojní patkou. Konstrukce je také doplněna kolečky s brzdou pro snadnější manipulaci se zařízením.

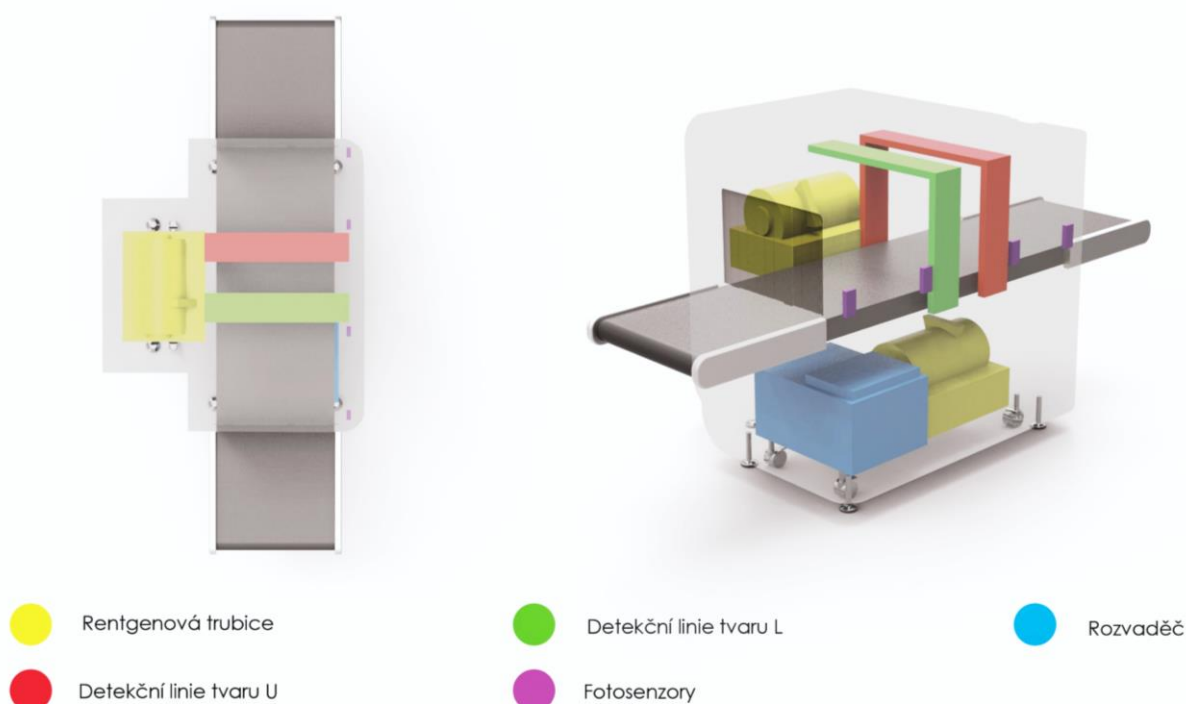


obr. 6-3 Příklad standardní strojní nožičky [18]



obr. 6-4 Detail kolečka stojanu

Vnitřní schéma rentgenového zařízení je řešeno poměrně konzervativně a nijak výrazněji se tedy neliší od současných produktů.



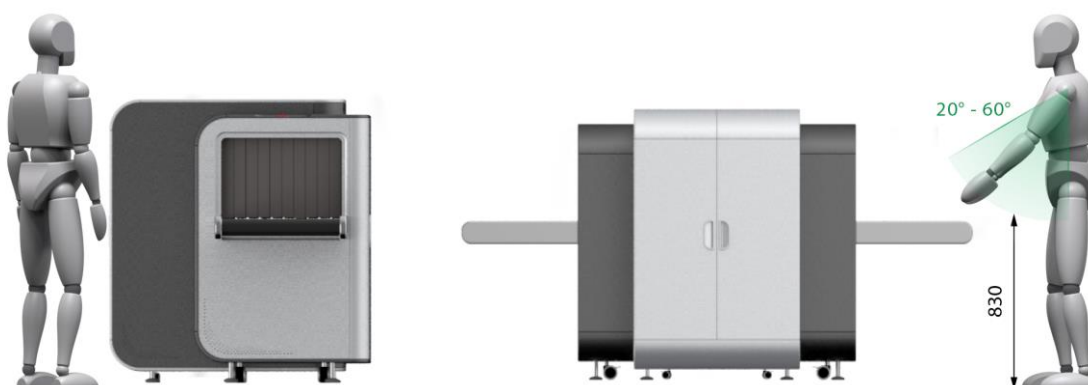
obr. 6-5 Vnitřní schéma přístroje

Vnitřnímu uspořádání přístroje dominují dvě rentgenové lampy, jedna umístěna ve spodní části konstrukce pod dopravníkovým pásem, druhá rentgenka je v bočním výstupku těla zařízení. Rentgenové záření snímají dvě detekční linie nad tunelem. Linie, která snímá záření spodní lampy, má tvar písmene U, linie snímající záření jdoucí ze strany, má tvar písmene L. V přední části těla zařízení je rozvaděč, jehož součástí je hlavní počítač, napájení a pohon dopravníku. Nad dopravníkem je rozmístěno několik fotosenzorů, které zaznamenávají přítomnost zazavadla na dopravníku. Celým tělem rentgenu prochází dopravníkový pás, který se pohybuje rychlostí 0,2 mm/s a je opatřen možností zpětného chodu.

K hlavnímu počítači jsou kabelem připojeny monitory, které jsou umístěny na operátorském pracovišti. Jedná se o LCD monitory s úhlopříčkou 19" ve full HD rozlišení, které obsluhu zaručují nejvyšší možný komfort a nejlepší podmínky pro diagnostiku nebezpečí. Monitory jsou umístěny na výsuvné noze operátorského pracoviště. Kvůli zvýšení komfortu se monitory v drážkách mohou pohybovat o 20 cm. Stojan stanoviště se vysouvá tak, aby bylo možné u pultíku stát i sedět. Tento posun je realizován pomocí elektromotoru o rozměrech 100×80×60 mm, který je umístěn ve spodní části podvozku. Kabeláž elektromotoru a monitorů vedoucí k rentgenu je schována uvnitř krytování, takže nepůsobí žádná bezpečnostní rizika ani uživatelský diskomfort.

6.2 Ergonomické řešení

Z ergonomického hlediska je především v rámci tvarového řešení velmi důležitý pásový dopravník. U stávajících produktů je dopravník umístěn ve výšce 800-850 mm, a jeho délka přesahuje rozměry rentgenu na každé straně o cca 400 mm. U navrženého řešení je výška dopravníku 830 mm, jelikož se jedná o pohodlnou výšku pro položení zavazadla na pás a případnou další manipulaci s ním. Tato výška operátorovi umožňuje pracovat v předpažení do 60°, což je z hlediska ergonomie v pořádku. [19]



obr. 6-6 Úhel předpažení při práci

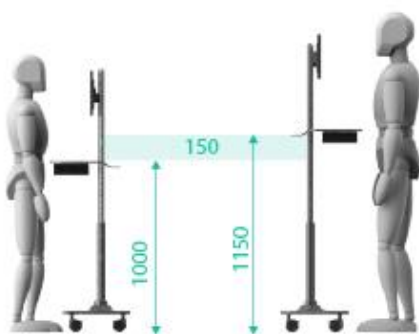
Při umístění rentgenu do provozu se u běžných produktů přidává ještě jeden dopravník, protože zejména při větším vytížení pracoviště je délka základního dopravníku nedostatečná. U navrženého produktu je proto dopravník na každé straně prodloužen o 200 mm, a dosahuje délky shodné s maximálním povoleným rozměrem zavazadla rentgenem snímaného tak, aby bylo možné zavazadlo na dopravník položit celou plochou a aby tedy mohl fungovat i bez přídatné dráhy.

Nejdůležitější součástí rentgenu z ergonomického hlediska je operátorské pracoviště. Od začátku bylo pracoviště vymyšleno tak, aby bylo vhodné u něho pracovat vsedě i ve stoje. Pro osobu vysokou 165 cm je vhodná výška desky stolu 65 cm a horní hrana monitoru ve výšce 115 cm vsedě, ve stoje je to výška 100 cm a 155 cm. Pro osobu vysokou 195 cm je vhodné při sezení mít stůl ve výšce 75 cm a horní hranu monitoru ve výšce 137 cm, ve stoje je výška pultu 120 cm a monitoru 185 cm. [20]

Z toho vyplývá, že se liší ergonomická vzdálenost monitoru a stolu nejen pro osoby různě vysoké, ale také je rozdíl mezi polohou ve stoje a v sedě u jedné osoby (až o 5 cm). Navržené pracoviště má tedy výsuvný stojan, díky kterému lze posunout s celou výškou pracoviště, ale je opatřen také posuvnými monitory, díky kterým se rozdíl snadno vyrovná.



obr. 6-7 Ergonomie sezení



obr. 6-8 Ergonomie při práci ve stoje

V návrhu se vyskytuje ještě několik detailů, které z hlediska ergonomie hrají roli. Krytování rentgenu na obou bočních stranách je potřeba při servisování zařízení sundat, a jelikož se jedná o relativně velké díly, jsou opatřeny malými madly pro usnadnění manipulaci servisního pracovníka. Jejich rozměry jsou 150×40 mm s největší hloubkou 40 mm.



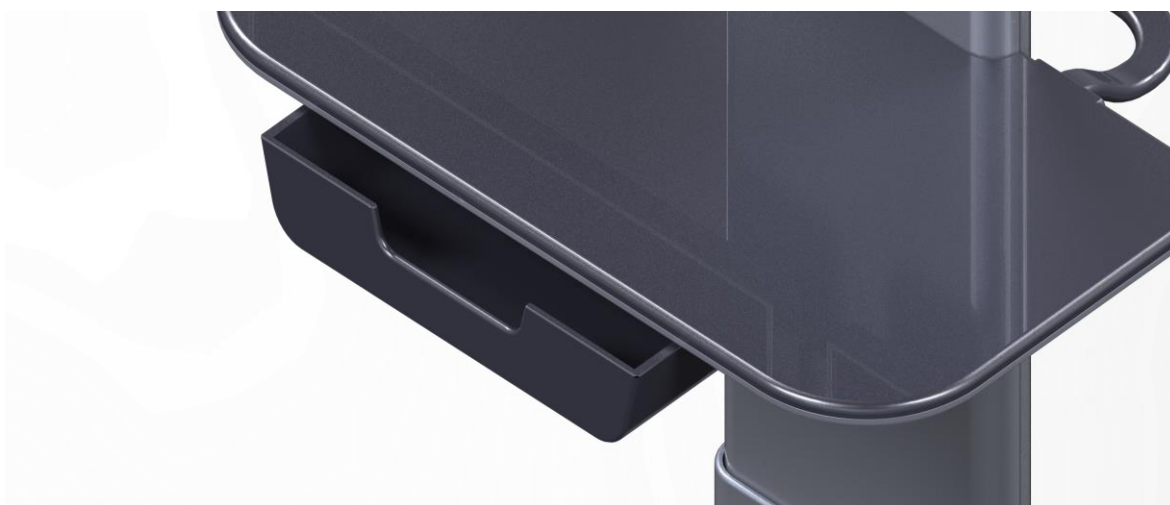
obr. 6-9 Detail madel na krytování

Další velmi důležitým prvkem je madlo na operátorském stanovišti. Za to se obluha drží, pokud chce pracoviště někam převézt. Madlo je určeno pro obě ruce, jeho délka je 300 mm a hloubka je 120 mm, což poskytuje dostatek prostoru pro mužské i ženské ruce.



obr. 6-10 Detail madla

Posledním prvkem, kterému je třeba věnovat pozornost, je malý úložný prostor pod pultíkem, který je realizován formou přihrádky. Ta je určena pouze pro drobné předměty, operátor na pracovišti u sebe při práci nic rozměrného nemá. Přihrádka se otevírá uchopením za vybrání v přední části. Toto vybrání má celkem drobné rozměry, 110×25mm, ale vzhledem k tomu, že v přihrádce budou jen drobnosti, nepředstavuje to žádný problém.



obr. 6-11 Detail přihrádky

7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

7.1 Barevné provedení

Bezpečnostní rentgen je průmyslové zařízení, a tento fakt je třeba brát v úvahu při navrhování jeho barevného provedení. Je třeba volit citlivě, aby návrh neztratil průmyslový charakter. Na druhou stranu je důležité si uvědomit, že se může vyskytovat v různých typech prostředí, od skladů až po mezinárodní letiště, a jeho provedení tomu musí odpovídat, v každém prostředí musí působit adekvátně a nesmí poutat přílišnou pozornost.

Současné výrobky na trhu jsou zpracovány velmi často nevhodně, leckdy působí barevné kombinace příliš agresivně a celkovému tvaru přidávají na objemnosti. Dalším častým problémem je barevné zpracování sice vhodné, ale příliš konstrukční či působící neaktuálně a zastarale.



obr. 7-1 Barevné provedení

Základní barevné provedení kombinuje dva odstíny metalické šedé (jedná se o RAL9023 a RAL 9006) a světelná signalizace je zvolena v barvě tyrkysové.

Metallické barvy na prytování byly zvoleny z toho důvodu, že napomáhají zachovat průmyslový výraz přístroje. Modrá signalizace byla vybrána proto, že působí uklidňujícím dojmem a přístroj bude působit bezpečně a důvěryhodně. Dalším důvodem pro výběr modré barvy byl ten, že pokud se signalizace změní na nebezpečí, tedy na červené světlo, je nutné, aby se zvolená barva od červené co nejvíc lišila.

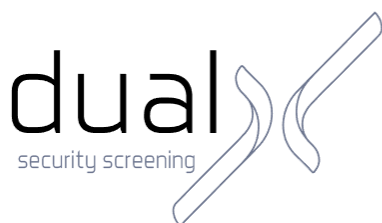
Barevní varianty jsou odlišné jen v oblasti barevnosti postranní signalizace, barevnost produktu zůstává stejná.



obr. 7-2 Barevné varianty

7.2 Název a logo

Název přístroje dualX vznikl spojením dvou anglických termínů „dual-view“ a „x ray“, která produkt ve stručnosti vystihují. V logu se kromě názvu vyskytuje ještě logotyp tvořený symbolem pro x. Jedná se o dva identické zrcadlově otočené tvary, které odkazují na hlavní tvarový prvek užitý při designování přístroje, tedy o charakteristické zaoblení.



obr. 7-3 Obrázek loga

Zároveň svým natočením naznačují princip navržení přístroje, tedy otočení o 90°. Celé logo je ještě doplněno o heslo „Security Screening“, které má vysvětlující charakter – při zmínce o rentgenu si většina lidí vybaví rentgeny medicínské. Logo je navrženo tak, aby logotyp mohl na menších aplikacích stát i samostatně.

Na přístroji je logo umístěno tak, aby bylo patrné a uživatel si jej všiml, ale nebyla snaha z něho udělat grafickou dominantu celého návrhu. Na rentgenu je umístěno hned několikrát, na operátorském pracovišti i na rentgenovém přístroji. Na pracovišti je zvoleno umístění relativně nenápadné, jelikož operátor chce být při práci co nejméně rušen a nežádoucí vizuální prvky by tk mohly působit.



obr. 7-4 Detail umístění loga na rentgenu

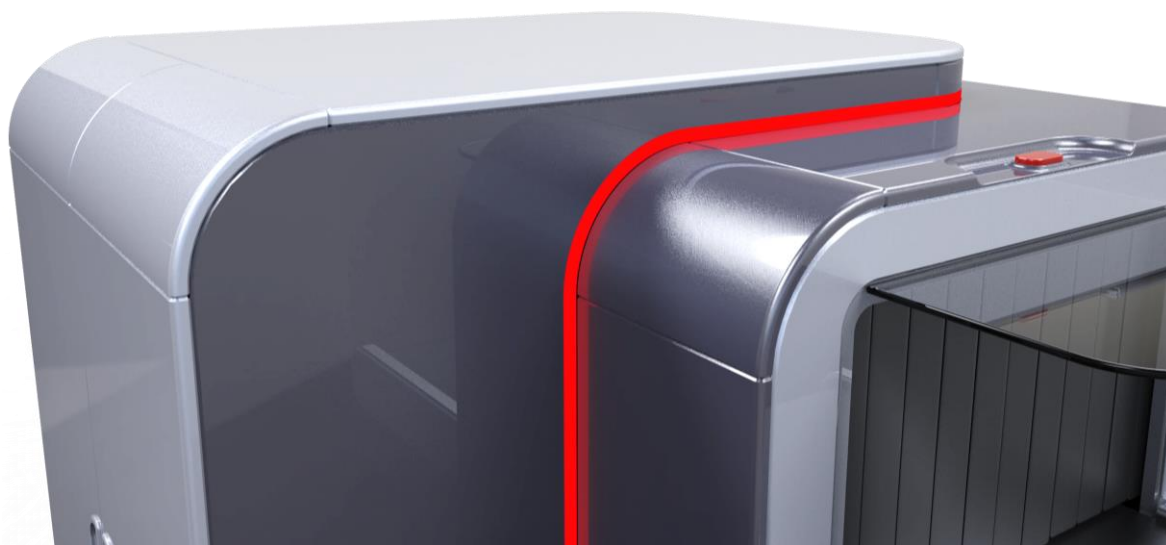


obr. 7-5 Detail umístění loga na stojanu

7.3 Sdělovače

Zařízení nemají obvykle výrazné grafické prvky, jelikož jich není příliš zapotřebí. Jediným ovladačem na hlavní části rentgenu je stop tlačítko, které je zvoleno v červené barvě, aby dostatečně upoutalo pozornost. Červená je barva dostatečně výrazná, navíc je zpravidla užívána pro signalizaci krizových situací a nebezpečí, takže stisknutí tlačítka v případě problému bude intuitivní.

Jediné sdělovače na přístroji jsou voleny ve formě světelné signalizace. U současných produktů jsou řešeny jako kontrolky a majáčky v různých barách. Ty indikují fungování rentgenu, probíhající snímání a nebezpečí, a jsou barevně odlišeny. Navržený produkt tyto sdělovače sjednocuje v jednom pásu LED světél podélně bočního objemu. Pokud je rentgen v provozu, pásek svítí neutrální barvou, při probíhající snímání začne pulzovat a při nebezpečí se jeho barva změní na červenou. Toto řešení je velmi návodné a pro uživatele srozumitelné, narozdíl od původního systému.



obr. 7-6 Příklad signalizace nebezpečí

8 DISKUZE

Pásový rentgen je zařízení, které má v průmyslu svoje nezpochybnitelné místo, ačkoli má svojí relativně úzkou (leč velice stabilní) základnu zákazníků. V této kapitole dostává prostor zhodnocení uživatelských aspektů, které při navrhování nového produktu hrály roli, případně na ně koncepce finálního produktu reaguje. V neposlední řadě je zde provedeno zhodnocení dopadu, který výsledný návrh na uživatele bude mít.

8.1 Psychologická funkce

Většina výrobců v dnešní době pojímá svoje produkty pouze jako konstrukční objekty či průmyslové stroje, zatímco jakékoli přidané funkce opomíjí. Jednou z těchto funkcí je bezesporu i funkce psychologická. Ta hraje velkou roli už jenom z toho důvodu, že podrobování se jakékoli kontrole je pro člověka obvykle nepříjemnou záležitostí. Je ale důležité, aby osoba byla co nejméně nervózní, uklidnila se, a spolupracovala s pracovníky. Díky mezinárodnímu prostředí, kde se zařízení často vyskytuje (letišť, úřední budovy aj.), je dost možná jazyková bariéra mezi kontrolovanými a obsluhou, navíc na exponovaných místech není pro podrobné vysvětlování a rozsáhlou komunikaci prostor. Přístroj byl navržen tak, aby na uživatele působil přívětivě a srozumitelně. Jeho tvarosloví je geometrické a velmi jednoduché se záměrem nevyvolávat v uživateli zbytečnou nedůvěru či obavy, které by mohly mít negativní vliv na interakci se zařízením či obsluhou. S tímto faktem také souvisí zjednodušení a zpřehlednění sdělovaců, ke kterému během návrhového procesu došlo.

Na druhou stranu je rentgen velice přesné zařízení, které může vlivem špatného zacházení být velice nebezpečné. Z toho důvodu si musí zachovat výraz průmyslového zařízení, a budit dojem jistoty a serióznosti. Návrh je z toho důvodu tvarován za použití co nejmenšího možného množství tvarových prostředků, přehnaná dekorativnost či vizuální atraktivita nebyla žádoucí.

8.2 Sociální funkce

Velice zajímavým poznatkem, který byl během zpracování tématu učiněn, byla všeobecná neznalost zařízení. Ačkoli s přístrojem většina lidí přišla do styku několikrát, obvykle mu nevěnovala zvláštní pozornost. Také obecné znalosti o bezpečnostním nímání předmětů jsou mezi veřejností relativně malé. Pravděpodobně je to částečně zapříčiněno tím, že se uživatelé obvykle soustředí na množství jiných vjemů, které je během prohlídky obklopují. Dále hraje roli i to, že rentgeny mají za cíl v prostředí působit nenápadně a nerušivě. Jedná se o bezpečnostní zařízení, které není primárně určeno k poutání pozornosti a výrazné vizuální výlučnosti. I z toho důvodu bylo nutné zařízení navrhnout co nejjednodušší s intuitivním ovládáním a eliminovat případné nepříjemné pocity, které prohlídky v uživatelích zpravidla vyvolávají.

Situace ze stran odborné veřejnosti se značně liší. Přístroje jsou velmi dobře známé, jelikož se jejich používání datuje do 2. poloviny 20. století. Uživatelé této kategorie mají velmi dobrý přehled o jednotlivých technických parametrech a příslušných vyhláškách, které pro dané typy přístrojů platí. V těchto kruzích jsou rentgeny vnímány velice kladně, protože představují efektivní způsob eliminace bezpečnostních hrozeb. Negativem je fakt, že odborníci se orientují v celkové situaci na trhu a mají velký přehled v konkurenčních produktech i společnostech. Z toho důvodu byl rentgen navržen s technickými inovacemi a vylepšeními, aby měl na trhu co nejvýhodnější pozici.

8.3 Ekonomická funkce

8.3.1 Podnikatelská strategie

Jako model pro podnikatelskou strategii produktu byla vybrána firma Smiths Detection zejména z důvodu rozsáhlých zkušeností a také celkové vysoké urovni produktového portfolia v rámci konkurenčních výrobců. Fspolečnost na trhu figuruje od 50. let minulého století a za tuto dobu sihlavýbudovat širokou síť distributorů takřka po celém světě.

Jelikož bezpečnostní rentgeny jsou úzkým výrobním segmentem, firma Smiths Detection se prozřetelně zaměřuje na několik tržních sektorů – nabízí řešení v oblasti letectví, lodní dopravy, obrany a veřejného prostoru. Samozřejmě s tím souvisí i poměrně rozsáhlá nabídka produktů a průmyslových řešení, vždy s velkou mírou možnosti customizace. [5]

Smiths Detection nabízí přístroje finančně velmi nákladné se životností řádově v desítkách let, a vhodně se proto zaměřuje na další uživatelské služby a servis. Díky široké síti distribučních center, která jsou téměř po celém světě, může nabídnout výbornou podporu a non-stop zákaznickou péči. Kromě pomoci při komplikacích má uživatel možnost využít i různé typy ztrénování či systém školení na různých úrovních práce se zařízeními.

Sama společnost chápe důležitost oblasti svého podnikání a neustále se zvyšujících nároků na bezpečnost, proto svoje pracovníky vede k prohlubování znalostí a podporuje jejich účast na mezinárodních konferencích a seminářích. Dále firma neustále rozvíjí a posouvá produktové portfolio tak, aby zvýšila konkurenceschopnost svých výrobků, a aktivně navazuje partnerství s dalšími společnostmi, mezi které patří například i Microsoft či Hitachi. [5]

8.3.2 Tržní příležitosti

Při zhodnocování trhu je třeba brát v úvahu potenciál dvoupohledového rentgenu jako takového. Rentgeny obecně patří mezi přístroje velice nákladné, cena dvoupohledového zařízení střední velikosti se pohybuje běžně až okolo 1,5 milionu Kč. Na trhu se vyskytují běžně také rentgeny jednopohledové (tedy s jednou rentgenovou lampou), a jejich cena je oproti dvoupohledovým ve stejné kategorii zhruba poloviční. Navíc, výhoda dvoupohledového rentgeu spočívá hlavně v tom, že dokáže snímat zavazadlo i ze strany a nabídne tedy boční pohled jeho obsahu. K tomuto účelu lze ovšem využít i přístroj jednopohledový jednoduše přetočením skenovaného předmětu na bok a opakovaným nasnímáním. Samozřejmě v tomto případě bude daleko větší časová investice pro kontrolu každého objektu, a je tedy na zvážení provozovatele, která varianta je pro jeho potřeby vhodnější – pokud není omezen přímo danou směrnicí či závaznou normou.

Cílem navrženého produktu je tedy mířit na místa, kde dvoupohledový rentgen má svoje opodstatnění a kde je minimalizace časových investic každé kontroly žádoucí, ba přímo nutná. Takovými místy jsou obecně exponované prostory s vysokou koncentrací a fluktuací lidí a vysokou vytižeností zařízení. Obsluha často musí u rentgenu stát a provádět snímání nepřetržitě, dokud není vystřídána jiným pracovníkem. Tento fakt hrál velkou roli jak při navrhování samotného přístroje, tak (a to především) při navrhování operátorského pracoviště. To je koncipováno tak, aby bylo co nejvíce přizpůsobitelné pracovníkovi, umožňovalo mu co nejpohodlnější práci a manipulaci. Jsou tu integrována i jistá technická vylepšení, která nebývají běžná u konkurenčních výrobků.

Díky inovacím, které produkt nabízí, se logicky zvyšují jeho pořizovací náklady, takže v rámci celého segmentu bude patřit mezi dražší. Všechny faktory, které jeho cenu zvyšují, mají v konstrukci svoje opodstatnění a jejich přímý vliv na uživatele je natolik určující, že produkt najde svoje místo na trhu.

8.3.3 Marketingová strategie

Zákaznická základna pro bezpečnostní prostředky je relativně specifická a velmi úzce vyprofilovaná, dostat nový produkt do jejího širšího povědomí je poněkud odlišným úkolem než by tomu bylo u jakéhokoli běžně využívaného produktu. V této situaci je vhodné přístroj představovat na specializovaných veletrzích a konferencích, případně seminářích. Z důvodu uzavřenosti zákaznické základny se téměř vylučuje představení seriózního produktu v cenové kategorii, v jaké je navržený přístroj, pod zcela novou a neověřenou značkou. Jako vhodnější řešení se jeví přístroj realizovat jako součást značky již zavedené, která dosáhla prokazatelných výsledků v tomto tržním segmentu. Výhodou takového výrobce je nepochybně také rozsáhlá síť distributorů a servisních center, které jsou pro zákazníka snadno dosažitelné. Uvedení produktu pod značkou zcela novou by bylo smysluplně realizovatelné pouze v případě prokazatelného partnerství se zavedenými značkami (například v oblasti vývoje softwaru atd), což by mohlo fungovat jako jistá záruka kvality a serióznosti produktu.

9 ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývá návrhem dvoupohledového bezpečnostního rentgenu střední kategorie, tedy s rozměry vstupního tunelu 620×420 mm.

Po krátkém představení tématu a jeho historickém vývoji a použití se práce věnuje řešením současného stavu trhu v této oblasti. Po provedení designérské analýzy bylo patrné, že je dnes na trhu poměrně omezený výběr jednotlivých produktů od konkrétních, již zavedených společností. Jednotlivá zařízení designovou stránkou příliš nevynikají, drtivá většina z nich je řešena poměrně účelově bez přidaných estetických kvalit. Bohužel se tato řešení, kromě estetické oblasti, zpravidla ukazují jako nedostatečná zejména v ergonomických nárocích na práci s přístroji. Největší slabiny ergonomie jsou patrné u operátorských stanovišť, kde obvykle chybí možnost adjustace a přizpůsobení individuálním nárokům obsluhy. Z technické analýzy produktu vyplynulo, že rentgeny jsou poměrně striktně rozděleny a jsou na kladeny nemalé nároky v oblasti bezpečnosti a technického řešení. Ukázalo se také, že konstrukční stránka produktu je pevně dána a do veliké míry tak tvarové řešení nového produktu bude omezovat.

Cílem práce bylo navržení zařízení střední kategorie s odděleným operátorským pracovištěm, které se pro práci ukázalo jako nejvhodnější. Pevně dané vnitřní uspořádání rentgenu a jeho konstrukce možnosti tvarového řešení hlavní části přístroje značně limitovaly, proto bylo záměrem navrhnout esteticky propracované řešení přístroje s použitím co nejmenšího množství tvarových prostředků a k němu potom ladící pracoviště pro obsluhu. To vše samozřejmě za předpokladu zachování nároků na funkčnost a realizovatelnost návrhu.

Z množství různých tvarových variant byly nakonec definovány tři stěžejní, které reprezentují odlišné přístupy k řešení tématu. První návrh reprezentuje konzervativní pojetí, které se současné produkci vymyká jen mírně. Druhá varianta se výrazně liší a pracuje s tvarováním přístroje jako s dvěma rovnocennými objemy, namísto jednoho dominantního tvaru s přidaným výstupkem. Poslední studie designu je navržena opět klasicky ve formě hlavního objemu s bočním výběžkem, celý tvar je sjednocen pomocí sražení hran horní plochy.

Finální design přístroje vychází ze druhé varianty hlavně z důvodu její tvarové inovativnosti. K hlavnímu přístroji bylo navrženo operátorské stanoviště, které využívá stejných tvarových prostředků tak, aby bylo s hlavní částí produktu jasně vizuálně provázané. Dominantními prvky vybrané varianty jsou technická vylepšení v podobě zjednodušení a zpřehlednění sdělovčů a zlepšení ergonomie produktu. Tato vylepšení přinášejí benefity v podobě zlepšení práce obsluhy zařízení a jeho většího pohodlí.

Výsledkem diplomové práce je představení řešení dvoupohledového rentgenu, které se svým technickým i estetickým řešením vymyká současné produkci. Je zaměřeno na provozy s velkou fluktuací lidí a tedy i velkými nároky na provádění kontrol zavazadel a balíčků. Estetické i technické řešení návrhu je voleno tak, aby bylo v souladu se všemi požadavky, které se v takovém prostředí očekávají, a které současná produkce do značné míry opomíjí.

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *Rentgenové záření*. [Online] 2004. [Citace: 01. 05 2018.] <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/rtg/fyzika.htm>.
- [2] Bureš, Jiří. Converter. [Online] 2002. [Citace: 01. 05 2018.] <http://www.converter.cz/fyzici/rontgen.htm>.
- [3] WETTER, Arne. A brief history of x-rays. Endeavour [Online]. 13.01.2003, 26(4), 137-141 [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160932702014655>
- [4] WETTER, Olive Emile. Imaging in airport security: Past, present, future, and the link to forensic and clinical radiology. Journal of Forensic Radiology and Imaging [Online]. 2013, 10.10.2013, 1(4), 152-160 [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212478013000944>
- [5] *Smiths Detection*. [Online] 2018. [Citace: 01. 05 2018.] <https://www.smithsdetection.com>.
- [6] *Rapiscan*. [Online] 2018. [Citace: 01. 05 2018.] www.rapiscansystems.com.
- [7] *Astrophysics Inc.* [Online] 2018. [Citace: 01. 05 2018.] <http://www.astrophysicsinc.com>.
- [8] *China Chamber for Import and Export of Machinery and Electronic Products* [Online]. [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <http://www.cccme.org.cn>
- [9] *VMI Security*. [Online] 2018. [Citace: 01. 05 2018.] www.vmisecurity.com.
- [10] *Autoclear*. [Online] 2018. [Citace: 01. 05 2018.] <http://autoclear.com>.
- [11] *Suzhou Aoteng Electron Technology Co., Ltd.* [Online]. [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <http://www.chinesedetector.com>
- [12] *Lucie Sůkupová: Rentgenka – její stavba a funkce* [Online]. [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/rentgenka-a-produkce-rentgenoveho-zareni/>
- [13] TUREČEK, Jaroslav. *Technické prostředky bezpečnostních služeb II: detektory pro bezpečnostní prohlídku osob, zavazadel a zásilek*. Praha: Policejní akademie České republiky, 1998. ISBN 80-859-8181-5.
- [14] TUREČEK, Jaroslav. *Policejní technika*. Praha: Vydavatelství PA ČR, 2003. ISBN 80-725-1115-7.
- [15] *Westminster International Ltd.: X-Ray Baggage Scanner Features* [Online]. 2016 [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <https://www.wi-ltd.com/x-ray-baggage-scanner-features/>
- [16] *Aventura Security Scanners: X- Ray Baggage Scanner* [Online]. [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <https://aventurascanners.com/x-ray-baggage-scanner/baggage-scanner-xr-0500d/>

- [17] *Dongguan V Finder Electronic Technology Co., Ltd.* [Online]. [cit. 2018-12-20]. Dostupné z: <https://vfinder.en.made-in-china.com/product/vSlxAUsOLchX/China-Security-X-ray-Baggage-Checking-Machine.html>
- [18] *OČVeD s.r.o. – Velkoobchod a maloobchod hadicových spon* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.a20.cz>
- [19] Nařízení vlády 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. In: Sbírka zákonů. 28. 12. 2008.
- [20] NIS: Nábytkářský informační systém [online]. 2013 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://www.n-i-s.cz>

11 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

obr. 2-1 Obrázek rentgenu HI-SCAN 6040-2is HR [5]	15
obr. 2-2 Obrázek rentgenu 620DV [6].....	16
obr. 2-3 Obrázek rentgenu XIS-6545DV [7]	17
obr. 2-4 Obrázek rentgenu 6545VI [7]	18
obr. 2-5 Obrázek rentgenu CX6040BI [8]	19
obr. 2-6 Obrázek rentgenu Spectrum [9]	19
obr. 2-7 Obrázek rentgenu DV6040 od firmy Autoclear [10].....	20
obr. 2-8 Obrázek rentgenu AT 6550 [11].....	22
obr. 2-9 Vlastní fotodokumentace.....	22
obr. 2-10 Obrázek zavazadla za využití principu dual-energy [15]	25
obr. 2-11 Rozměry referenčního produktu firmy Smiths Detection [5].....	27
obr. 2-12 Schéma jednopohledového pásového rentgenu	27
obr. 2-13 Vnitřní schéma bezpečnostního rentgenu [17].....	29
obr. 4-1 Image board pro navrhování bezpečnostního rentgenu.....	33
obr. 4-2 Počáteční skici	34
obr. 4-3 Varianta I – koncepce	35
obr. 4-4 Varianta I – ergonomický pohled	35
obr. 4-5 Varianta II – koncepce	36
obr. 4-6 Varianta II – ergonomický pohled	37
obr. 4-7 Varianta III – koncepce.....	38
obr. 4-8 Varianta III	38
obr. 5-1 Kompozice – horní pohled	39
obr. 5-2 Kompozice – přední pohled	40
obr. 5-3 Boční kompozice.....	40
obr. 5-4 Kompozice – kryt	41
obr. 5-5 Tvar rentgenu	42
obr. 5-6 Detail tunelu	42
obr. 5-7 Detail tlačítka nouzového vypnutí	43

obr. 5-8 Detail ventilace	43
obr. 5-9 Kompozice pracoviště – pohled shora	44
obr. 5-10 Operátorský pultík.....	44
obr. 5-11 Porovnání tlačítka a podvozku	45
obr. 5-12 Detail madla	45
obr. 6-1 Rzměry stavnovistě	46
obr. 6-2 Rozměry přístroje.....	46
obr. 6-3 Příklad standarní strojní nožičky [18]	47
obr. 6-4 Detail kolečka stojanu	47
obr. 6-5 Vnitřní schéma přístroje.....	48
obr. 6-6 Úhel předpažení při práci	49
obr. 6-7 Ergonomie sezení.....	50
obr. 6-8 Ergonomie při práci ve stoje.....	50
obr. 6-9 Detail madel na krytování	50
obr. 6-10 Detail madla	51
obr. 6-11 Detail přihrádky	51
obr. 7-1 Barevné provedení	52
obr. 7-2 Barevné barianty	53
obr. 7-3 Obrázek loga	53
obr. 7-4 Detail umístění loga na rentgenu	54
obr. 7-5 Detail umístění loga na stojanu	54
obr. 7-6 Příklad signalizace nebezpečí	55

12 SEZNAM PŘÍLOH

Náhled na předběžný sumarizační poster (A4)
Náhled na předběžný ergonomický poster (A4)
Náhled na předběžný technický poster (A4)
Náhled na předběžný designérský poster (A4)
Fotografie rozpracovaného modelu (A4)
Sumarizační poster (A1)
Designérský poster (A1)
Technický poster (A1)
Ergonomický poster (A1)
Model v měřítku 1:5
Portfolio

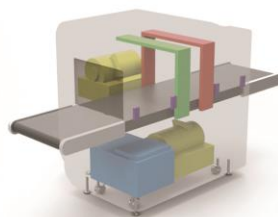
NÁHLED SUMARIZAČNÍHO POSTERU

DESIGN DVOUPOHLEDOVÉHO BEZPEČ- NOSTNÍHO RENTGENU

SUMARIZČNÍ PLAKÁT



- Rentgenová trubice
- Detekční linie tvaru U



- Detekční linie tvaru L
- Fotosenzory
- Rozvaděč

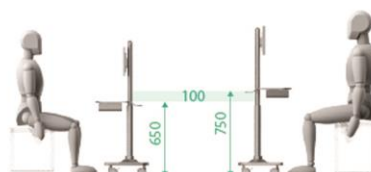
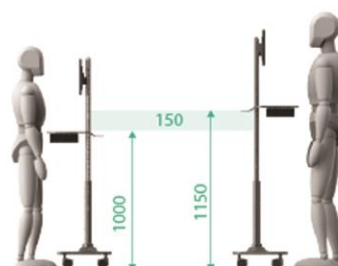


DESIGN RENGENU/ DIPLOMOVÁ PRÁCE / Bc. Zuzana Anna Dudková / Vedoucí: Ing. DANA RUBÍNOVÁ Ph.D./ VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / červen 2019

NÁHLED ERGONOMICKÉHO POSTERU

DESIGN DVOUPOHLEDOVÉHO BEZPEČNOSTNÍHO RENTGENU

ERGONOMICKÝ PLAKÁT



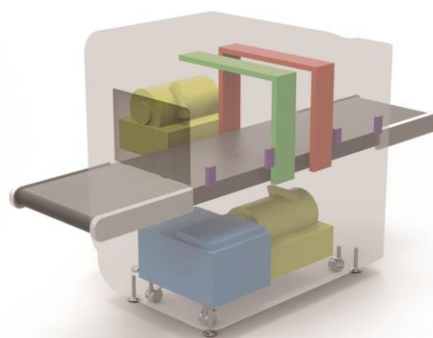
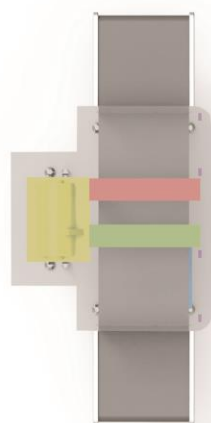
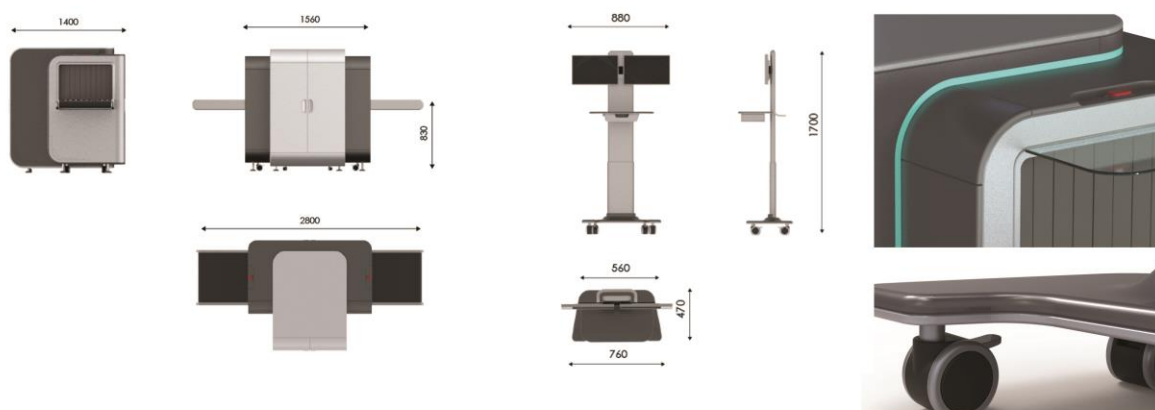
DESIGN RENGENU/ DIPLOMOVÁ PRÁCE / Bc. Zuzana Anna Dudková / Vedoucí: Ing. DANA RUBÍNOVÁ Ph.D./ VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / červen 2019

NÁHLED TECHNICKÉHO POSTERU

DESIGN DVOUPOHLEDOVÉHO BEZPEČNOSTNÍHO RENTGENU

TECHNICKÝ PLAKÁT

dual
security screening



- Rentgenová trubice
- Detekční linie tvaru U

- Detekční linie tvaru L
- Fotosenzory

- Rozvaděč

T VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA
TECHNICKÉ STROJNÍHO
V BRNĚ INŽENÝRSTVÍ

K ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

X odbor
průmyslového
designu

DESIGN RENGENU/ DIPLOMOVÁ PRÁCE / Bc. Zuzana Anna Dudková / Vedoucí: Ing. DANA RUBÍNOVÁ Ph.D./ VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / červen 2019

NÁHLED DESIGNÉRSKÉHO POSTERU

DESIGN DVOUPOHLEDOVÉHO BEZPEČ- NOSTNÍHO RENTGENU

DESIGNERSKÝ PLAKÁT



DESIGN RENTGENU/ DIPLOMOVÁ PRÁCE / Bc. Zuzana Anna Dudková / Vedoucí: Ing. DANA RUBÍNOVÁ Ph.D./ VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / červen 2019