



Diplomová práce

Medicínské zařízení

Medical device

Autor: **BcA. Martina Valterová**

Studijní program: (N212) Design
Studijní obor: Design

Vedoucí: MgA. Martin Tvarůžek

Praha, červen 2023

© BcA. Martina Valterová

České vysoké učení technické v Praze, 2023

Klíčová slova: *medicínské zařízení, mamograf, mamografie, mamografické vyšetření prsu, screening, pacient, vyšetření, komfort*

Key words: *medical device, mammogram, mammography, mammographic breast examination, screening, patient, examination, comfort*

Zadání

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta architektury

2/ ZADÁNÍ diplomové práce

Mgr. program navazující

jméno a příjmení: BcA. Martina Valterová

datum narození: 29.4.1999

akademický rok / semestr: 2022/2023 LS

obor: Design

ústav: 15150 Ústav designu

vedoucí diplomové práce: MgA. Martin Tvarůžek

téma diplomové práce: Medicínské zařízení

viz přihláška na DP

zadání diplomové práce:

1/ popis zadání projektu a očekávaného cíle řešení

Návrh mamografického přístroje pro diagnostiku rakoviny prsu. Design se zaměřením na komfort pacientek a celkový příjemnější pocit z vyšetření. Výsledný návrh by měl podtrhovat celkový vzhled a stabilitu přístroje, přívětivé uživatelské rozhraní, snadnou obsluhu a pohodlí pacientek.

2/

Pro AU/ součástí zadání bude jasně a konkrétně specifikovaný stavební program

Pro D/ součástí zadání budou jasně a konkrétně specifikované jednotlivé fáze projektu, které jsou nezbytnou součástí řešení

Analytická část, formulace vize, návrhový proces a prototypování, vizualizace + model

3/ popis závěrečného výsledku, výstupy a měřítka zpracování

Výstupem bude 2 x tištěná kniha, plakát ve stanovené velikosti, model v měřítku (měřítko bude specifikováno během vývoje), portfolio v libovolném formátu, CD s elektronickými daty DP.

4/ seznam dalších dohodnutých částí projektu (model)

Datum a podpis studenta 29.1.2023 Valterová

Datum a podpis vedoucího DP

Datum a podpis děkana FA ČVUT

registrováno studijním oddělením dne

1.9.2023

LO

Prohlášení autora

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA ARCHITEKTURY	
AUTOR, DIPLOMANT: BcA. Martina Valterová AR 2022/2023, LS	
NÁZEV DIPLOMOVÉ PRÁCE: (Č.) MEDICÍNSKÉ ZAŘÍZENÍ (A.) MEDICAL DEVICE	
JAZYK PRÁCE: český	
Vedoucí práce:	MgA. Martin Tvarůžek Ústav: Design
Oponent práce:	Eva Blažková
Klíčová slova (česká):	medicínské zařízení, mamograf, mamografie, mamografické vyšetření prsu, mammacentrum, screening, pacient, vyšetření, komfort
Anotace (česká):	Tato diplomová práce se zabývá návrhem mamografického přístroje pro rentgenové vyšetření prsní tkáně a jejího okolí. Práce zkoumá komfort a diskomfort pacientek v průběhu vyšetření a jejím cílem je odhalit možná řešení, která by zbavila pacientky strachu z vyšetření. Předmětem zkoumání je též obsluha přístroje ze strany radiologické asistentky a důraz na snadnou obslužnost.
Anotace (anglická):	This diploma thesies deals with the desig of a mammographic device for X-ray examination of breast tissue and its surroundings. The tesies investigates the comfort and discomfort of patients during the examination. The aim od this thesies is to reveal possible solutions that would relieve patients from the fear of the examination. The operation of the machine by the radiology assistant and the emphasis on ease of use are also examined.

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou prací vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s „Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

V Praze dne 26. května 2023

podpis autora-diplomanta



Tento dokument je nedílnou a povinnou součástí diplomové práce / portfolia a CD.

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce MgA. Martinu Tvarůžkovi a asistentovi Ing. Tomášovi Blahovi za odborné vedení konzultací, cenné rady, za dohled nad mou prací a její vedení správným směrem.

Dále bych ráda poděkovala ředitelce mamografických center Skupiny MEDICON MUDr. Regině Šírové a paní primářce MUDr. Aleně Bílkové, Ph.D., které mi umožnily prohlídku Mammacentra Budějovická. Ze srdce děkuji vedoucí radiologické asistentce Evě Blažkové za její ochotu ukázat mi a vysvětlit celý chod mammacentra, používání a funkce mamografického přístroje.

V neposlední řadě děkuji své rodině a přátelům za podporu, za pomoc při prototypování a při výrobě modelu. Bez ani jedné z výše zmíněných osob, jejich podpory a pomoci by diplomová práce nemohla vzniknout.

Anotace (CZ)

Tato diplomová práce se zabývá návrhem mamografického přístroje pro rentgenové vyšetření prsní tkáně a jejího okolí. Práce zkoumá komfort a diskomfort pacientek v průběhu vyšetření a jejím cílem je odhalit možná řešení, která by zbavila pacientky strachu z vyšetření. Předmětem zkoumání je též obsluha přístroje ze strany radiologické asistentky a důraz na snadnou obslužnost.

Annotation (EN)

This diploma thesies deals with the desig of a mammographic device for X-ray examination of breast tissue and its surroundings. The tesies investigates the comfort and discomfort of patients during the examination. The aim od this thesies is to reveal possible solutions that would relieve patients from the fear of the examination. The operation of the machine by the radiology assistant and the emphasis on ease of use are also examined.

Obsah

Zadání.....	4
Prohlášení autora.....	5
Poděkování.....	6
Anotace (CZ).....	7
Annotation (EN)	7
1. Úvod – motivace	10
1.1 Hlavní otázky a cíle projektu.....	10
1.2 Metodika práce a harmonogram.....	10
1.3 Osobní přístup k dané problematice a vlastní motivace.....	12
1.4 Základní pojmy v oblasti mamografie	12
2. Analytická část	14
2.1 Mamografie.....	14
2.2 Historie mamografie	16
2.3 Práce v terénu.....	18
2.4 Průběh vyšetření.....	24
2.4.1 Z pohledu pacientky.....	26
2.4.2 Z pohledu radiologické asistentky.....	26
2.5 I muži chodí na mamograf.....	27
2.6 Přístroje na trhu a jejich výrobci.....	27
2.7 Hlavní části a funkce přístroje	32
2.7.1 Kompresní zařízení.....	33
2.7.2 Madla.....	34
2.7.3 Obličejový štít.....	35
2.7.4 Ovládací prvky	35
2.7.5 Ovládací stanice	38
2.7.6 Funkce	38
2.8 Technické parametry	39
2.8.1 Požadavky a specifikace.....	39
2.8.2 Rozměry.....	40
2.8.3 Vnitřní komponenty	40
2.9 Veřejný průzkum.....	41
3. Výstup analýzy a formulace vize	44
3.1 Poznatky z rešerše	44
3.2 Požadované funkce a vlastnosti přístroje.....	44
3.3 Cílová skupina.....	46
3.4 Cílové prostředí.....	46
3.5 Formulace vize.....	47

4. Proces navrhování	48
4.1 Fyzický model.....	49
4.1.1 První fáze testování – pohyb kolem přístroje a dosah.....	49
4.1.2 Druhá fáze – trajektorie pohybu pedálů.....	53
4.1.3 Třetí fáze – vymezení skutečné volné plochy kolem přístroje.....	54
4.2 Návrhy.....	56
5. Prototypování a testování	61
5.1 Testování úchopu.....	61
5.2 Upřesnění tvaru	63
5.3 Prototypování.....	65
5.3.1 Rameno – horní část s rentgenkou a tvarování madel.....	65
5.3.1 Tělo přístroje.....	67
5.3.2 Obličejový štít.....	68
5.3.3 Podstavec.....	70
5.3.4 Kompresní zařízení.....	71
6. Výsledný návrh.....	72
6.1 Komfort tvořený pro pacienty.....	73
6.2 Komfort tvořený pro radiologické asistentky.....	75
6.3 Kompresní zařízení.....	76
6.4 Vyšetřovací deska.....	78
6.5 Ovládací prvky a zobrazovací displeje.....	79
6.6 Obličejový štít.....	82
6.7 Rozsah pohybu přístroje.....	84
6.8 Barevné varianty.....	86
6.9 Finální řešení.....	88
7. Technická dokumentace.....	91
7.1 Technické výkresy v měřítku	91
7.2 Technologie výroby.....	95
8. Závěr a reflexe.....	96
8.1 Hodnocení projektu.....	96
8.2 Porovnání s počátečním záměrem.....	97
8.3 Potenciální pokračování projektu.....	97
9. Zdroje.....	99
10. Obrazové zdroje.....	101
11. Seznam obrázků	103

1. Úvod – motivace

Předmětem mé diplomové práce je návrh mamografického přístroje. Přesněji se jedná o designový návrh medicínského zařízení, které se používá pro prevenci a diagnostiku nádorového onemocnění prsu. Ženská prsa jsou zdrojem inspirace a symbolem už od dávných dob minulých. Výtvarní umělci na svých obrazech vyobrazovali ženská ňadra v různých podobách. Stávala se dominantou obrazu a provokativním prvkem pro diváka. Dnes tomu není jinak. Ženy své poprsí zdůrazňují oděvem a jsou na něj pyšné. O to větší je pro ně rána, pokud je postihne nádorové onemocnění. Na prsu se objeví deformace a v nešťastném stádiu o prs dokonce přijdou. Z toho důvodu je velmi důležité, aby ženy byly o tomto onemocnění informovány a aby se nebály podstoupit preventivní vyšetření.

1.1 Hlavní otázky a cíle projektu

Hlavní náplní práce bude odhalit diskomfort především u pacientek a nalézt vhodnější řešení, které by jim proces vyšetření na mamografickém přístroji zpříjemnilo. Řešení může spočívat v samotném vzhledu přístroje či v lepším anatomickém a ergonomickém řešení jednotlivých prvků. Důležitou součástí práce bude dotazování se pacientek na průběh vyšetření, posouzení jejich pocitů a zkušeností s mamografií. Druhým posuzovaným aspektem bude práce zdravotní sestry, která přístroj obsluhuje. Klíčovou částí práce bude osobní komunikace se zdravotním personálem a sledování jejich postupu při polohování pacientky, nastavování přístroje do požadované pozice a jeho ovládání.

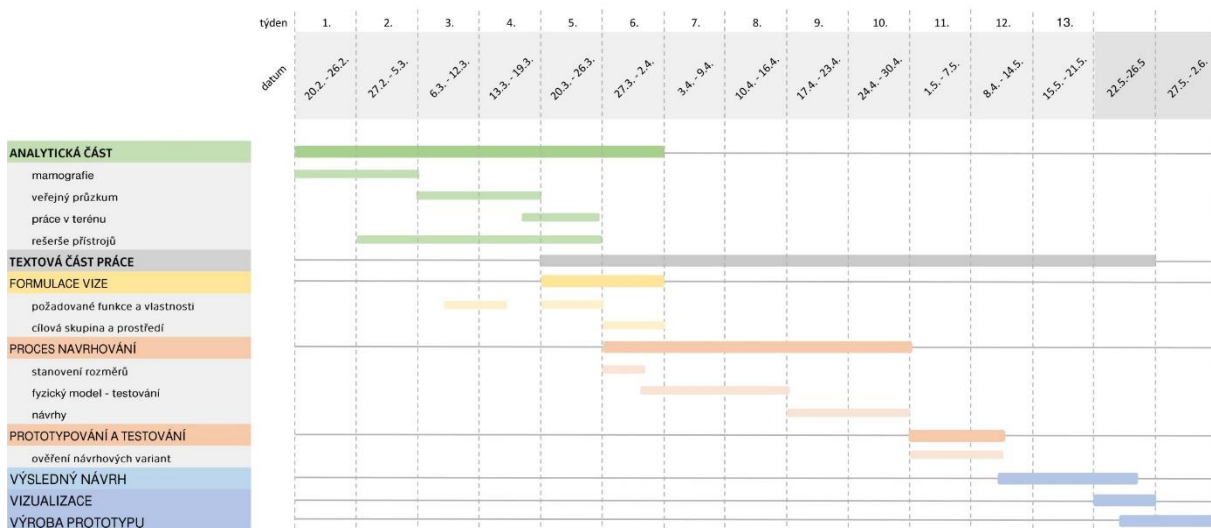
Práce si klade za cíl navrhnout produkt tak, aby zachovával základní principy fungování a získal novou vizuální podobu, byl kvalitně ergonomicky řešený a následoval aktuální trendy a požadavky. Kvalitním ergonomickým řešením se rozumí řešení ovládacích prvků, zobrazovacích displejů a madel. Nová vizuální podoba přístroje by měla mít designové řešení, jeho vzhled musí působit stabilně a přívětivě.

1.2 Metodika práce a harmonogram

Vzhledem k charakteru a obsahu práce je pro vytvoření kvalitního konceptu a shromáždění dostatečných informací nezbytná důkladná analýza zvoleného tématu a pochopení dané problematiky. Nedílnou součástí práce bude dotazování se uživatelů, kterými jsou pacienti a zdravotní personál a jejich interakce s daným produktem případně problémem. V první řadě se budu dotazovat pacientek co a proč jim při vyšetření vadí. Jestli zažívají bolesti, strach

nebo stud. Budu se zajímat o jejich znalost v oblasti mamografického vyšetření. Dalším důležitým bodem v analytické části bude osobní prohlídka přístroje a komunikace se zdravotním personálem. Sledování postavení pacientky a radiologické asistentky při vyšetření. Pomocí fyzického prototypového modelu a detailní rekonstrukce procesu vyšetření bude možné sledovat a měřit interakci pacientky s přístrojem – dosah její ruky, pozici hlavy, nohou. Dále práci radiologické asistentky – ovládání přístroje.

Níže uvedený časový harmonogram projektu se v průběhu práce může měnit. Zásadní posloupnost jednotlivých částí práce zůstává však neměnná. V první řadě je důležité během analýzy nashromáždit co nejvíce informací o tématu. Navázat spojení s konzultanty projektu a vyrazit na práci do terénu. V průběhu analýzy se začne formulovat předběžná vize produktu a požadované vlastnosti. S výstupem analýzy se definuje finální vize projektu a vyplynou aspekty, které bude třeba prozkoumat na prototypovém modelu. S výsledkem testování na prototypu se definují rozměry a požadavky na přístroj z pohledu pacientky i radioložky. Na základě toho bude možné začít s návrhem a prověřováním jednotlivých návrhových variant. Finalizací projektu bude výsledný návrh ve 3D a jeho vizualizace. V závěru projektu je vyhrazen prostor pro tvorbu modelu v daném měřítku. Již v průběhu celého výzkumu je třeba pracovat také na textové části. Průběh konzultací a prezentace odvedené práce na jednotlivých schůzkách se liší od textové části. Z toho důvodu je důležité průběžně nashromážděné informace důkladně zpracovávat.



Obr. 1: Časový harmonogram projektu, archiv autora, únor 2023

1.3 Osobní přístup k dané problematice a vlastní motivace

Vlastní motivací k výběru tématu mamografického přístroje je zamyslet se nad inovací návrhu, která by mohla pacientky a pacienty zbavit strachu z vyšetření. Strach z vyšetření a z jeho výsledku je právě zásadním problémem, který odrazuje účastníky screeningového programu od podstoupení preventivního vyšetření. Dalším problémem, proč lidé vyšetření nepodstupují je neznalost nebo neochota. Vyšetření nemusí chtít podstoupit z důvodu, že nemají žádné hmatné nebo viditelné potíže. Myslí si, že vyšetření je nepříjemné a bolestivé. Osobně si myslím, že vyšetření bolestivé je, ale v rámci zachování svého zdraví bych preventivní prohlídku absolvovala. K vlastní motivaci k vytvoření nového vzhledu mamografického přístroje přispěla má neznalost tohoto tématu. Při výběru zadání jsem o mamografii věděla jen to, že vyšetření mohou bezplatně podstoupit ženy od 40 let věku a výš. Netušila jsem, že mladším ženám se primárně provádí ultrazvukové vyšetření. Dále jsem si myslela, že je vyšetření velmi bolestivé a z přístroje jsem měla strach.

1.4 Základní pojmy v oblasti mamografie

Pro správné uchopení problematiky mamografického vyšetření je zásadní porozumět základním pojmům, které se dále objevují v celé diplomové práci.

Nádorové onemocnění – též karcinom. Může vzniknout kdekoli v těle. Ani přes značný pokrok v medicíně není jisté, proč u konkrétního člověka nádorové onemocnění vznikne. Nádorové buňky se vymykají kontrole a můžou se rychle šířit do zdravých tkání. Nádory rostou z počátku pomalu a na jednom místě. Proto je důležité jejich včasné odhalení.¹

Mamografie – v lékařství využívána jako základní a prioritní metoda screeningu k diagnostickému a preventivnímu vyšetření prsní žlázy. Využívá měkké rentgenové záření a tím zajistí dostatečně kontrastní obraz měkkých tkání prsu. Jejím cílem je včasný záchyt nádorového onemocnění prsní tkáně a jejího okolí.

Screening – provádí se za účelem odhalení chorob v časném stádiu bez potíží u určité skupiny lidí. Skupiny jsou vymezeny dle požadavků jednotlivých screeningových programů (věk). Programy každoročně odhalí tisíce nádorů

¹ ABRAHÁMOVÁ, Jitka a kolektiv, *Co byste měli vědět o rakovině prsu*, první vydání, Praha: Grada Publishing a.s., s. 19, 2009, ISBN 978-80247-3063-9

u pacientů, kteří o nich bez vyšetření neměli ponětí. Díky tomu se může zahájit včasná léčba a pacient má šanci na plné uzdravení.²

Mammacentrum – souhrnný název pro všechna centra a zdravotnická zařízení, která zajišťují screeningová a cílená vyšetření vedoucí k případnému včasnému zachycení nádorového onemocnění prsu. Jedná se o komplexní zařízení pro prevenci, diagnostiku a léčbu onemocnění prsu.

Radiologická asistentka – dále též jako, radiolog nebo radioložka. Osoba, která obsluhuje mamografický přístroj, uvádí pacientku do správné pozice při vyšetření a obsluhuje proces snímkování. Radiologický asistent především zodpovídá za kvalitu provedení rentgenového snímku. *„Kvalitní provedení mamografie vychází z technických znalostí radiologického asistenta o konkrétním mamografickém přístroji a také z jeho schopnosti relaxovat ženu a přivést ji při vyšetření ke spolupráci, ze které vzejde kvalitní snímek.“*³ Pro řádné provedení snímku je důležitá správná poloha pacientky. radioložka tak musí být schopna do snímku dostat žlázové těleso i s kůží, podkožím a podpažím.

Pacientka – klientka, též pacient je souhrnný název pro osoby navštěvující zdravotnické zařízení. V tomto případě se zdravotnickým zařízením rozumí mammacentrum, kam dochází za účelem prevence, diagnostiky nebo léčby

Rentgenka – Jedná se o vakuově těsnou trubici či baňku, která obsahuje dvě elektrody – katodu a anodu, které jsou nejčastěji vyrobeny z wolframu. Pro mamografické vyšetření se používá anoda molybdenová, která zajišťuje měkké RTG záření. Pro nižší radiační dávku a zvýšení ostrosti při snímkování se stíní olovem. Na elektrody je přiváděno velmi vysoké napětí, což vede k urychlení elektronů.⁴

Tomosyntéza – neboli 3D mamografie. Jedná se o poměrně novou vyšetřovací metodu v mamodiagnostice, která umožňuje detailnější zobrazení prsu. Při tomosyntéze se získá hned několik řezů.

Biopsie – diagnostická metoda odběru živé tkáně, nebo buněk. Odebrání vzorku se provádí jehlou, nebo odříznutím kousku tkáně skalpelem při operaci. Následně se provádí mikroskopické vyšetření tkáně a stanovení diagnózy.⁵

² Loonocz, Screeningové programy v ČR [online]. [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://www.instagram.com/loonocz/?igshid=NTc4MTlwNjQ2YO%3D%3D>

³ SKOVAJSOVÁ, Miroslava, *Screening nádorů prs v České republice*, Edice Ambulantní gynekologie, svazek 2, Praha: Maxdorf s.r.o., s. 39, ISBN 978-80-7345-310-7

⁴ Rentgenové záření [online]. [cit. 2023-04-05]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Rentgenové_záření

⁵ ABRAHÁMOVÁ, Jitka a kolektiv, *Co byste měli vědět o rakovině prsu*, první vydání, Praha: Grada Publishing a.s., s. 139, 2009, ISBN 978-80247-3063-9

2. Analytická část

Nezbytnou součástí projektu zaměřeného na návrh přístroje je důkladné zpracování analytické části. Tato část je zaměřena na průzkum trhu, práci v terénu a získávání dostatečných a nezbytných znalostí pro další fáze projektu. Předmětem zkoumání bylo převážně fungování mamografického přístroje, jeho součásti a existující řešení. Dále průběh vyšetření z pohledu pacienta a z pohledu radiologa. V následujících kapitolách jsou detailně popsány jednotlivé části analýzy.

2.1 Mamografie

Mamografie je v lékařství využívána jako základní a prioritní metoda screeningu k diagnostickému a preventivnímu vyšetření prsní žlázy. Vyžívá měkké rentgenové záření a tím zajistí dostatečně kontrastní obraz měkkých tkání prsu. Během vyšetření dochází ke kompresi (stlačení) prsu, která redukuje tloušťku tkáně a umožňuje co nejjasnější průchod rentgenových paprsků.

Cílem screeningu je odhalit karcinom prsu tehdy, kdy je ještě velmi malý a nehmátný při samovyšetření. Karcinom lze odhalit ještě ve stádiu in situ, kdy neproniká do okolí a nerozšiřuje se dále. Jedná se o nejefektivnější způsob pro včasné odhalení karcinomu u zcela bezpříznakových pacientů.⁶ V České republice je screeningový program dostupný pro ženy od 45 let věku. Horní věková hranice není omezena. Zdravotní pojišťovnou je plně hrazeno preventivní mamografické vyšetření každé dva roky. Ženy s klinickými příznaky mohou přijít na vyšetření zdarma na základě žádanky od svého gynekologa nebo praktického lékaře. Od 40 let může jít žena na mamografii jako samoplátkyně. Mladší ženy jsou vyšetřovány ultrazvukovou metodou.^{7 8} „Český národní program screeningu nádorů prsu ve většině center splňuje požadavek: v jeden den a pod jednou střechou, negativní výsledek ihned, diagnostický proces do několika málo dnů.“⁹ Jeden den trvající diagnostika negativních nálezů motivuje ženy k pravidelným preventivním kontrolám.

⁶ ABRAHÁMOVÁ, Jitka a kolektiv, *Co byste měli vědět o rakovině prsu*, první vydání, Praha: Grada Publishing a.s., s. 52, 2009, ISBN 978-80247-3063-9

⁷ SKOVAJSOVÁ, Miroslava, *Screening nádorů prs v České republice*, Edice Ambulantní gynekologie, svazek 2, Praha: Maxdorf s.r.o., s. 24-26, ISBN 978-80-7345-310-7

⁸ České ženy jsou v problematice prevence onemocnění prsů dobře orientované [online]. [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://budejcka.drba.cz/zpravy/spolecnost/27640-ceske-zeny-jsou-v-problematice-prevence-onemocneni-prsu-dobre-orientovane.html>

⁹ SKOVAJSOVÁ, Miroslava, *Screening nádorů prs v České republice*, Edice Ambulantní gynekologie, svazek 2, Praha: Maxdorf s.r.o., s. 23, ISBN 978-80-7345-310-7

Mamografické vyšetření se provádí u žen nad 40 let věku. Jedná-li se o preventivní vyšetření bez klinických příznaků nebo o vyšetření diagnostické, kdy má pacientka klinické příznaky onemocnění (viditelná nebo hmatná změna prsní tkáně). Dvouletý interval preventivního screeningu je nastaven z důvodu viditelnosti nádoru v preklinické fázi. Klinická (hmatná či viditelná) fáze nastává o dva až tři roky později.¹⁰



Obr. 2: Mamografická ordinace a proces vyšetření

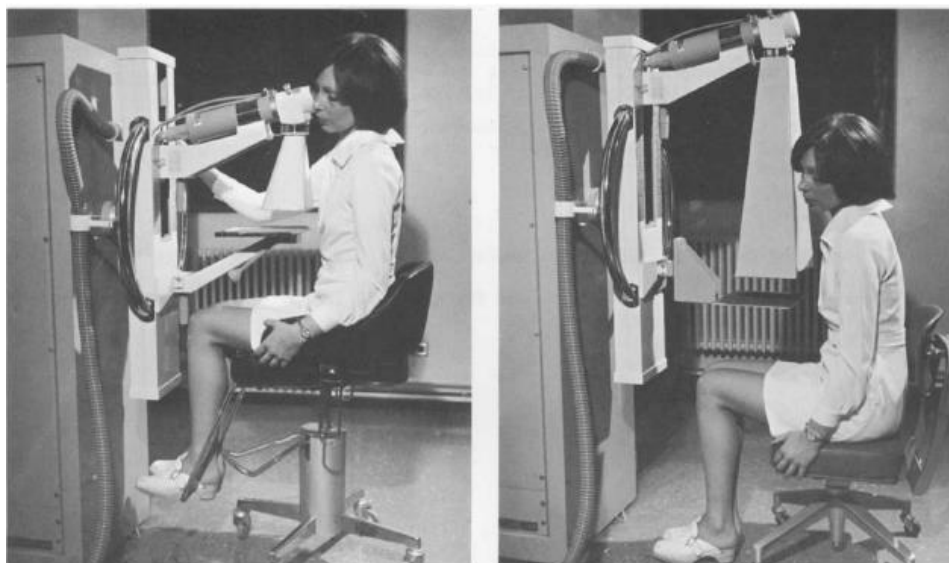


Obr. 3: Video z polohování pacientky na přístroj

¹⁰ SKOVAJSOVÁ, Miroslava, *Screening nádorů prs v České republice*, Edice Ambulantní gynekologie, svazek 2, Praha: Maxdorf s.r.o., s. 17, ISBN 978-80-7345-310-7

2.2 Historie mamografie

První pokusy o identifikaci rakoviny prsu provedl německý chirurg osmnáct let po objevu rentgenových paprsků v roce 1895. Kvůli absenci nesespecializovaných mamografických jednotek, dlouhému expozičnímu času a dalším faktorům byly rentgenové snímky rozmazané. V roce 1949 objevil a vyvinul uruguayský radiolog Raul Leborgne kompresní zařízení. Jednalo se o kužel, který zmáčkl pacientovo prso ke kompresní podložce. Roku 1969 byla představena první specializovaná mamografická rentgenová jednotka CGR Senographe. Začátkem 70. let byly komerčně dostupné jednotky od společností General Electric, Philips, Picker a Siemens.¹¹



Obr. 4: První mamografická rentgenová jednotka CGR Senographe s filmovou molybdenovou terčovou trubicí a kompresním kuželem

Od té doby se mamografy neustále vyvíjely a zlepšovaly. Od roku 1970 byly samotné filmy nahrazeny kombinací film-folie. O osm let později zlepšila kvalitu rentgenového ozařování sekundární clona. Od roku 1980 bylo možné film zpracovat ve vyvolávacím automatu a komprese se usnadnila díky motorizovanému pedálu. Poté byl do konstrukce přístroje přidán i expoziční automat.¹²

Společnost Siemens začala kolem 70. let vyvíjet mamografický systém, který byl rychle a snadno ovladatelný a zároveň vytvořil optimální kvalitu obrazu. Siemens tak v roce 1972 uvádí na trh první mamografický přístroj řady MAMMOMAT.

¹¹ Arthur G.Haus Historical Technical Developments in Mammography, 2002, s. 120, ISSN 1533-0346 [online]. [cit. 2023-03-25], Dostupné z: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/153303460200100204>

¹² Jakub Slanina, Mobilní mamografická jednotka jako doplněk současného screeningového programu ČR (Bakalářská práce), 1. Lékařská fakulta Univerzita Karlova v Praze, s. 12-13



Obr. 5: První mamografický přístroj Siemens MAMMOMAT, 1972

Obr. 6: Siemens MAMMOMAT 3000, 1994, automaticky určuje optimální parametry pro snímkování. Kompresa se zastavila v bodě optimální kvality obrazu a ušetřila bolesti pacientce

Kolem roku 2000 se s postupem technologie do popředí před filmovou mamografií dostává digitální. Představen je digitální mamograf Senographe 2000D od společnosti GE a MAMMOMAT Novation od Siemens. První mamografický přístroj s 3D tomosyntézou z řady MAMMOMAT byl představen roku 2009.¹³

První pokusy o zjištění karcinomu in situ byly v zahraničí uskutečněny již v polovině 20. století. Během několika projektů bylo prokázáno, že screening bezpříznakových žen významně snižuje mortalitu (úmrtnost) na karcinom prsu. O úspěch mamografického screeningu se zasloužili švédští odborníci společně s prof. Lászlo Tabárem a Bedřichem Vitákem.¹⁴ Pozitivní ohlasy ze zahraničí daly podnět k zavedení screeningového programu i v České republice. V letech 2001–2002 byl spuštěn pilotní projekt, při kterém mělo být vyšetřeno 1500 žen. Jejich zájem o vyšetření byl však mnohem větší než kapacita projektu. Dne 9.9.2002 schválila Komise pro včasný záchyt nádorů prsu MZ mamografický screening jako celonárodní program.¹⁵

¹³ The history of mammography [online]. [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://www.medmuseum.siemens-healthineers.com/en/stories-from-the-museum/history-mammography>

¹⁴ SKOVAJSOVÁ, Miroslava, *Screening nádorů prs v České republice*, Edice Ambulantní gynekologie, svazek 2, Praha: Maxdorf s.r.o., s. 15, ISBN 978-80-7345-310-7

¹⁵ SKOVAJSOVÁ, Miroslava, *Screening nádorů prs v České republice*, Edice Ambulantní gynekologie, svazek 2, Praha: Maxdorf s.r.o., s. 16, ISBN 978-80-7345-310-7

2.3 Práce v terénu

Za velmi přínosné pro analytickou část a zkoumání považuji osobní prohlídku mamografického přístroje, která mi byla umožněna v pražském Mammacentru Budějovická. Tato kapitola obsahuje poznatky z rozhovoru a pozorování, které zahrnují poznávání jednotlivých částí přístroje, jeho fungování, ovládání a průběh vyšetření. Jednotlivé poznatky a části přístroje jsou detailněji rozebrány v následujících kapitolách a doplněny o další informace. Veškeré pozorování bylo provedeno na přístroji Hologic Dimensions 3D.

Nezbytnou součástí vybavení ordinace je ovládací stanice. Jedná se o samostatně stojící jednotku určenou výhradně pro radiologickou asistentku. Na monitoru umístěném na pohyblivém rameni se zobrazují provedené rentgenové snímky. Nachází se zde nejdůležitější funkce – tlačítko na spuštění snímkování. Spouštěč snímkování je zde i v podobě pedálu, který se ovládá nohou. Radioložka si tak uleví od zaměstnaných bolavých rukou. Jednotlivé části a funkce ovládací stanice budou rozebrány v kapitole 2.7. *Hlavní části a funkce přístroje – ovládací stanice.*



Obr. 7: Ovládací stanice Hologic s počítačem, archiv autora, březen 2023

Snímkování se provádí ve výchozí svislé pozici ramene. Následně se přístroj nakloní o 45° doleva a poté doprava stisknutím ovládacího tlačítka. Rameno lze naklonit o 90° pokud je potřeba jiný úhel vyšetření. Možné je otočení i o 180°.

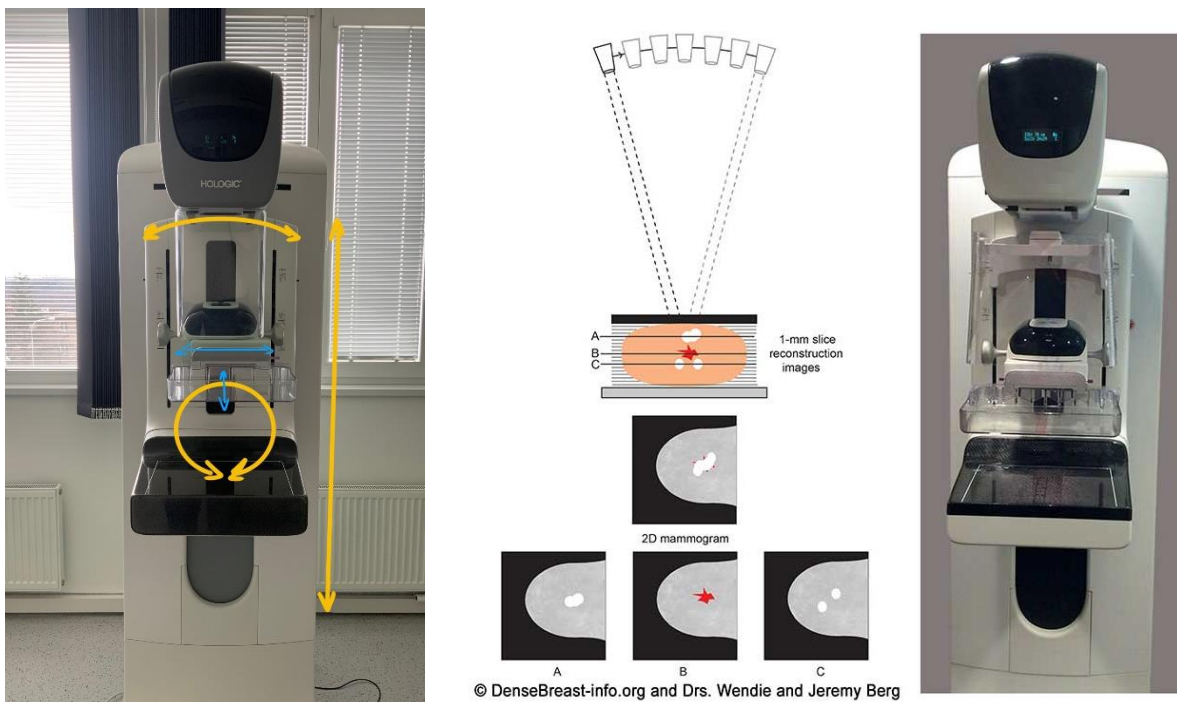


Obr. 8: Ukázka náklonu ramene přístroje o 45°, archiv autora, březen 2023

Obr. 9: Ukázka náklonu ramene přístroje o 90°, archiv autora, březen 2023

Stupeň naklonění se zobrazuje na dvou malých displejích umístěných v horní části stojanu přístroje. Pacientky si to často pletou s ukazatelem teploty a mají strach, aby se při vyšetření nespálily.

Tomosyntéza je vyšetření na mamografu, při kterém vzniká 3D obraz prsu. Provádí se v náklonu 45° a pohybuje se při něm horní část ramene, kde je umístěna rentgenka. Pacientce přejížděl obličejový štít z mého pohledu nepříjemně přes obličej. Ale žádné známky diskomfortu nedala najevo. Vyšetření trvalo několik málo sekund.



Obr. 10: Pohyb ramene při tomosyntéze, archiv autora, březen 2023

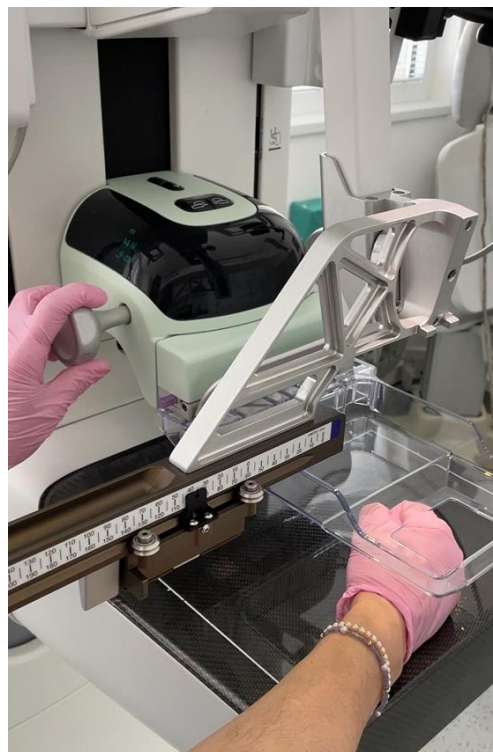
Obr. 11: Grafické znázornění pohybu ramene při tomosyntéze

Na přístroji se nachází hned **několik ovládacích panelů** rozmístěných na různých místech. Avšak všechny ovládací panely mají totožné funkce. Radiologická asistentka si pouze zvolí, který ovládací panel se jí obsluhuje lépe. Hlavní ovládání je umístěno na pohyblivém rameni. Doplňkové ovládání je poté na stojanové části a pod ramenem je umístěna páčka na ovládání náklonu.



Obr. 12, Obr. 13: Ovládací prvky přístroje Hologic Dimensions 3D, archiv autora, březen 2023

Nohou ovládané pedály jsou nezbytnou součástí celého vyšetření. Radiologická asistentka má plné ruce a nohou ovládá pohyb ramene. Pedál si umístí do takové pozice, která jí vyhovuje. Jednoduše do pedálu strčí nohou a odsune ho kam potřebuje. Pouze pedálem může ovládat posun přítlačné desky směrem nahoru. Pohyb dolů ovládaný pedálem je poměrně rychlý, takže se tímto způsobem přiblíží k prsu pacientky a poté ručně pomocí otočné páčky výšku přítlačku doladí. Na displeji se jí zobrazuje výška stlačení v cm, ta musí být nižší než 10 cm. A síla stlačení, která se pohybuje okolo 100 N. U prsů s implantáty je síla přítlačku nižší.¹⁶



Obr. 14: Ovládací prvky přístroje – pedály, archiv autora, březen 2023

Obr. 15: Ovládací prvky přístroje – ruční otočná páčka k nastavení komprese, archiv autora, březen 2023

Přístroj je dále vybaven obličejovým štítem, který je nezbytný pro opření hlavy. Další funkcí obličejového štítu je zabránění tomu, aby pacientka nenaklonila hlavu pod rentgenovou výbojku. Měkké rentgenové záření je tak citlivé, že by se na snímcích mohly objevit i prameny vlasů, které byly nalakované lakem na vlasy. Plní také ochrannou funkci. Chrání štítnou žlázu před rentgenovým zářením. Tvarově je navržen tak, aby napomáhal k soustředění rentgenového záření do požadovaného místa a nerozptylovalo se do okolí. Štít je vyroben z plastu a zasouvá se do dvou kolejnic. Je snadno vyměnitelný. Díky tomu se snadno čistí a dezinfikuje.

¹⁶ BLAŽKOVÁ, Eva [ústní sdělení], Praha, 17.3.2023



Obr. 16: Obličejový štít, pohled zprava, archiv autora, březen 2023

Obr. 17: Mechanismus uchycení štítu a rentgenový snímač, archiv autora, březen 2023

V ordinaci se nacházela skříň plná vyměnitelných kompresních destiček. Existují kompresní desky na velká prsa, malá prsa, prsa s implantáty. Kompresní desky, které stlačují jen požadované místo na prsu. Dále tento přístroj umožňuje nasazení podstavce pro detailnější snímek z větší blízkosti. A nasazení zařízení pro provedení biopsie.



Obr. 18: Kompresní deska klasická, archiv autora, březen 2023

Obr. 19: Kompresní deska pro prsa s implantáty, archiv autora, březen 2023



Obr. 20: Podstavec pro detailnější snímkování, archiv autora, březen 2023



Obr. 21: Kompresní deska pro stlačení konkrétního místa, archiv autora, březen 2023

Na přístroj je potřeba koukat z obou stran, nejen zepředu. Při návrhu se musí vzít v potaz, že k přístroji přistupuje také třetí osoba a tou je servisní technik. Tomu musí být umožněn snadný přístup ke komponentům ze zadní strany přístroje. V této části se nachází výstup ventilátoru, hlavní vypínač přístroje a zdroj elektrické energie, který je napojen přímo do sítě.



Obr. 22: Zadní strana přístroje, archiv autora, březen 2023

2.4 Průběh vyšetření

Průběh vyšetření je jiný z pohledu pacientky a z pohledu radiologické asistentky. Hlavní rozdíl hraje časový interval, ve kterém pacientka vyšetření podstupuje. Ten bývá obvykle v rozmezí dvou let. Kdežto radiologická asistentka denně provede několik desítek vyšetření. Celkem se provádí čtyři snímky. První ve svislé pozici přístroje, druhý standardně pod úhlem. Stejně snímkování se provede i na druhém prsu.

Při vyšetření pod úhlem je nutné, aby se snímkovala i část podpaží a tkáň pod prsem. Proto je důležité, aby si žena na snímkovací podložku lehla a opřela se pořádně. Podpažím se zapře o roh podložky a rukou se chytí za madlo. Roh je docela ostrý pro anatomický tvar podpažní jamky. Poloha ale nebyla nijak nepohodlná. Nejvíce mě tlačila hrana kompresní desky, která ale nemůže mít měkčí tvarování, protože by se v krajích vytrácel rentgenový obraz. Madlo bylo pohodlné, umístěné v dobré vzdálenosti.



Obr. 23: Vyšetření pravého prsu ve svislé pozici, úchop levou rukou, archiv autora, březen 2023
Obr. 24: Vyšetření pravého prsu ve svislé pozici, bez úchopu, archiv autora, březen 2023



Obr. 25: Vyšetření pravého prsu pod úhlem o 45°, archiv autora, březen 2023
Obr. 26: Vyšetření pravého prsu pod úhlem 45°, pohled z druhé strany a na úchop, archiv autora, březen 2023

2.4.1 Z pohledu pacientky

Klientka přichází do screeningového centra na vyšetření z důvodu prevence nebo diagnostiky. V čekárně je požádána o klinickou metodu vyšetření tzn. o vyplnění dotazníku, který se týká převážně zdravotní anamnézy. Následně je vyzvána ke vstupu do kabinky, kde si odloží veškeré oblečení z horní poloviny těla. Některá, převážně asi zahraniční centra, poskytují k zapůjčení župan. Ten ale poněkud zdržuje celý proces vyšetření, jelikož si ho pacienta střídavě svléká z jedné a z druhé ruky. Poté vstupuje do ordinace, kde se postaví čelem k přístroji a radiologická asistentka jí pomůže do správné pozice rukou, hlavy a prsu. Rukou se pacientka chytá za madlo přístroje a hlavu opírá o obličejový štít, který také chrání štítnou žlázu před rentgenovým zářením. Snímkování probíhá pár vteřin, následně je pacientka za pomoci radiologické asistentky uvedena do pozice pro snímkování pod úhlem. Stejné polohování je pak provedeno pro vyšetření druhého prsu. Celkem je tedy pacientka vyšetřována ve čtyřech různých polohách. Celý proces proběhne během několika málo minut, pacientka odchází zpět do kabinky a je seznámena s výsledkem vyšetření.

2.4.2 Z pohledu radiologické asistentky

Pro radiologickou asistentku se mamografické vyšetření stává prakticky denní rutinou. Denně jich provede až kolem stovky. Při příchodu do ordinace se radioložka přihlásí do systému na ovládací stanici pomocí biometrického snímače nebo zadáním přihlašovacích údajů do počítače. Tento postup se týká obsluhování mamografického přístroje 3Dimensions firmy Hologic. Avšak u ostatních výrobců nebude nijak zásadně odlišný. Po přihlášení se zobrazí elektronická kartotéka. Aktuální karty vyšetřovaných klientů se zobrazí na dotykové obrazovce a radioložka jimi může procházet dle potřeby. Po příchodu pacientky do ordinace přistupuje radiologická asistentka k přístroji. Jednou rukou ji pomáhá ke správnému úchopu či k mírnému položení těla na přístroj. Druhou rukou přidržuje vyšetřovaný prs. Ovládacím pedálem na podlaze reguluje výšku celého ramene mamografu dle výšky pacientky a také nastavuje kompresní desku do požadované vzdálenosti od prsu. Následně ručně pomocí otočné páčky doladí sílu přitlaku. Když je vše připraveno ke snímkování, odchází radiolog k ovládací stanici a stiskne tlačítko, které spustí rentgenování. Vrací se k přístroji, pomocí ovládacího tlačítka ho uvede do pozice pro vyšetření pod úhlem a pomáhá pacientce do správné polohy. Opět má zaměstnané obě ruce a pedálem nastavuje požadovaný přitlak. Odchází k ovládací stanici a spouští druhé snímkování. Celý proces polohování a nastavování se opakuje pro vyšetření druhého prsu.

Pozorování radiologické asistentky při práci přispělo k závěru, že ovládací pedály na podlaze jsou nezbytně nutným prvkem, protože obě ruce má zaměstnané tím, aby udržela pacientku v požadované poloze.

2.5 I muži chodí na mamograf

Nádorové onemocnění prsu není problematikou pouze ženské části populace, postihuje i zlomovou část mužů. Představuje 1 % z celkového počtu karcinomů prsu.¹⁷ V České republice ročně onemocní rakovinou prsu okolo 70 mužů. Uvádí se, že nádorové onemocnění postihuje nejčastěji muže ve věku okolo 50 let. Může se týkat ale mužů v mnohem mladším věku. Z důvodu absence preventivního mamografického screeningu pro muže bývá nádor zjištěn často až v pokročilém stadiu.

Na vyšetření přicházejí nejen muži, ale i chlapci a dospívající většinou z důvodu zvětšené prsní žlázy, ti jsou odesláni na ultrazvukové vyšetření. Jestliže si muž nahmatá bulku v prsu, jedná se ve většině případů o gynekomastii – život neohrožující zduření mléčné žlázy. Gynekomastie může vzniknout důsledkem užívání léku na tlak, prostatu a proteinových přípravků na posilování svalů.¹⁸ Mamografické vyšetření podstupuje i několik mužů denně. Nejčastěji se jedná o sportovce, kteří mají zvětšené prsní žlázy nadužíváním svalových suplementů.¹⁹ Vyšetření prsní žlázy se u žen a mužů procedurálně neliší. Je proto důležité zohlednit klienty diagnostického centra mužského pohlaví především v barevnosti prostředí a přístroje.

2.6 Přístroje na trhu a jejich výrobci

Mamografické přístroje jsou vyráběny celou řadou společností po celém světě. Zvolení správného výrobce může být klíčovým faktorem pro úspěšnost screeningového programu a provádění kvalitních vyšetření. Vývoj mamografických přístrojů jde stále kupředu. Výrobci se snaží přinášet nové inovativní technologie, díky kterým je umožněna větší přesnost a efektivita při detekci nádorového onemocnění prsu.

Přístroje jsou velmi odlišné v závislosti na jednotlivých výrobcích. Pro každou společnost je typická barevnost, tvarování a používání výrazných prvků například v podobě madel. Každý přístroj také disponuje nějakou unikátní technologií.

¹⁷ Bellis, *Nejsi na to sama – průvodce rakovinou prsu*, 1. vydání, Praha: Grada Publishing a.s., 2021, s. 16, ISBN 978-80-271-3070-2

¹⁸ Rakovina prsu se týká i mužů. In. www.diagnostickecentrum.agel.cz [online]. [cit. 2023-03-30]. Dostupné z: <https://diagnostickecentrum.agel.cz/o-nas/novinky/211118-rakovina-prsu.html>

¹⁹ BLAŽKOVÁ, Eva [ústní sdělení], Praha, 17.3.2023

Mezi nejrozšířenější a nejmodernější výrobce digitálních mamografických přístrojů lze zařadit americkou firmu **Hologic**, která patří k technologickým špičkám nejen v České republice, ale i celosvětově. **Hologic 3Dimensions** se řadí mezi nejmodernější mamografické přístroje díky špičkovým vlastnostem a sledování nových trendů v oblasti screeningu. Ovládací stanice je vybavena dotykovou obrazovkou a rentgenové snímky se zobrazují na monitoru umístěném na otočném rameni. Vyrábí se v základní variantě pro 2D zobrazování a 3D tomografické vyšetření. Přístroj lze vybavit zařízením Hologic Affirm pro biopsii.²⁰



Obr. 27: 3Dimensions® Mamografický Systém Hologic

Mamografický přístroj **MAMMOMAT Revelation** společnosti **Siemens Healthineers** se pyšní 50° širokoúhlou tomosyntézou pro 3D obraz. Unikátní systém OpComp nastavuje automaticky kompresi prsu. Po přiblížení k prsu se rychlost kompresního zařízení automaticky sníží. Pomocí systému jedno kliknutí vybere radiolog pacienta a spustí vyšetření. Veškeré parametry se pak nastavují automaticky.²¹

²⁰ Mamografické RTG přístroje HOLOGIC. In. www.fomei.cz [online]. [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: <https://www.fomei.cz/produkty/mamograficke-rtg-pristroje-hologic/>

²¹ MAMMOMAT Revelation. In. www.marketing.webassets.siemens-healthineers.com [online]. [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: https://marketing.webassets.siemens-healthineers.com/1800000004848077/d969fa3d169f/DI-XP-WH-MAMMOMAT_Revelation_Brochure_152100155.pdf

MAMMOMAT Inspiration je zaměřen na vyšetření zdravých žen tak, aby je vystavil co nejmenší dávce rentgenového záření. Dávka je snížena o celých 30 % bez snížení kvality obrazu.²²



Obr. 28: Mamografický přístroj s funkcí tomosyntézy Siemens MAMMOMAT Revelation, 2017
Obr. 29: Mamografický přístroj s nízkou dávkou záření Siemens MAMMOMAT Inspiration, 2012

Mamografický systém **Senographe Pristina** společnosti **GE Healthcare** je zaměřen na pohodlí pacientky a odstranění strachu z vyšetření. Design by měl snižovat fyzickou námahu při polohování pacientky. Díky nejnižší dávce rentgenového záření je nad společnostmi Hologic a Siemens²³.

²² MAMMOMAT Inspiration. In. www.siemens-healthineers.com [online]. [cit. 2023-04-09].
Dostupné z: <https://www.siemens-healthineers.com/cz/mammography/digital-mammography/mammomat-inspiration-prime>

²³ Pristina™ Mammography System. In. www.gehealthcare.com [online]. [cit. 2023-04-10].
Dostupné z: <https://www.gehealthcare.com/products/mammography/senographe-pristina>



Obr. 30: Mamografický přístroj a ovládací stanice Senographe Pristina společnosti GE Healthcare z roku 2016

Mamograf **AMULET Innovality** od japonského výrobce **Fujifilm** pracuje s inteligentní technologií automatické expozice (AEC), která na základě předběžného snímku hustoty prsní tkáně zhodnotí potřebnou dávku rentgenového záření pro vyšetření.²⁴



Obr. 31: Řada mamografických přístrojů Fujifilm Amulet Innovality

²⁴ AMULET Innovality, Lasting smiles for women worldwide. In. www.fujifilm.com [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.fujifilm.com/sg/en/healthcare/x-ray/mammography/amulet-innovality>

Finská společnost **Planmed** se zaměřuje na zjednodušení procesu vyšetření. Jejich design zahrnuje výraznou barevnost, tvarované obličejové štíty a prodloužená madla pro pohodlí pacienta. Náklon ramene je možný o 30°. přístroj **Planmed Clarity 3D** pracuje s tomosyntézou. Jejich portfolio dále zahrnuje přístroje pro klasickou digitální mamografii – **Planmed Clarity S** a **Planmed Clarity 2D**. přístroj řady S má sklopné rameno. ²⁵



Obr. 32: Přístroj Planmed Clarity 3D

Obr. 33: Přístroj Planmed Clarity 2D

Obr. 34: Přístroj Planmed Clarity S

Dalšími výrobci mamografických přístrojů jsou **Philips Healthcare**, **Villa Sistemi Medicali** přístroj řady **Melod IIID**, **IMS Giotto** **GIOTTO CLASS S (40000 SERIES)** a **GIOTTO IMAGE 3DL**. ²⁶



Obr. 35: Villa Sistemi Medicali přístroj řady Melod IIID

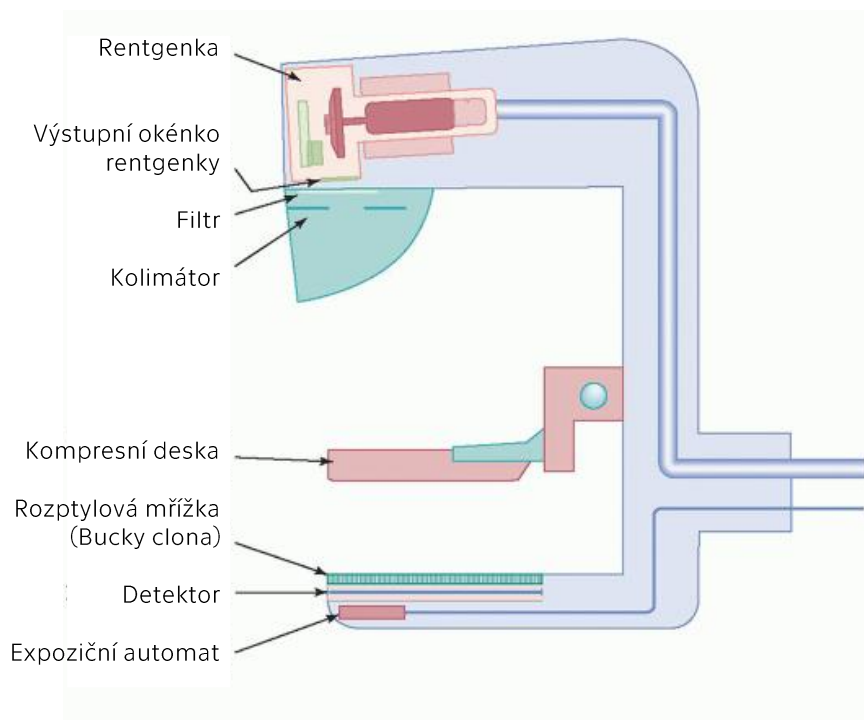
Obr. 36: IMS Giotto přístroj GIOTTO IMAGE 3DL.

²⁵ World of mammography. In. www.planmed.com [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.planmed.com/mammography/>

²⁶ Digital Mamography. In. www.imsgiotto.com [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://imsgiotto.com/products/mammography-units/>

2.7 Hlavní části a funkce přístroje

Mamografické zařízení se skládá z několika částí. Mezi základní části patří C-rameno, portál neboli stojan, kompresní zařízení a univerzální akviziční pracovní stanice.²⁷ Na C-rameni nalezneme rentgenku, kryt rentgenky, přídatný filtr svazku rentgenového záření, vysokofrekvenční generátor, koliminační clony, kompresní zařízení, sekundární Bucky clonu (mřížku), expoziční automat. Dále obličejový štít pacienta, rukojeť pro pacienta a ovládací panel C-ramene.²⁸



Obr. 37: Schéma s popisem součástí C ramene, upraveno

U mamografie se využívá nízkoenergetického spektra rentgenového záření. Rentgenka je v přístroji orientována anodovou částí k U rameni a katodovou částí k hrudní stěně. Vysokofrekvenční generátor má výkon 3,5 kW, zvyšuje životnost rentgenky, zlepšuje kontrast a snižuje expoziční čas. Sekundární Bucky clona je mřížka složená z vysoce absorbujících proužků z olova, wolframu či mědi. Její konstrukce je sestavena tak, aby primární záření prošlo a nechtěné sekundární záření bylo pohlceno.²⁹

²⁷ 3Dimension Mammography system User manual, Str. 17 In. www.hologic.com [online]. [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://www.hologic.com/file/62171/download?token=XRomzgn5>

²⁸ Jakub Slanina, Mobilní mamografická jednotka jako doplněk současného screeningového programu ČR (Bakalářská práce), 1. Lékařská fakulta Univerzita Karlova v Praze, s. 13

²⁹ Jakub Slanina, Mobilní mamografická jednotka jako doplněk současného screeningového programu ČR (Bakalářská práce), 1. Lékařská fakulta Univerzita Karlova v Praze, s. 13-15

2.7.1 Kompresní zařízení

Kompresním zařízením se rozumí část mamografu, která pomocí určité síly a tvarované lopatky zmáčkne vyšetřovaný prs tak, aby se tkáň co nejvíce rozprostřela a pro prozáření nebyla příliš vysoká. Zmáčknutí prsu a okolní tkáně se provádí silou okolo 60 až 100 N. Síla je vždy taková, aby to pacientku příliš nebolelo. Tlak je spíše nepříjemný.

Na kompresním zařízení se nachází jednoduchý mechanismus, kde se mění kompresní lopatky podle potřeby. Jedná se většinou o jednoduché nadvaknutí či nasunutí a následné zafixování. Celé kompresní zařízení se pak pohybuje nahoru a dolů stiskem tlačítka nebo sešlápnutím ovládacího pedálu. Nachází se na něm také ruční ovladač v podobě otočného knoflíku, kterým se jemně reguluje síla přitlaku. Otočný knoflík je ergonomicky tvarován a systematicky umístěn tak, aby regulace přitlaku byla pro radiologickou asistentku co nejsnadnější. Dále je zde instalován displej, který ukazuje dané hodnoty (síla a výška přitlaku).



Obr. 38: Kompresní zařízení Hologic 3Diemnsion, archiv autora, březen 2023
Obr. 39: Kompresní zařízení mamografu Hologic 3Diemnsion

Kompresní lopatky se vyrábějí v několika velikostech, tvarech a variantách. Jsou vyrobené z průhledného plastu. Skrz ně je vidět na stačený prs a lze kontrolovat jeho správnou pozici při vyšetření. Hrana lopatky nemůže být příliš zaoblená. Se zaoblením by se vytrácel rentgenový obraz.

Existují kompresní desky na velká prsa, malá prsa, prsa s implantáty. Kompresní desky, které stlačují jen požadované místo na prsu. Kompresní desky pro použití při biopsii s otvorem pro jehlu.



Obr. 40: Příkladů používaných kompresních lopatek, standardní lopatky, kontaktní a bodové lopatky, lokalizační

2.7.2 Madla

Madla jsou nezbytnou součástí přístroje. Je důležité, aby se pacientka při vyšetření řádně držela v dané pozici. Madla také poskytují komfort pro pacientku v případě, že jsou dobře řešena a nabízí kvalitní pohodlný úchop či opření ruky. Na mamografech se objevují tři typy madel. Jedním z nich jsou **madla po celém obvodu ramene**, která nabízí úchop v několika možných místech i pod ramenem. Tato madla se objevují například na přístrojích značky Planmed nebo u mamografu Navigator 3000A.³⁰

Dalším typem jsou **dvě madla** umístěna z pravé i levé strany ramene. Nabízí několik výškových úrovní úchopu. Tento typ madel používá společnost Siemens a Fujifilm.

³⁰ Navigator 3000A Mammography. In. Www.sinomdt-global.com [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://sinomdt-global.com/product/mammography/digital-mammography/navigator-3000a/>

Třetím typem jsou **madla integrovaná** v podobě zahloubení hmoty do těla rentgenového ramene. Jedná se o prohlubeň, která je ergonomicky tvarována. Poskytuje úchop v jednom daném místě nebo nabízí výškovou variantu úchopu. Integrovaná madla můžeme vidět u společnosti Hologic a GE Healthcare



Obr. 41: Příklady používaných modelů

Obr. 42: Příklady používaných modelů

Obr. 43: Příklady používaných modelů

2.7.3 Obličejový štít

Obličejový štít slouží pro opření hlavy pacientky během vyšetření. Bývá ergonomicky tvarován tak, aby kopíroval náklon hlavy nebo tvář. Další funkcí obličejového štítu je zabránění tomu, aby pacientka nenaklonila hlavu pod rentgenovou výbojku a nezastínila tak výsledný rentgenový snímek. Chrání také štítnou žlázu před rentgenovým zářením. Štít je vyroben z plastu a nasazuje se pomocí jednoduchého mechanismu např. zasunutím do dvou kolejniček. Je snadno vyměnitelný, snadno se čistí a dezinfikuje.

2.7.4 Ovládací prvky

Ovládací prvky se na mamografickém přístroji vyskytují v podobě tlačítek a manuálních ovladačů. První manuální ovladač je umístěn u kompresního zařízení. Jedná se o ruční otočnou páčku, kterou se reguluje síla přitlaku kompresní lopatky na vyšetřovaný prs. Dalším manuálním ovládacím prvkem jsou pedály umístěné na podlaze. Pomocí pedálů ovládaných nohou se reguluje výška celého ramene a pohyb kompresní lopatky. Pro každý pohyb je jeden ovládací prvek – pedál. Celkem se tedy ovládací zařízení skládá ze čtyř pedálů pro levou stranu a čtyř pro pravou. Veškeré ovládací prvky jsou umístěné vždy z levé i pravé strany přístroje.

Na přístroji je dále rozmístěno několik ovládacích panelů s tlačítky. Rozmístěny jsou tak, aby byly snadno dostupné v kterékoliv situaci a aby byly na dosah ruky. Radiologická asistentka si také může zvolit, který ovládací panel, jeho umístění a výška jí vyhovuje.



Obr. 44: Ovládací prvky přístroje a jejich rozmístění

Ovládací tlačítka mají různé funkce a jsou řádně označeny symboly. Každé tlačítko má svou jednu specifickou funkci. Ovládá se pohyb kompresního zařízení nahoru a dolů. Pohyb C-ramene nahoru a dolů. Otáčení ramene neboli jeho náklon pro vyšetření pod úhlem. Pomocí tlačítka lze také rameno dostat do výchozí pozice 0.³¹

³¹ 3Dimension Mammography system User manual, str. 30 [online]. [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: <https://www.hologic.com/file/62171/download?token=XRomzgn5>



Figure Legend

1. MLO Rotation
2. C-arm Zero
3. Light Field Lamp
4. Motor Enable
5. Collimator Override
6. Clockwise C-arm Rotation
7. C-arm Up and Down
8. Counterclockwise C-arm Rotation
9. Compression Up
10. Compression Down

Figure 9: C-arm Control Panel

Obr. 45: Legenda ovládacích prvků C – ramene přístroje Hologic [1. Rotace rentgenového ramene; 2. Pozice nula C ramene; 3. Světlo nad rentgenovým polem; 4. Povolení motoru; 5. Vyřazení kolimátoru; 6. Rotace ramene ve směru hodinových ručiček; 7. C-rameno nahoru a dolů; 8. Rotace ramene proti směru hodinových ručiček; 9. Kompresse nahoru; 10. Kompresse dolů]

Na přístrojích se objevují tlačítka, která se ovládají stisknutím. Dále jsou zde tlačítka posuvná. Týká se to především mamografického přístroje Hologic, kde se komprese ovládá posunem tlačítka nohu nebo dolů, nikoli stisknutím. Mezi tlačítka se objevují zkratky nebo různé pojistky pro zabránění chybám. Pro automatické otočení ramene o 45° je potřeba stisknout tlačítko povolení motoru zároveň s tlačítkem otáčení.



Obr. 46: Ovládací prvky přístroje Senographe Pristina
 Obr. 47: Ovládací prvky přístroje Hologic, archiv autora, březen 2023
 Obr. 48: Ovládací prvky přístroje Siemens MAMMOMAT Inspiration

2.7.5 Ovládací stanice

Ovládací stanice, též ovládací konzole nebo akviziční stanice je nezbytnou součástí mamografického přístroje. Jedná se o samostatně stojící jednotku, pracovní stůl radiologa. Ovládá se pomocí velké dotykové obrazovky. Zde se nastavují veškeré parametry pro snímkování, volba pacienta, typ vyšetření – zda se jedná o prsa po augmentaci. Na monitoru umístěném na pohyblivém rameni se zobrazují provedené rentgenové snímky. Přihlášení do systému je možné pomocí čtečky otisku prstu, nebo pomocí zadání hesla na klávesnici. Výška stolu je nastavitelná pomocí páčky pod pracovní deskou. Na stole se nachází tlačítko, které spouští snímkování. Snímkování lze spustit také pomocí nožního pedálu, díky němuž si obsluha uleví od bolesti zaměstnaných rukou. Dále je zde tlačítko pro okamžité vypnutí přístroje.

Součástí je i čtečka čárového kódu, kterou lze jednoduše nalézt pacienta databázi.³² Tento popis a funkce odpovídají ovládací stanici společnosti Hologic. Pracovní stanice Planmed Envision™ nabízí dva monitory k prohlížení snímků a snadný pracovní postup.

2.7.6 Funkce

Nejdůležitější funkcí mamografu je komprese vyšetřovaného prsu a okolní tkáně, která snižuje potřebnou dávku rentgenového záření a zároveň rovnoměrně rozprostře vyšetřovanou tkáň. Mezi další důležité funkce patří nastavení C-ramene do požadované výšky dle tělesné výšky pacientky tak, aby byla pozice ramene pro pacientku jako na míru. Další pohyb, který vykonává C-rameno, je náklon pro vyšetření pod úhlem. Moderní přístroje jsou vybaveny ještě třetím pohybem ramene pro vyšetření zvané tomosyntéza. Při tomosyntéze vzniká 3D obraz a snímek lze zkoumat po jednotlivých vrstvách. Při tomto vyšetření se pohybuje horní část ramene, kde je umístěna rentgenka. Rameno je tedy rozděleno do dvou samostatných částí, které se pohybují – otáčejí nezávisle na sobě. Přístroj může také disponovat zařízením pro provádění biopsie.

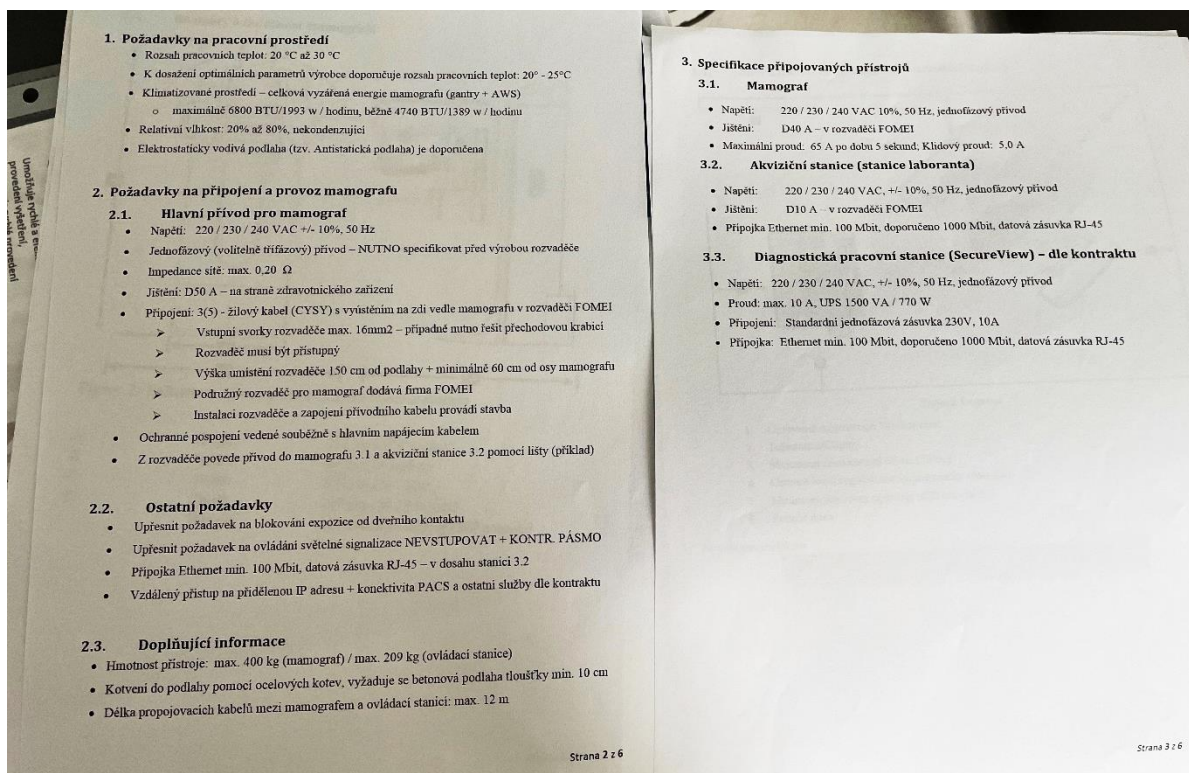
³² Technická specifikace předmětu plnění. [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: [file:///C:/Users/macin/Downloads/Příloha%20č.1.%20RSMV%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/macin/Downloads/Příloha%20č.1.%20RSMV%20(2).pdf)

2.8 Technické parametry

Technické parametry zahrnují specifikace ostatních vlastností, rozměrů, požadavky na instalování přístroje apod., které jsou rozebrány v následujících kapitolách. Veškeré informace jsou popsány v technických listech k jednotlivým přístrojům.

2.8.1 Požadavky a specifikace

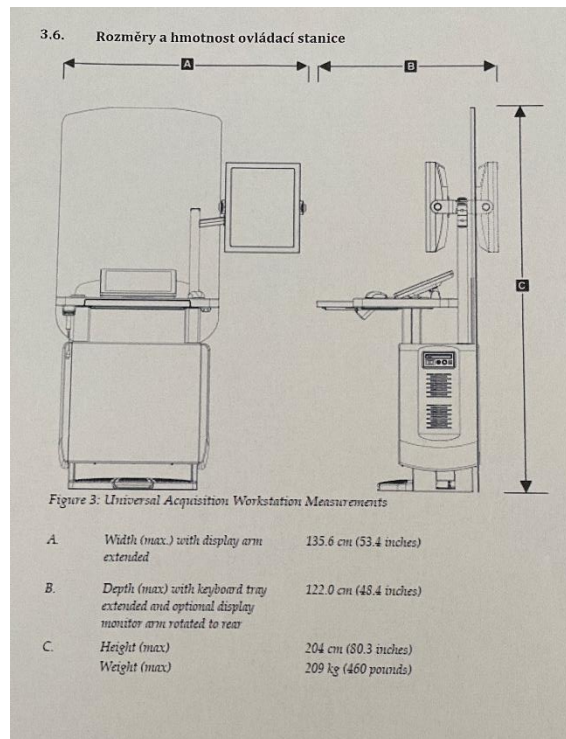
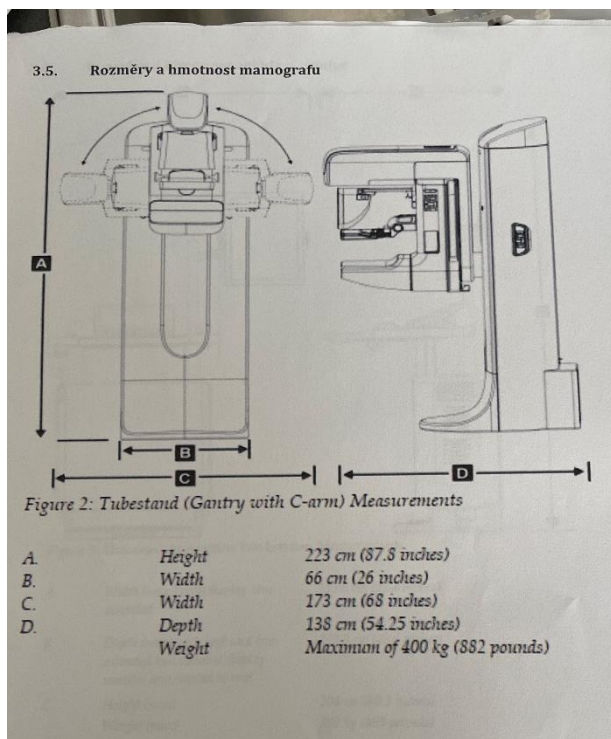
Požadavky jsou definovány v technickém listu od výrobce tak, aby byly k dispozici instalačnímu týmu a servisním technikům. Mezi požadavky lze zařadit teplotu a vlhkost pracovního prostředí, napětí elektrické sítě, jištění, ethernetovou přípojku apod. Specifikováno je také kotvení do podlahy, kdy betonová podlaha musí mít minimální tloušťku 10 cm. Délka připojovacích kabelů mezi mamografem a ovládací stanicí musí být max 12 metrů. Ve specifikacích je definováno napětí, jištění, maximální proud a požadované přípojky.



Obr. 49: Požadavky a specifikace k mamografickému přístroji Hologic 3Dimension, archiv autora, březen 2023

2.8.2 Rozměry

Rozměry přístrojů se liší dle výrobce. Nejedná se však o nijak markantní rozdíl. Rozměry jsou specifikovány pomocí technického výkresu v měřítku v technickém listu přístroje.



Obr. 50: Rozměry přístroje Hologic 3Dimension, archiv autora, březen 2023

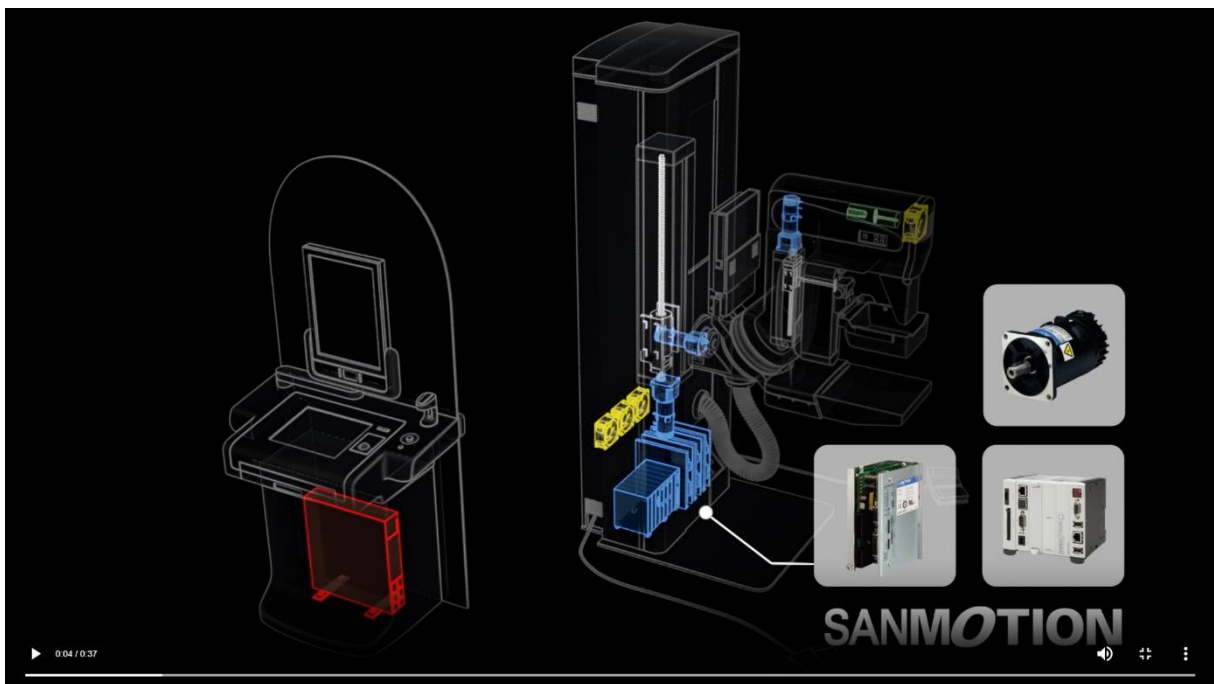
Obr. 51: Rozměry ovládací stanice Hologic 3Dimension, archiv autora, březen 2023

2.8.3 Vnitřní komponenty

Znalost vnitřních komponentů je důležitá pro správné pochopení fungování přístroje. Přístroj musí být něčím poháněn, nějak se otáčí, pohybuje, mění své nastavení, a to především díky tomu, jaké komponenty jsou ukryté uvnitř. Znalost těchto komponentů je důležitá také pro následnou práci s hmotou.

Mamografický přístroj využívá k pohybu a otáčení servomotory. Servomotory jsou charakteristické vysokou přesností, nízkými otáčkami a možností nastavit přesnou polohu a natočení osy. Jsou schopny rychle reagovat na změny v požadované pozici nebo rychlosti.³³ Jednotlivé pohyblivé části se pohybují po závitových trapézových tyčích. Přístroj se chladí pomocí ventilátorů umístěných u rentgenky a u řídicí desky ve spodní části.

³³ Servomotor. [online]. [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Servomotor>



Obr. 52: Schéma vnitřních komponentů

2.9 Veřejný průzkum

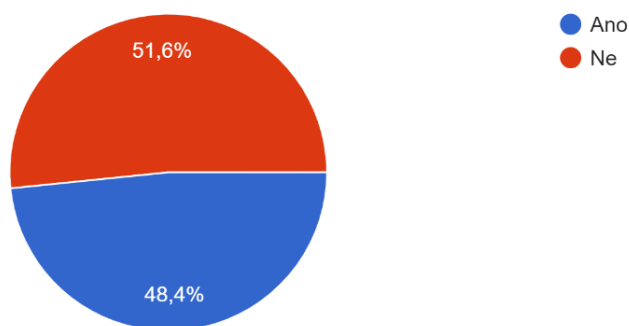
V rámci průzkumu zkušeností a názorů pacientek podstupujících mamografické vyšetření jsem vytvořila veřejný dotazník. Z dotazníku jsem se snažila získat informace o tom, co pacientkám dělá v průběhu vyšetření problém, zda je jim něco nepříjemné a zda mají bolesti.

Bohužel se mi nepodařilo oslovit potřebnou skupinu respondentů i přes snahu rozšířit dotazník do organizací, které se věnují prevenci proti rakovině prsu. Sociologického průzkumu se zúčastnilo 54 žen různých věkových kategorií (od 18 let až po 60 let a více). Z toho 30 žen mamografické vyšetření podstoupily alespoň jedenkrát v rámci prevence, z důvodu rodinné anamnézy nebo diagnostiky karcinomu prsu.

Většina dotazovaných žen podstupuje vyšetření pravidelně každé dva roky v rámci prevence. Vyšetření trvá v průměru pár minut, tudíž pacientky nemají problém s tím, že vyšetření probíhá ve stoje. 83 % dotazovaných má s vyšetřením kladné zkušenosti. Polovina zažila nepříjemný pocit nebo bolesti. Nejčastěji uvádí silný až bolestivý tlak na prsa kompresním zařízením, který je ovšem k vyšetření nezbytný. Pravděpodobně je to opodstatněno tím, že 18 z 30 dotazovaných žen nebylo informováno o tom, co v průběhu vyšetření očekávat. Dále shledávají jako nepříjemné celkové vykroucení těla. Nekomfortní je pro ně také poloha rukou, poloha hlavy a zima v místnosti.

Měla jste nějaké bolesti nebo nepříjemné pocity během vyšetření?

31 odpovědí



Obr. 53: Otázka z veřejného dotazníku, archiv autora, březen 2023

V další části jsem se dotazovala na komfortnost procesu mamografického vyšetření. Dotazované ženy ve svých odpovědích uváděly převážně fakt, že vyšetření komfortní není, ale vzhledem k délce trvání to vydrží. „Není to příjemné, ale podle mě jsou horší vyšetření. Diskomfort trvá jen chvíli a dá se vydržet.“. Další respondentka uvádí: „Stisknutí přístrojem bolí a tělo je v nekomfortní poloze, ale trvá to chvíli.“ Nahota horní poloviny těla je nepříjemná pro minimum respondentek. „Bylo to trochu nepříjemné, byla mi zima a měla jsem pocit studu z nahoty.“

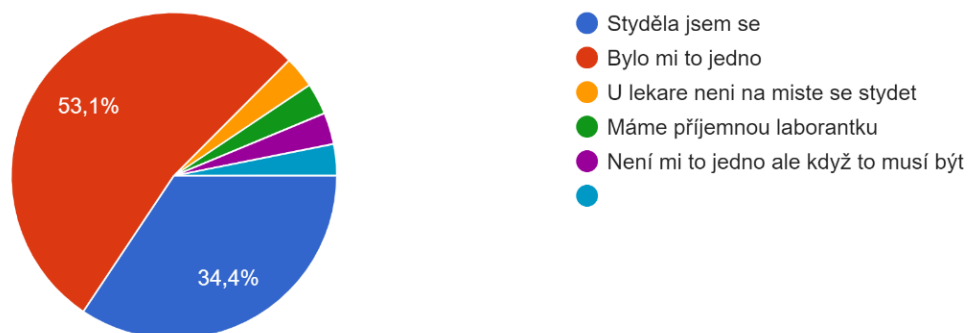
Co by pacientky navrhla, aby se zlepšila kvalita mamografických vyšetření prsu? „Možnost lepšího postavení hlavy“. „Technicky mě nic nenapadá. Nedokážu si představit, jak jinak by se mohlo dosáhnout výsledků vyšetření bez současného přístupu/konstrukce stroje.“ Mezi návrhy na zlepšení kvality vyšetření respondentky zařadily trpělivější a citlivější přístup personálu, teplotu v místnosti. Samotné vyšetření se jim zdá být kvalitní.

Jaké změny nebo doporučení by pacientka uvítala, aby se proces mamografického vyšetření zlepšil z hlediska komfortu a pohodlí? „Větší komunikace s pacientkou.“, „Určitě citlivý trpělivý přístup personálu.“

Zde se opět setkáváme s názory na necitlivý přístup personálu, který by si pacientky přály změnit. „laskavý přístup personálu, vadí mi chlad při vyšetření“. „Osobně mám dobré zkušenosti s přístupem personálu na pracovišti, kam docházím. Ale určitě budou pracoviště, kde osobní přístup zaměstnanců pokulhává.“

Jak jste se cítila při obnažení prsů během mamografického vyšetření?

32 odpovědí



Obr. 54: Otázka z veřejného dotazníku, archiv autora, březen 2023

Z dotazníku vyplývá, že ne vždy se žena při mamografickém vyšetření setká s vlídným přístupem personálu. Mělo by být samozřejmostí, že neví, jak se k přístroji postavit a kam dát ruce. Pro radiologickou asistentku, která denně provede několik desítek vyšetření je pozice u přístroje zaběhnutým standardem a nebere v potaz dvouroční časový rozestup mezi preventivním screeningem. Návrh mamografu by mohl na první pohled jasně značit místa, kde se smí pacientka dotýkat a kde má stát.

3. Výstup analýzy a formulace vize

Rešerše mi pomohla získat všeobecný přehled o dostupných přístrojích na trhu a principu jejich fungování. Podařilo se mi získat několik mně doposud neznámých informací. Ujasnila jsem si důležité součásti a funkce přístroje a průběh vyšetření. Během pozorování vyšetření jsem narazila na několik zásadních překážek. Jednou z nich je fakt, že pacientka neví, jak se k přístroji postavit. Toto vyplynulo i z veřejného dotazníku, kde si na neznalost pozice pacientky stěžovaly. Druhou překážkou je zaměstnanost rukou radiologické asistentky při polohování pacientky. Z toho důvod jsou zde nezbytné nožní ovládací prvky. Dalším negativním faktorem je strach pacientky z vyšetření.

3.1 Poznatky z rešerše

Mamografické přístroje existují ve dvou variantách. První je běžný mamograf s funkcí 2D snímkování. Zde se naklání celé rameno pod požadovaný úhel. Bývají standardním vybavení každého mamografického centra. Jejich pořizovací cena je nižší. Může se pohybovat okolo 3 milionů korun.

Druhou variantou je 3D přístroj s funkcí tomosyntézy, který umí vytvořit 3D obraz vyšetřované tkáně. V tomto případě vykonává rameno přístroje celkem tři pohyby – výškový rozsah, náklon celého ramene a pohyb rentgenky. Přídatnou funkcí je zařízení pro biopsii. Pořizovací cena těchto přístrojů může být okolo 10 milionů korun.

3.2 Požadované funkce a vlastnosti přístroje

Během testování a zkoumání mamografického přístroje Hologic 3Dimensions v mamografickém centru a zkoumání a porovnávání ostatních přístrojů dostupných na trhu jsem si formulovala několik požadavků na vlastnosti a prvky, kterými se chci zabývat. Mezi jednotlivé prvky patří:

- **Stabilita** – přístroj musí být na první pohled stabilní. Vzhledem k tomu, že vyšetřovací C-rameno přesahuje celou statickou hmotu přístroje, musí mamograf vizuálně působit stabilně.
- **Postavení pacientky** – vyznačení pozice, kam se má pacientka k přístroji postavit a kde se má chytit. Vyznačení by mohlo být pomocí barevnosti, grafických nebo světelných prvků.

- **Madla** – souvisí se správným postavením pacientky u přístroje. Přemístěním ovládacího panelu z ramene by se mohl počet madel zvýšit. Tím by se rozšířila variabilita úchopů dle pohodlí pacientky. Madla mohou být integrovaná nebo klasická.
- **Obličejový štít** – mechanismus vyměňování štítu, jeho tvar a náklon. Nemohl by být příjemnější? Pokud přejíždí pacientce přes obličej plochá plastová deska není to moc komfortní i když se jedná o několik málo vteřin. Tvar obličejového štítu by mohl napomoci k pohodlnějšímu postavení pacientky.
- **Tvar desky, o kterou se opírá pacient** – anatomické tvarování hrany desky, o kterou se pacientka opírá v oblasti podpaží. Lepší komunikace s tvarem těla.
- **Ovládací prvky** – jejich rozmístění, grafické řešení, počet a funkce. Hlavní ovládací prvky se nachází na pohyblivém rameni. Další ovládací panel se základními ovladači je na stojanu přístroje. Hlavní ovladače jsou v blízkosti madel a pokud se přístroj nakloní o 45° jsou hůře dostupné. Ideální by bylo přesunout hlavní ovládací panel na stojan přístroje přibližně o 30 až 50 cm dále a doplnit jej o vedlejší ovládací prvky. Dalším řešením by bylo nabídnout jeden ovládací panel na stojanu přístroje s možností regulace výšky umístění na pohyblivém rameni.
- **Nožní pedály** – pedál, který leží na zemi u přístroje, kolem něj je položený připojovací kabel a je volně pohyblivý. Mohlo by se ovládnutí komprese a pohyb ramene řešit jinak než sešlápnutím pedálu nohou? Dalo by se nějak odstranit kabely a udělat pedály bezdrátové? Selhalo by toto řešení a přístroj by byl třeba v určitém okamžiku pedálem neovladatelný? Podstavec přístroje by se mohl rozšířit a v něm by mohly být jednotlivé pedály instalovány. Mohly by mít pedály větší šířku, aby nabídly možnost sešlápnutí ve více místech a byly by statické.
- **Mechanismus nasazování kompresních destiček** – jednoduché nasazení a výměna kompresních desek.
- **Displeje** – displej u kompresní desky zobrazuje sílu přitlaku a jeho výšku. Je nutný z obou stran. Dále dvojice displejů zobrazující úhel naklonění ramene nemusí být na pro pacientku viditelném místě.
- **Povrch** – zvolený materiál a tvarování povrchu musí odpovídat hygienickým požadavkům. Na povrchu přístroje by se neměly nacházet zbytečné otvory a prohlubně, které by byly složitě čistitelné.

Z výše uvedených požadavků, vlastností a řešitelných prvků vyplývá, že řešitelnou oblastí je komfortnost a poloha pacientky, ovladatelnost a komfortnost pro radiologickou asistentku a celkový vzhled přístroje. Návrh by měl být srovnatelný s principy a fungováním současných modelů. Obsahovat bude funkci

nastavitelné výšky C-ramene a jeho náklon. Dále pohyb rentgenky pro 3D vyšetření – tomosyntézu. Pohyb kompresního zařízení směrem nahoru a dolů. Zachovány budou také ruční ovládací prvky. Jejich rozmístění se však může lišit.

3.3 Cílová skupina

Cílovou skupinou jsou všechny pacientky a pacienti, kteří dochází na preventivní nebo diagnostické mamografické vyšetření. V přední řadě je důležité jejich pohodlí. Samotné vyšetření může být nepříjemné, přístroj na ně může působit děsivým dojmem. Důležité je, aby se pacientka při vyšetření mohla uvolnit a cítila se komfortně. K tomu dopomůže správně tvarovaná podložka, o kterou se opírá vyšetřovanou částí těla a pohodlné madlo.

Druhou cílovou skupinou jsou radiologické asistentky a všechny osoby, které přístroj obsluhují. Obsluha takového přístroje pro ně musí být srozumitelná, zapamatovatelná a jednoduchá. Důležité je logické rozmístění ovládacích prvků tak, aby byly v dosahu v průběhu polohování pacientky a při jakýchkoliv jiných situacích. Přístroj i ovládací stanice by měly mít jednoduché a funkční uživatelské rozhraní.

3.4 Cílové prostředí

Cílovým prostředím je zdravotnické zařízení, kterým je specializované centrum prevence a diagnostiky zaměřené primárně na vyšetření prsní tkáně. Do centra dochází převážně pacienti ženského pohlaví, mezi nimi se však objevuje i malé procento mužů. Většina mamodiagnostických center je designováno pro ženské pohlaví. Mamografický přístroj bývá bílý s růžovými nebo fialovými prvky. Do stejné barvy jsou laděny závěsy či rolety v místnosti. Stěny jsou také vymalované růžovou barvou. Celé takové prostředí může působit spíše jak pokoj pro panenky a mužská část populace se v něm necítí příjemně. Prostředí i samotný přístroj by měl mít neutrální barvy odpovídající zdravotnictví. Typická je barva bílá, modrá, zelená, šedá. Tato barevnost se objevuje na přístroji Hologic 3Dimensions.

Ve zdravotnickém zařízení musíme dbát v první řadě na hygienu. Přístroj musí splňovat určité požadavky a musí být navržen tak, aby byl hygienický. Jednotlivé části, kterých se dotýká pacientka musí být buď snadno dezinfikovatelné nebo vyměnitelné. Obličejový štít a kompresní lopatky se dají sundat a řádně umýt. Madla se dají otírat a deska pod kompresním zařízením taky. K vyčištění se používá předepsaná dezinfekce od výrobce. Radiologická asistentka by měla při polohování pacientky používat jednorázové rukavice.

Místnost, ve které bude přístroj umístěn musí splňovat specifika a požadavky výrobce na vhodný prostor pro instalaci.

3.5 Formulace vize

V průběhu analýzy při zkoumání a porovnávání jednotlivých přístrojů, jejich fungování a použití jsem si začala formulovat vizi a vlastnosti, které bych očekávala, aby takový přístroj měl.

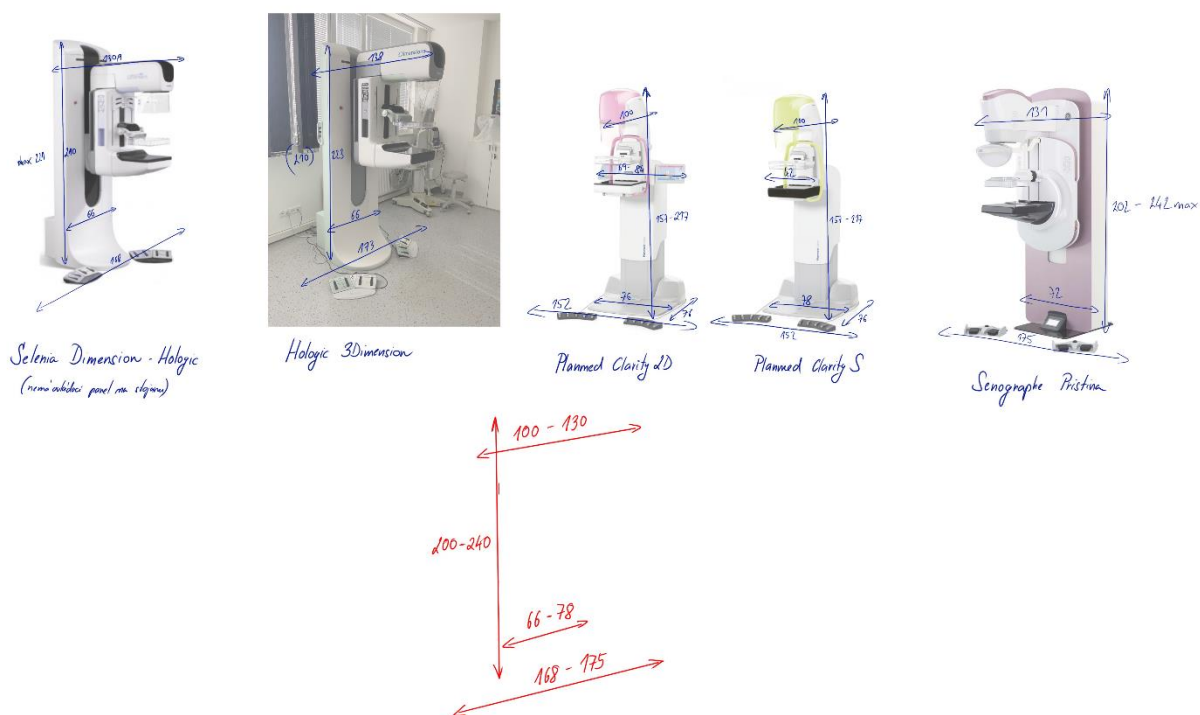
Vizí tohoto projektu je navržení mamografického přístroje s důrazem na **komfort** v průběhu vyšetření. Tvar přístroje by měl být pro pacientku na první pohled příjemný. Neměla by se vyšetření obávat, měla by přístroji věřit. Důležitým vizuálním prvkem je **stabilita**. I přes, pro běžného diváka na první pohled neviditelné kotevní prvky, které drží přístroj pevně v zemi, by měl mít jeho vizuál stabilitu. Mezi komfortní prvky budou dále zařazena ergonomická integrovaná madla, která budou nabízet **kvalitní úchop**. Obličejový štít bude pohodlný pro **opření hlavy**. Anatomické tvarování hran desky, o kterou se pacientka opírá vyšetřovanou tkání by mohlo přispět ke **zkvalitnění polohy**.

S ohledem na uživatele přístroje – radiologickou asistentku bude předmětem řešení **ovládání přístroje**. Logické rozmístění jednotlivých ovládacích prvků a snadný dosah na ně. K ovládacím pedálům umístěným na podlaze budu mít inovátorský přístup a pokusím se hledat nové řešení, které by více korespondovalo s celým přístrojem.

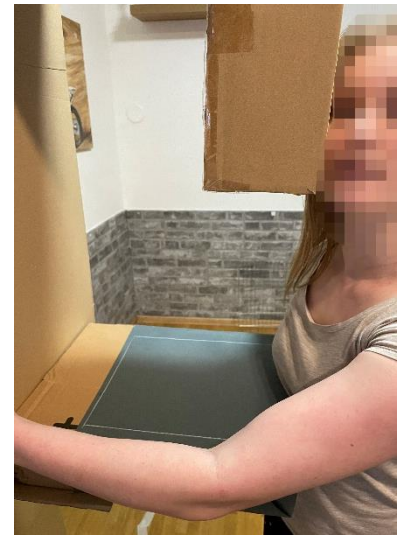
Výsledná vize je návrh takového přístroje, který zajistí stabilitu, komfortnost pacientky a snadnou ovladatelnost.

4. Proces navrhování

V počátku navrhování je důležité definovat si hmotu o minimálních a maximálních rozměrech. Tento krok byl důležitý pro vymezení velikosti, se kterou si mohu dovolit pracovat. Vymezení rozměrů vychází z technických výkresů již existujících přístrojů a z rozmístění vnitřních komponentů. Z porovnání vyplývá, že celková výška přístroje je 200–240 cm. Horní hranice je stanovena vysunutím rentgenového ramene do maximální možné výšky. Šířka přístroje by měla být minimálně 60 cm pro stabilitu a umístění vnitřních komponentů. Hloubka i s ramenem je maximálně 130 cm. Hloubka samotného stojanu se pohybuje okolo 30 až 40 centimetrů. Ve spodní části je pak doplněna o přidanou část, ve které se nachází technické vybavení. Vymezený prostor okolo přístroje při náklonu ramene by měl být na šířku alespoň 170 centimetrů.



Obr. 55: Vymezení základních rozměrů na základě technických výkresů přístrojů Hologic Selenia Dimensions, Hologic 3Dimensions, Planned Clarity 2D, Planned Clarity S, GE Senographe Pristina

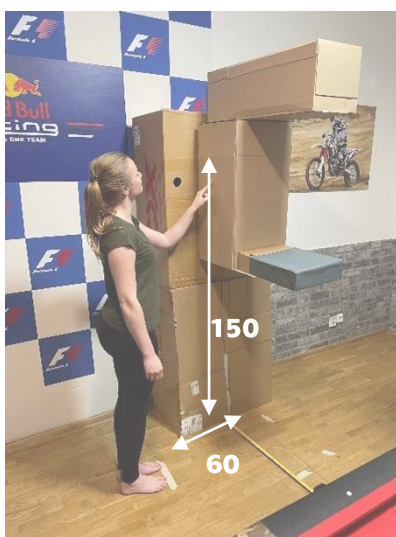


Obr. 58: První pokus o postavení se k přístroji a vyšetření pravého prsu, archiv autora, duben 2023

Obr. 59: Detailní pohled na postavení těla při vyšetření pravého prsu s úchopem pravé ruky a odtažení těla od vyšetřovací desky, archiv autora, duben 2023

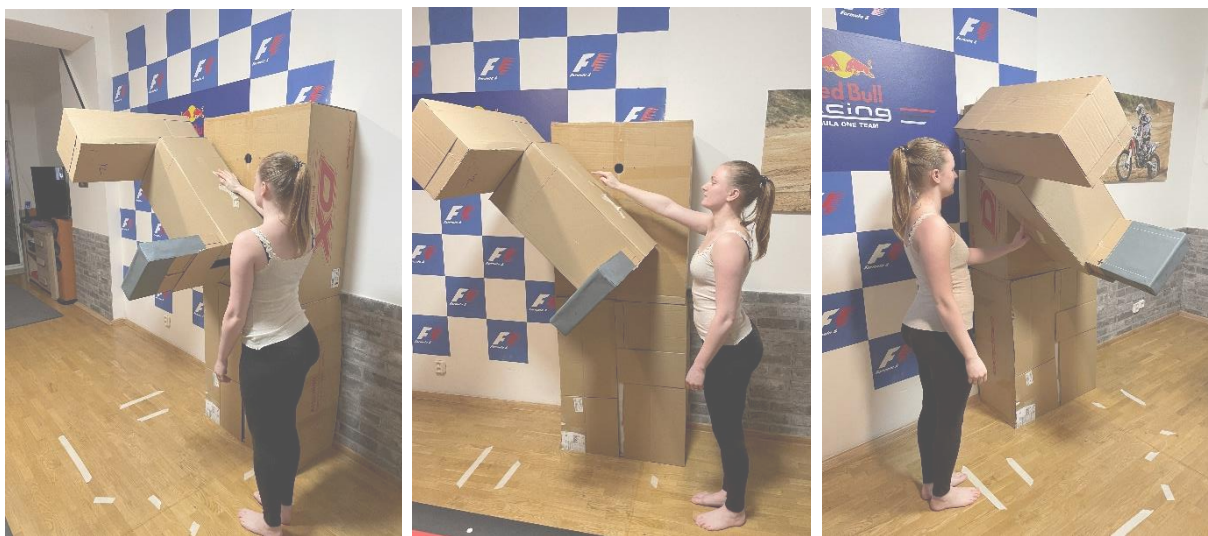
Obr. 60: Detailní pohled na postavení těla při vyšetření pravého prsu se správným úchopem ruky, archiv autora, duben 2023

Dále jsem testovala rozmístění ovládacích prvků a dosah na ně ve svislé pozici ramene přístroje a v náklonu. Ovládání umístěné na pohyblivém rameni vychází z logické úvahy – ovládám část, která se pohybuje. Další fakt, který vede k tomu, že je hlavní ovládací panel umístěn na pohyblivém rameni je, když radioložka pomáhá pacientce do pozice k přístroji a současně nastavuje potřebné hodnoty. V rámci dosažitelnosti z jakékoliv pozice ramene je ale naopak logické umístění ovladače i na stojan přístroje. Vzdálenost nohou pacientky při ovládání ve svislé pozici od středu přístroje byla 60 cm, od samotné hrany přístroje, kdy jeho šířka stojanu je 75 cm, vychází vzdálenost postroje radioložky na přibližně 22 cm.



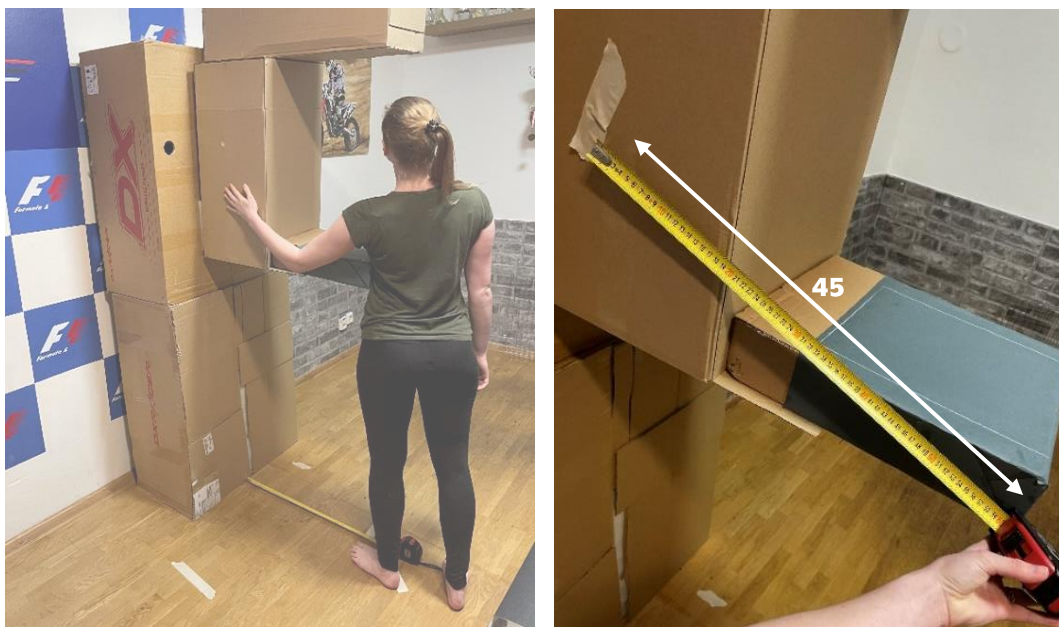
Obr. 61, 62, 63: Pozice při ovládání přístroje ve svislé pozici ramene, archiv autora, duben 2023

Po otočení přístroje o 45° pro mě bylo dosažení na ovládání poněkud obtížné. Na fotce lze vidět, že mám ruku plně nataženou. Výška umístění ovládacího panelu vycházela z pohodlné pozice ruky ve svislé pozici, výška ramene vychází z vyšetření standardní postavy vysoké 167 cm.



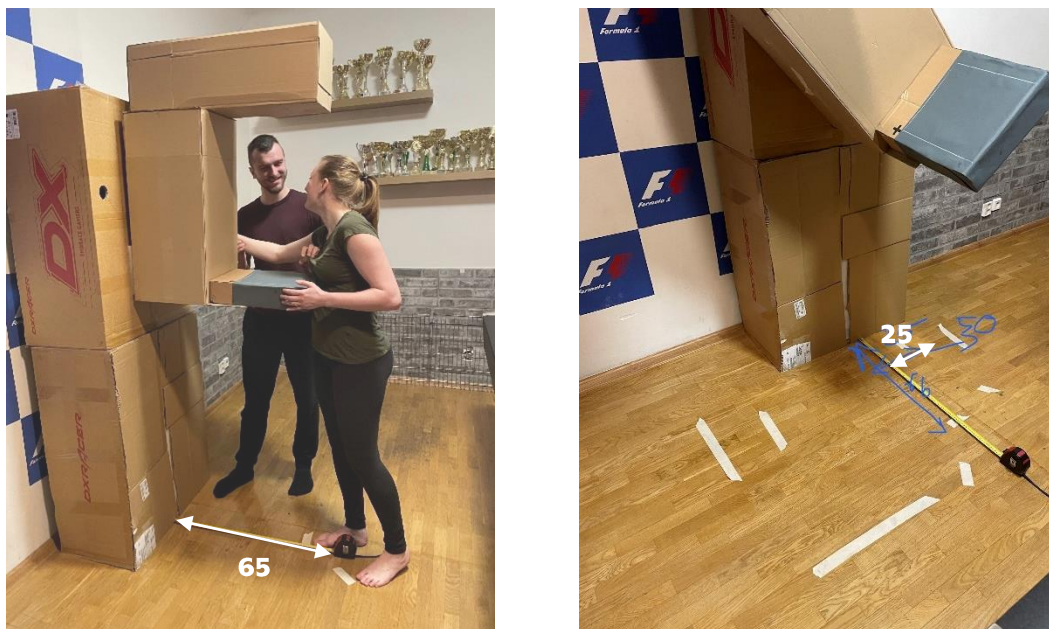
Obr. 64, 65, 66: Pozice při ovládní přístroje při náklonu ramene, archiv autora, duben 2023

Vzdálenost madla pro postavu vysokou 167 cm je od hrany vyšetřovací desky 60 cm ke konečkům prstů. Ideální vzdálenost je tedy 45-50 cm, což odpovídá naměřené vzdálenosti na přístroji Hologic. Výška madla se mění s výškou přístroje dle výšky pacientky. Důležitější bude délka ruky čili vzdálenost madla od hrany vyšetřovací desky.



Obr. 67, 68: Měření vzdálenosti madla, archiv autora, duben 2023

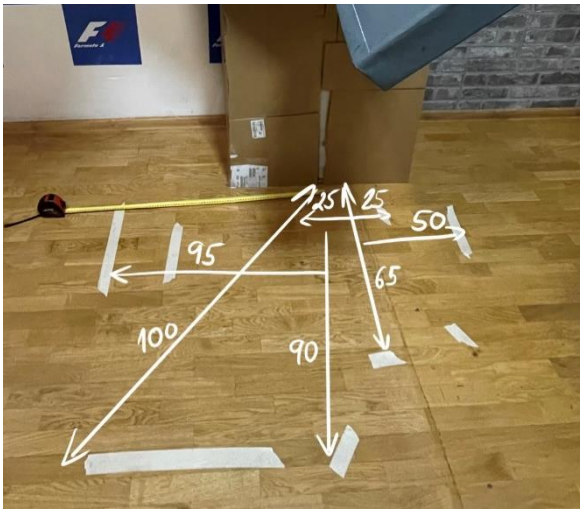
Při simulaci postoje pacientky u přístroje a pozice radiologa vyplynulo několik rozměrů z postavení nohou. Při vyšetření sahají nohy pacientce lehce pod přístroj. Vzdálenost od hrany ke špičce je 65 cm, Rameno má na délku 75 cm. Při vyšetření ve svislé pozici můžou být nohy radiologa pod přístrojem až tak blízko, že vzdálenost od středu je 25 cm, tzn. 50 cm celkem z celkové šířky stojanu asi 75 cm. Uvedená šířka stojanu je maximální, v následných návrzích se může lišit. Proto je každá vzdálenost měřena vždy od středu stojanu přístroje.



Obr. 69, 70: Měření postavení nohou radiologa při asistenci pacientce, archiv autora, duben 2023

Z první fáze testování, kdy jsem zkoumala postavení nohou pacientky a radiologa při vyšetření a bezpečný pohyb kolem přístroje, vyplynulo několik rozměrů. Bezpečný prostor na pohyb kolem přístroje je 90 na cca 180 centimetrů. Vzhledem k postavení se k přístroji při ovládání se šířka prostoru snižuje na 120 cm v bezprostřední blízkosti přístroje. Testování pohybu kolem přístroje, jeho ovládání a polohování pacientky se zúčastnilo několik osob o rozdílné tělesné váze a výšce. Výsledky měření však byly u všech zúčastněných téměř totožné.

Vymezení rozměrů při pohybu kolem přístroje přispělo k výslednému tvaru, který vychází z trajektorie pohybu všech zúčastněných osob. Výsledný tvar v podobě písmene T vymezuje prostor, se kterým by bylo možné dále pracovat, aniž by při vyšetření a pohybu kolem přístroje překážel. Zamýšlený záměr s tímto vymezeným prostorem je podstavec pro zvýšení stability přístroje a rozšíření jeho spodní části do prostoru.



Obr. 71: Zakreslení rozměrů okolo přístroje, archiv autora, duben 2023
 Obr. 72: Zakreslení tvaru volné plochy, archiv autora, duben 2023

4.1.2 Druhá fáze – trajektorie pohybu pedálů

Cílem druhé části testování bylo odhalit možnost nahrazení stávajících ovládacích prvků v podobě pedálů, které se mohou nešikovně motat pod nohama. Tyto pedály jsou používány u všech přístrojů. Cílem je odhalit novou možnost ovládání a odstranit tak nevzhledné prvky na podlaze a všude motající se kabely, kterými jsou připojeny k přístroji. Během analýzy jsem si všimla, že většina výrobců u svých hlavních fotografií či vizualizací přístrojů ovládací pedály neprezentuje. A pokud ano, jsou pedály bez připojovacích kabelů. Na první pohled to působí, jako by pedály kazily celkovou vizuální stránku přístroje, přitom jsou dle průzkumu nezbytnou součástí ovládání.

Z prvního měření vyplynul tvar v podobě písmene T, ve kterém může být umístěna část přístroje, která by rozšířila podstavec. Dalším zamýšleným řešením s vymezeným prostorem byla kolejnice, po které by se pedál mohl pohybovat anebo velký statický pedál. Možný tvar hmoty je nutné ještě ověřit na trajektorii pohybu pedálu.



Obr. 73: Trajektorie pohybu pedálu po podlaze, archiv autora, duben 2023

Ve druhé fázi testování se zaměřuji na posouvání pedálu nohou po podlaze do pohodlné polohy v různých případech pohybu kolem přístroje. Testování se zúčastnilo několik osob. Z výsledného zaznamenání pohybu na video vyplynula u všech zúčastněných téměř totožná trajektorie pedálu. Testování probíhalo na osobách o tělesné výšce 164 cm, 167 cm a 179 cm. Nejdelší možná vzdálenost, která byla nohou dosažitelná v situaci, kdy radiolog stojí u přístroje byla necelých 90 centimetrů od středu přístroje. Skutečná maximální vzdálenost, kterou by mohl radiolog vykročit jednou nohou od přístroje je 50 centimetrů. Z měření trajektorie pohybu pedálu po podlaze vznikly na každé straně přístroje dráhy o tvaru čtvrtkružnice.

4.1.3 Třetí fáze – vymezení skutečné volné plochy kolem přístroje

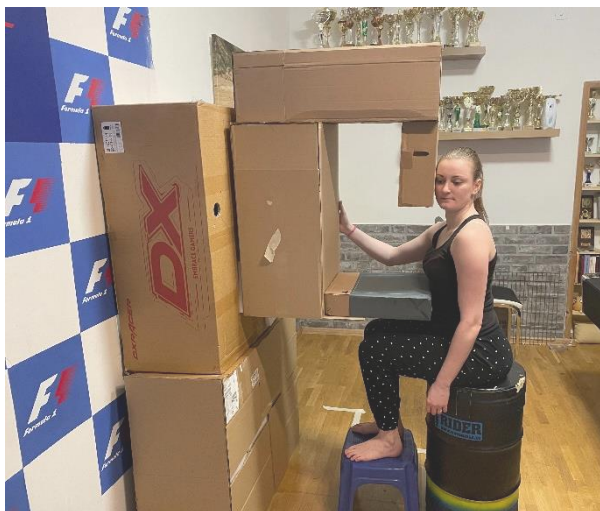
Po celou dobu testování jsem k přístroji přistupovala ve stoje. Vzniklý tvar čtvrtkružnic pro dráhu pedálů se mi zdál ideální pro zamyšlení se nad inovací pedálů a tvarování podstavce, který by zvýšil dojem z celkové stability přístroje. Podstavec by měl funkční i estetickou funkci. Zároveň by mohl naznačovat, kam se má pacientka postavit. Tím by se z části ulehčila práce radiologické asistentce. Zamýšleným záměrem bylo rozšíření spodní části stojanu mamografického přístroje a zvýšení dojmu z celkové stability přístroje. Odstranění pedálů a jejich nahrazení jiným funkčním ovládacím prvkem. Například již zmiňovaným podstavcem, ve kterém by byly pedály integrovány anebo systémem s kolejnicemi ve tvaru čtvrtkružnic, po kterém by se pedály pohybovaly.

V této fázi jsem si však uvědomila, že se kolem přístroje nepohybujeme pouze ve stoje. Mamografické vyšetření se může podstoupit i pacientka na invalidním vozíku, který má určité rozměry. Při biopsii sedí pacientka u přístroje na speciální židli. V některých případech může dokonce ležet. Při návštěvě mammacentra jsem byla informována, že při zákroku prováděném v sedě dávají pacientce pod nohy stoličku pro pohodlnější pozici. Pokud se kolem přístroje manipuluje s lůžkem, na kterém se následně provádí zákrok, je potřeba určitý prostor. S hmotou na podlaze kolem přístroje bych mohla pracovat v případě, pokud bych se zaměřila na přístroj bez funkce tomosyntézy a biopsie. Avšak i u běžného přístroje bez těchto funkcí se může pohybovat pacientka na vozíku či vyšetřovací židli. 2D přístroj je také ze stejné řady od výrobce jako 3D přístroj. Není v nich na první pohled téměř žádný rozdíl.

Vyšetření pacientek na vozíku jsem si ještě ověřila u radiologické asistentky. *„Ano, pacientky na invalidním vozíku vyšetřujeme také. Vozík si upravíme. Máme i starší nebo lehce handicapované pacientky, které nevydrží stát po celou dobu vyšetření. Ty snímujeme vsedě na židli. Pomáhá nám velký výškový rozsah mamografu.“* ³⁴

³⁴ BLAŽKOVÁ, Eva [písemné sdělení], Praha, 26.4.2023

U přístroje jsem si vyznačila šířku potřebnou pro vozík. Samotný invalidní vozík má šířku 60 cm, na projezd potřebuje šířku o alespoň 80 centimetrech. Nejprve jsem vytvořila modelovou situaci vyšetření pacientky na židli s přidanou stoličkou pod nohama. Poté jsem pomocí židle a vyznačených rozměrů na podlaze pomocí lepicí pásky napodobila postavení pacientky na invalidním vozíku u přístroje.



Obr. 74: Pozice v sedě na vyšetřovací židli, archiv autora, duben 2023
Obr. 75: Simulace polohy na invalidním vozíku, archiv autora, duben 2023

Na zaznamenané fotografii lze vidět, kam mi sahají špičky nohou. V obou případech jsem měla špičky nohou vzdálené 30 centimetrů od spodní hrany přístroje. Tato vzdálenost se může měnit s individuálním posazením každé osoby.



Obr. 76: Zamýšlená plocha pro práci s podstavcem, archiv autora, duben 2023
Obr. 77: Výsledná volná plocha pro možnou práci s podstavcem, archiv autora, duben 2023

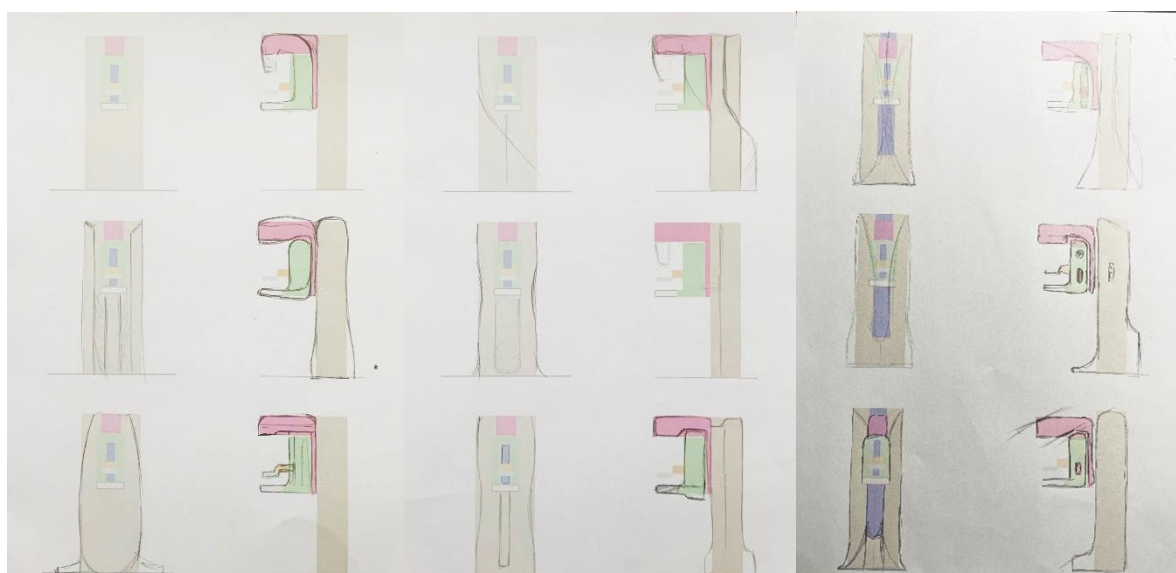
Na obrázku číslo 75 jsem zaznamenala pomocí papírů plochu, která ale byla moc rozšířena do stran. Po postavení se k přístroji ze strany se záměrem ovládní sem stála přímo ve vymezené ploše. Výsledná plocha zakreslená modrou barvou je tedy o dost menší. Její šířka je 90 centimetrů a hloubka 30 centimetrů.

Z testování na fyzickém modelu vyplynulo, že používané ovládací prvky v podobě pedálů jsou ideálním řešením. Doposud se mi nepodařilo odhalit jednoduchý systém, který by nezkomplikoval výrobu, nezvýšil pořizovací cenu a zároveň nepřidělával radioložce více namáhavé práce s ovládním.

V další části se zaměřím na rozmístění jednotlivých ovládacích panelů tak, aby byly dobře dosažitelné v různých situacích. Zaměřím se také na pohodlí pacientky v podobě tvarování a umístění madel.

4.2 Návrhy

Před procesem navrhování jsem rozšířila 3D model o další části. Jednotlivé části jsem barevně rozlišila. Do modelu jsem vyznačila trasy, kudy se pohybuje rameno a kompresní zařízení. Vyznačila jsem si vzdálenost madla a umístění desky, kam pacientka pokládá vyšetřovanou tkáň. Model jsem si umístila v pohledu zepředu, z boku a v perspektivě. Jednotlivé pohledy na přístroj v základních tvarech jsem si vytiskla na papír nebo převedla do grafického tabletu a začala jsem přes jednoduchou hmotu skicovat tvary přístroje. Z počátku byly návrhy nicneříkající, neosobité a dost náhodné. Inspiraci tvarů a křivek jsem přebírala z ostatních zdravotnických zařízení, aby byl návrh identický pro medicínu. Další inspiraci pro tvar jsem hledala v ladných křivkách ženského těla, v symbolu pro rakovinu prsu a v přírodě. Největší inspirací mi bylo poupě květu, které něžně zavinuje a objímá zelenými listy okvětní lístky. Tvar přístroje by tak mohl mít výraz pocitu bezpečí a obejmutí. Svým tvarem by naznačoval, že je pacientka v bezpečí a nemusí se vyšetření obávat.



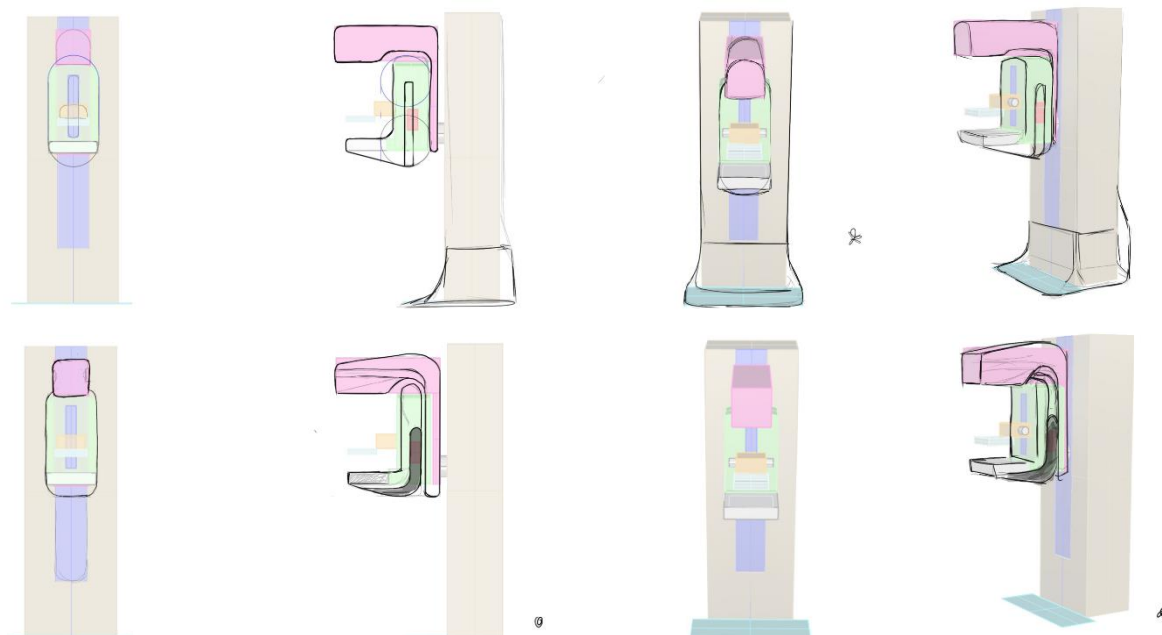
Obr. 78: První skici mamografického přístroje, archiv autora, duben 2023

V této fázi projektu je cílem odhalit několik možností tvaru přístroje. Do jednoduchého modelu skládajícího se z kvádrů o stanovených rozměrech je důležité dostat tvar odpovídající stanoveným požadavkům, cílovému prostředí a způsobu používání. Přístroj svým tvarem musí odpovídat zdravotnickému zařízení, hygieně. Musí být stabilní, funkční ale zároveň příjemný na pohled.



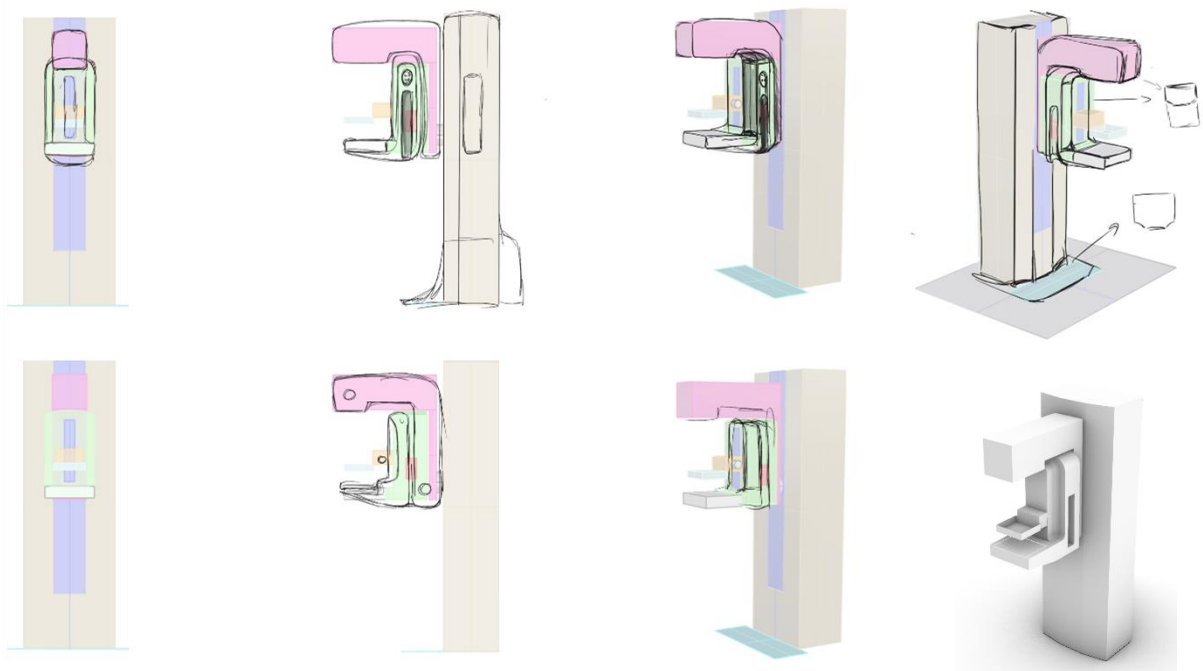
Obr. 79, 80: Návrhy mamografického přístroje a inspirace přírodou, archiv autora, duben 2023

Po prvotních skicích jsem projekt uchopila pevněji. Následné návrhy jsou více smysluplné. Zaměřila jsem se na tvarování ramene s kompresní částí pomocí ergonomických madel. Integrovaná madla by nabízela více možností úchopu. Jejich protažením až do spodní části by mohlo umožnit úchop i zespodu. Tvar a vzdálenost madel však musím ověřit na fyzickém modelu, kde otestuji dosah rukou v podhmatu v roli pacientky. Během průzkumu v terénu jsem si vyzkoušela pohodlnost integrovaného madla. Pacient svírá v ruce část hmoty ramene a ruka zapadne do prohlubně.



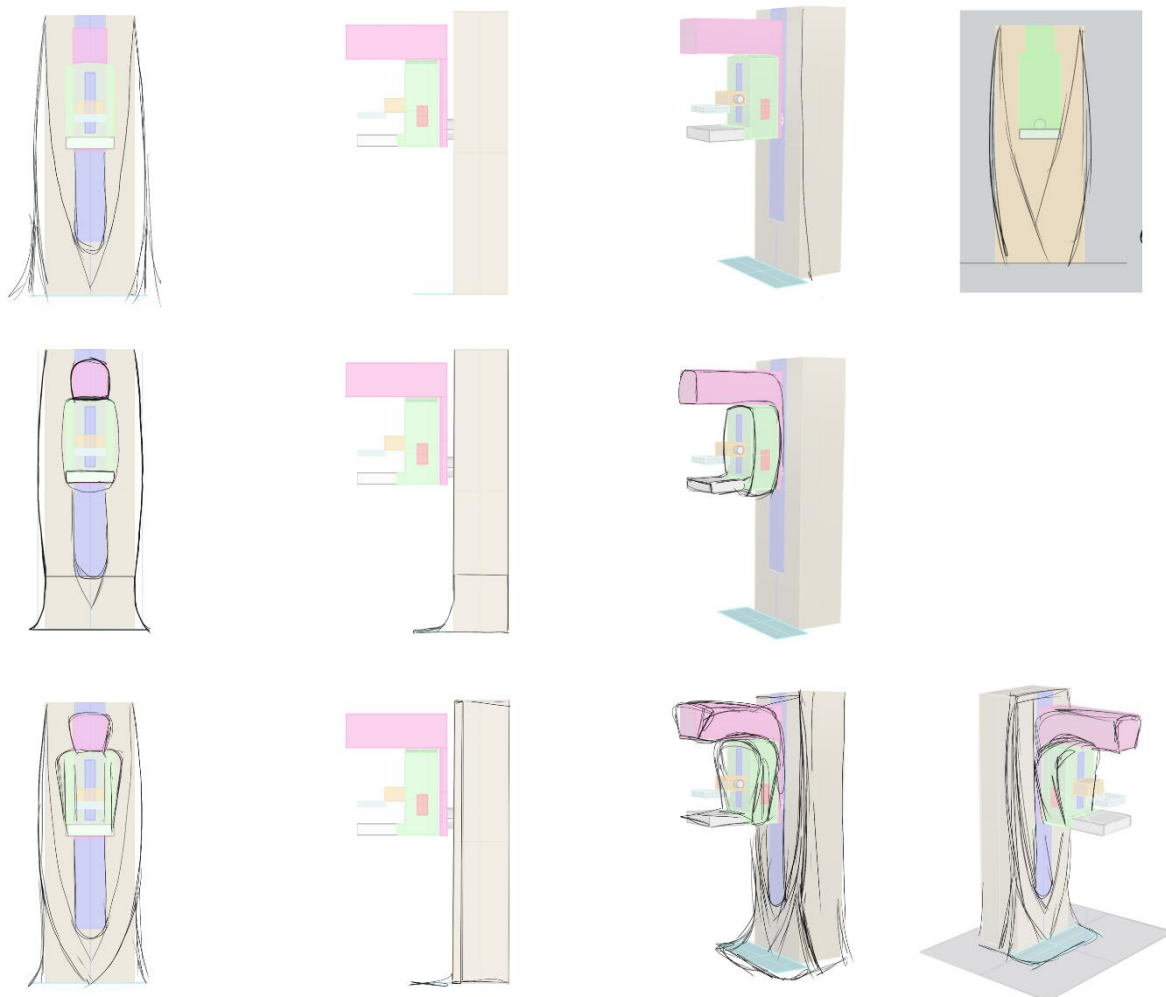
Obr. 81: Návrhy mamografického přístroje, archiv autora, duben 2023

Následující návrhy znázorňují tvarování ramene. Část, po které se pohybuje kompresní zařízení je zúžena a zapuštěna více do středu přístroje. Je tak oddělena od části s madlem. Tím se odděluje část s madly, kde se dotýká pacientka od části s kompresním zařízením, které ovládá radiologická asistentka. Pacientčiny ruce jsou tak izolované od ovládání přístroje. Radiolog nemusí mít obavy, že pacientka sáhne nechtěně na ovládání. Celé rameno by mohlo mít měkké tvarování. Madlo by bylo dominantním odlehčujícím prvkem.



Obr. 82: Návrh s konceptem rozdělení ramene, oddělení části s madly, archiv autora, duben 2023

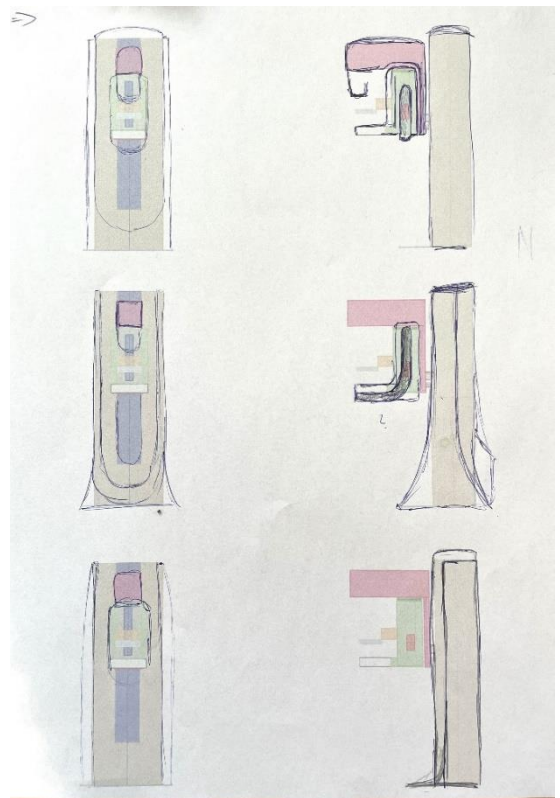
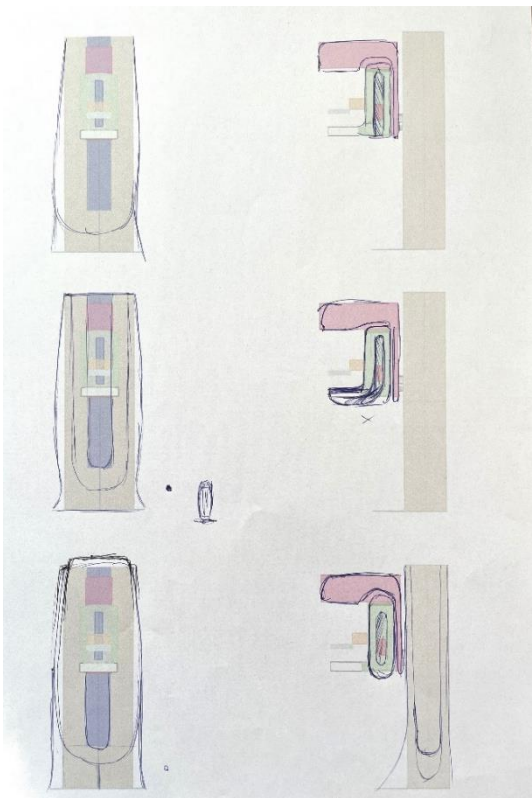
Druhý koncept, který jsem rozvinula z prvotních návrhů je tvar inspirovaný přírodou, konkrétně poupětem. V pohledu zepředu jsou stěny stojanu přístroje lehce vypouklé. Ve spodní části se plynule rozšiřují do podstavce. Podtrhuje to celkovou stabilitu přístroje. Celý koncept má dynamické tvarování.



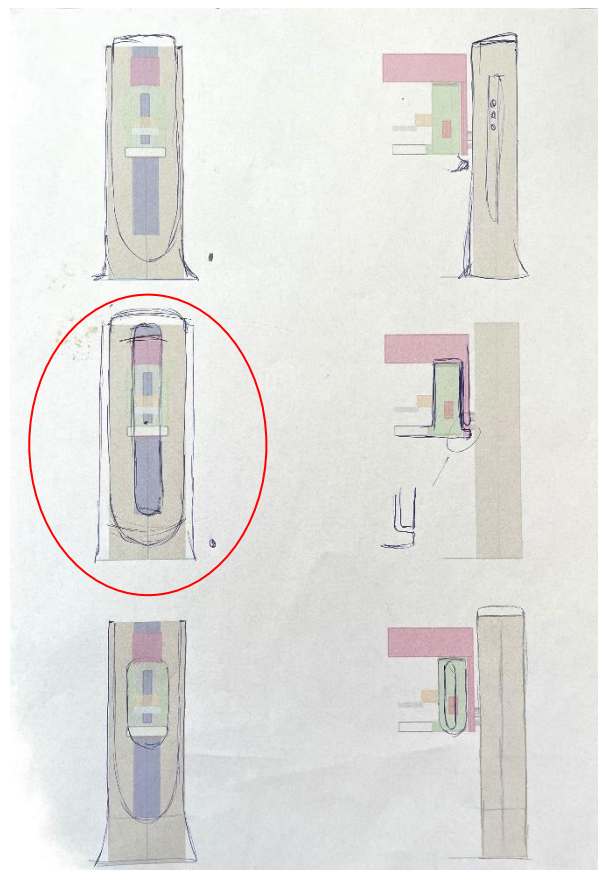
Obr. 83: Návrh s konceptem poupěte, archiv autora, duben 2023

Po konzultacích a rozvaze nad dynamickým tvarem jsem dospěla k závěru, že je takovéto tvarování přestřelené. Celý koncept potřebuje dostat řád, stabilitu a hlavně jednoduchost. Jedná se o velký přístroj, vypouklé stěny po stranách stojanu by byly složitým prvkem na výrobu. Jeho tvar musí také oslovit uživatele – pacientky, ale i pacienty. Pro pány je nepříjemný samotný vstup do mamografického centra natož vyšetření na typický ženském přístroji.

Konceptu zavinití jako poupátko se však budu v návrhu držet dále. Hmota stojanu by mohla obalit střed přístroje. Pomyslně zapustit dovnitř část, po které se pohybuje rameno a tím dodat přístroji větší stabilitu. Následující návrhy obsahují několik tvarových řešení hmoty stojanu mamografu.



V průběhu další fáze navrhování jsem se rozhodla spojit jak koncept s rozdělením ramene a integrovanými madly, tak koncept přístroje inspirovaný tvarem poupátka do jednoho návrhu. V pohledu zepředu na přístroj jsem původní křivku s ostrým zakončením převedla do plynulého oblouku nebo půlkružnice. Svým tvarem navazuje na dráhu, po které se pohybuje rameno přístroje. Oblouk se opakuje i na rameni přístroje. Integrovaná madla, která plynule přecházejí do přední části ramene kopírují také tvar již zmiňovaného oblouku. Jednotlivé varianty návrhu je nyní potřeba ověřit pomocí 3D modelu a na fyzickém kartonovém modelu. Pomocí 3D modelovacího programu lépe vygeneruji přesné křivky, oblouky a půlkružnice, které můžu následně opakovat na dalších částech přístroje.



Obr. 84: Návrhy tvaru mamografu, archiv autora, duben 2023

5. Prototypování a testování

5.1 Testování úchopu

Prvním krokem, který bylo nutné učinit k ověření návrhových variant, bylo testování modelů na fyzickém modelu. Vzhledem k aplikování integrovaných modelů a vize nabídnutí několik možných úchopů i z podhmatu jsem měřila vzdálenost dosahu ruky v komfortní pozici. Nejprve jsem se zaměřila na klasickou polohu vyšetřování ve svislé pozici ramene přístroje. Rukou jsem postupně pohybovala v místě umístění madla tak, dokud to bylo pohodlné. Výsledkem je trajektorie v podobě oblouku či čtvrtkružnice zaznamenaná na fotografii níže. Trajektorii jsem následně zakreslila pomocí fixy na model, abych mohla dále pracovat s rozměry a vzdálenostmi a abych mohla porovnávat trajektorii pohybu ruky ostatních pomocníků, kteří mi pomáhají s měřením. Pořízené fotografie jsem pomocí programu na úpravu fotografií spojila do jedné, která vyznačuje pohyb ruky. Výsledná trajektorie pohybu ruky bude spíše částí rádiusu celé kružnice. Poloměr kružnice by se dal počítat od otáčení kloubu ramene nebo lokte. Délka ruky by zde neměla hrát zásadní roli. Z průzkumu a dotazování vyšlo najevo, že radioložka potřebuje, aby se pacientka držela v jednom daném místě. Vzdálenost umístění madla není maximální. Jak lze vidět na fotografii č. 85, dosah ruky osoby vysoké 167 cm není v maximálním rozpětí, ruka je ve všech pozicích pokrčená. Osoby s nižší tělesnou výškou, a tudíž i s kratšími rukami neměly s umístěním madla problém.



Obr. 85: Zaznamenání trajektorie pohybu ruky pro vyznačení madla, archiv autora, květen 2023

Větší problém může nastat při úchopu z podhmatu. Během testování byl úchop z podhmatu kvalitní, pozici prsní tkáně téměř nezměnil. Avšak tato pozice by byla předmětem hlubšího zkoumání a názorů radiologických asistentek. Díky možnosti úchopu z podhmatu se však pacientka může nad snímkovací oblast více naklonit a zkvalitnit tak vyšetření. Pro některé pacientky se sníženou pohyblivostí by tato úchopová varianta mohla být přínosnou. Zaznamenané měření pozice ruky z podhmatu přineslo výslednou vzdálenost úchopu přibližně 30 až 32 centimetrů od hrany vyšetřovací desky. Tato vzdálenost je však velmi individuální a odvíjí se od délky předloktí jednotlivých pacientů.



Obr. 86, Obr. 87: Pozice ruky při úchopu z podhmatu, archiv autora, květen 2023
Obr. 88: Pozice ruky při vyšetření v náklonu ramene, archiv autora, květen 2023

Původním zamýšleným řešením madel ze spodní strany vyšetřovací desky bylo protáhnutí bočních klasických madel směrem v naměřené trajektorii a jejich spojení. Madla by tak byla téměř po celém obvodu ramene. Toto řešení se však s ohledem na rozdílnou délku předloktí jednotlivých osob zdá nevyhovující.

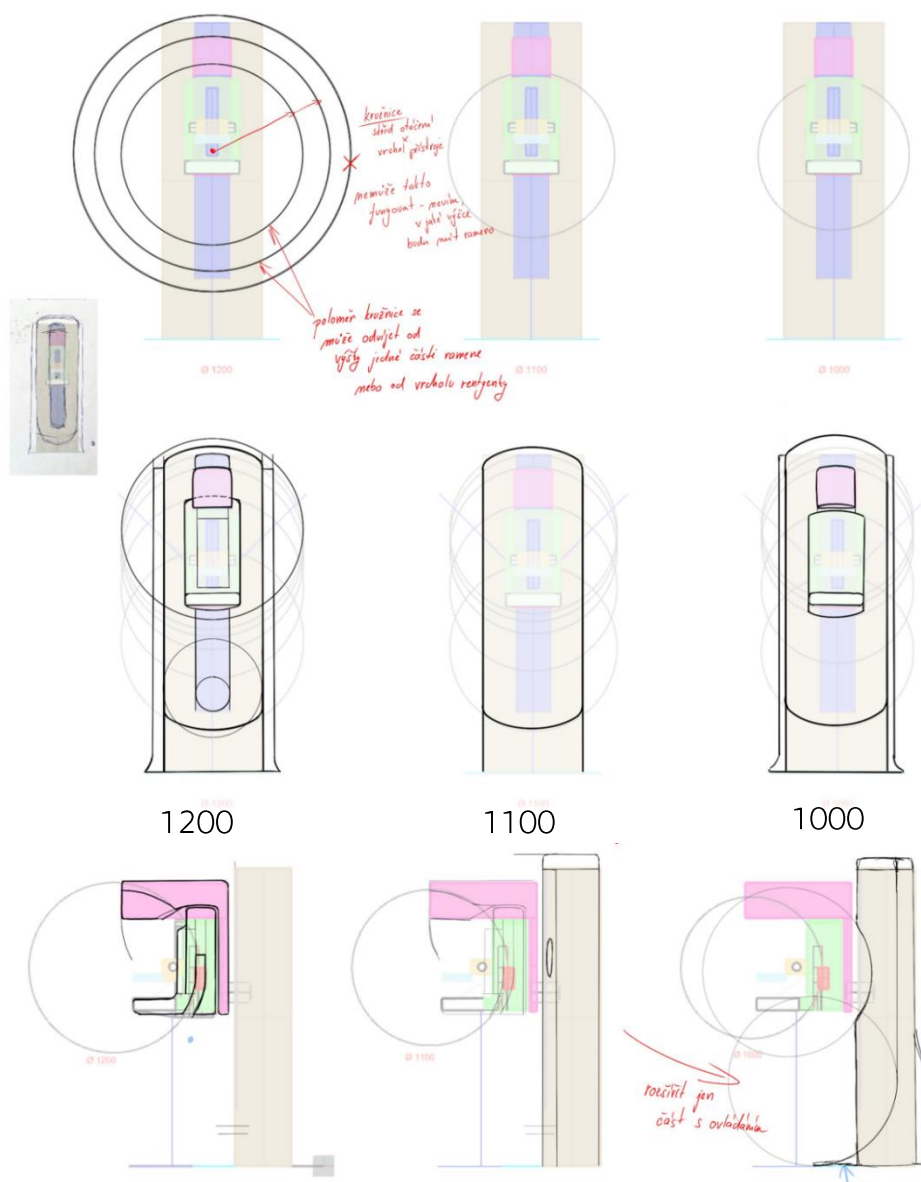
Nabízí se zde nový způsob řešení madel pro úchop z podhmatu. Madla by mohla mít ergonomické tvarování a vedla by na spodní straně ramene po celé jeho délce ve směru pokládání ruky. V tomto případě by nabízela úchop ve více vzdálenostech a obsáhla by tak širší skupinu pacientů.

Jedná-li se o vyšetření s náklonem ramene je zde aktuální pouze úchop za madla umístěna po straně vyšetřovacího ramene. Jedna ruka i s vyšetřovanou částí podpaží je opřena o přístroj a druhá ruka je volně podél těla. Úchop druhou rukou z podhmatu zapříčinil naklonění těla a ramene pod místo s rentgenovým zářením a tím by zastínil vyšetřovanou tkáň.

5.2 Upřesnění tvaru

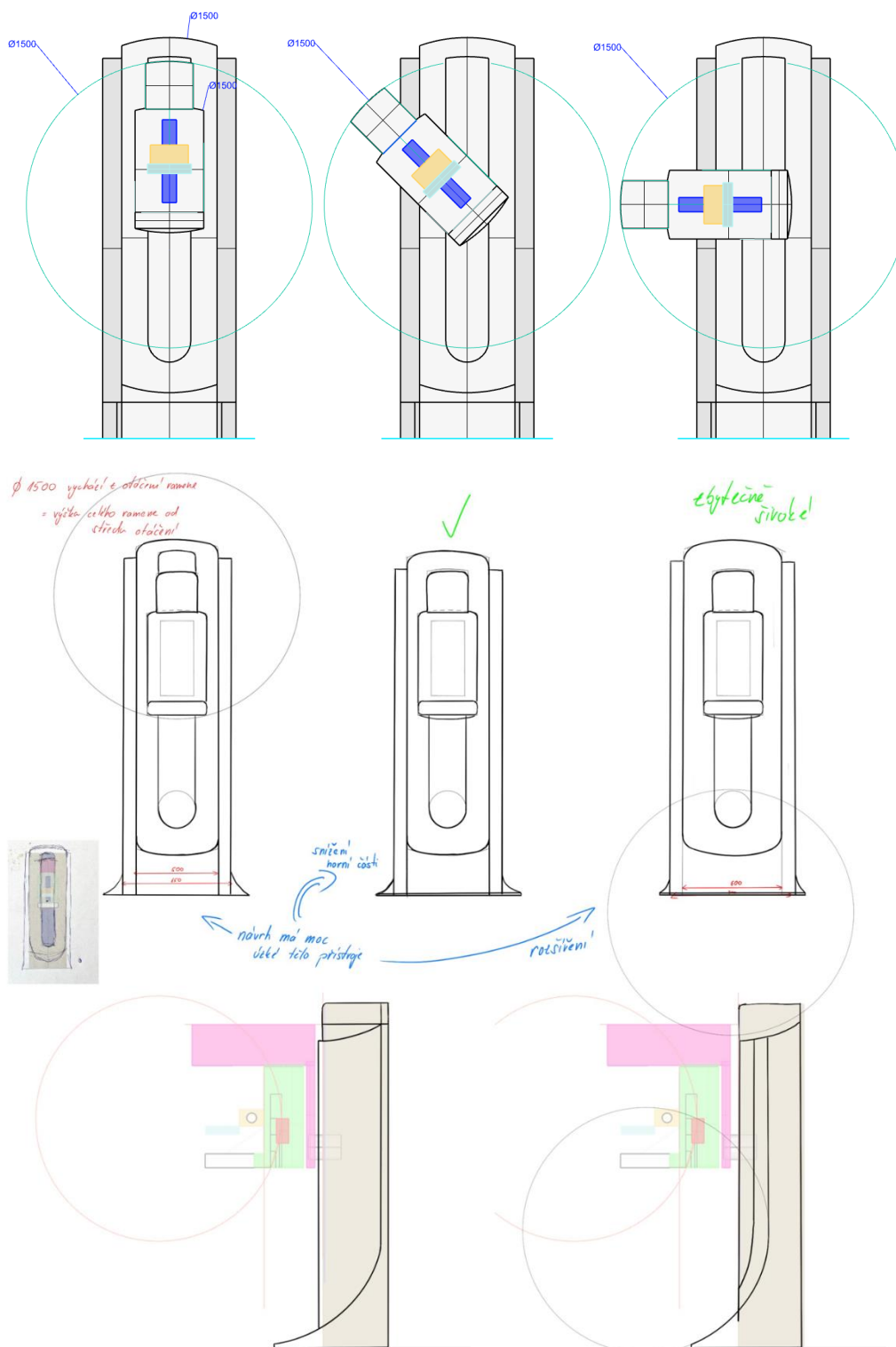
Po fyzickém testování na kartonovém modelu jsem projekt přesunula opět do návrhové části. Pomocí skicování přes základní model a ověřování v modelovacím programu jsem hledala ideální geometrii, ze které by návrh mohl vycházet.

Nejprve jsem se zaměřila na čelní pohled a pracovala s kružnicemi o průměrech 1000; 1100 a 1200 mm. Kružnice s menším průměrem se odvíjí od výšky jedné části ramene nebo od vrcholu rentgenky. Největší poloměr (1200 mm) vycházel ze středu otáčení a vrcholu přístroje. Tuto variantu jsem však vyhodnotila jako nesprávnou, jelikož se výška ramene mění, tudíž se mění i poloměr mezi středem otáčení ramene a vrcholem přístroje.

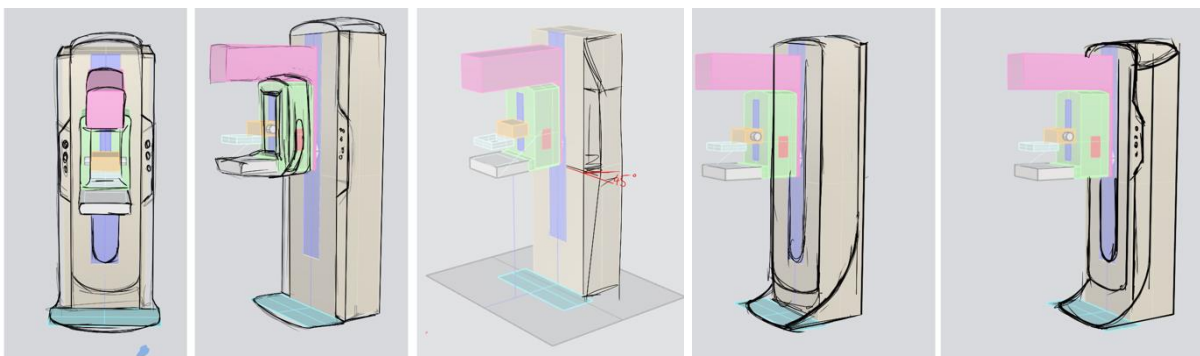


Obr. 89: Testování geometrizace tvaru přístroje pomocí rozmístění jednotlivých kružnic, archiv autora, květen 2023

Testováním návrhu s geometrickým tvarováním v modelovacím programu vyplynul jako ideální průměr kružnice 1500 mm. Průměr je odvozen od středu otáčení ramene po jeho vrchol. Tato vzdálenost je neměnná. S rádiusem budu dále pracovat a pomocí něj budu tvarovat přístroj.



Obr. 90: Ověření tvarování vycházejícího z geometrie pohybu ramene přístroje, archiv autora, květen 2023



Obr. 91: Tvarování těla přístroje a umístění ovládacího panelu, archiv autora, květen 2023

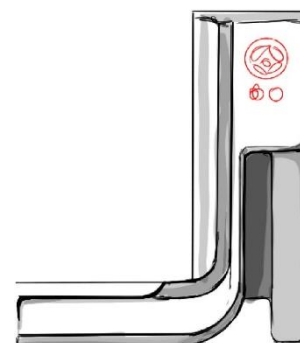
Umístění jednoho z několika ovládacích panelů na stojan přístroje je přínosné z hlediska snadné obsluhy. Tento ovládací prvek bude dostupný i při náklonu ramene přístroje a umožní chvilkové odizolování radiologické asistentky od pacientky. Po skončení vyšetření může radioložka pomocí ovládacího panelu zvednout kompresní lopatku a pacientka se tak sama uvolní z přístroje. Ovládací panel bude z hlediska dostupnosti a viditelnosti umístěn na ploše, která bude nakloněna o 45° od čelní stěny přístroje.

5.3 Prototypování

Hlavní náplní prototypování je ověřit návrhové varianty a generovat několik variant tvaru přístroje s ohledem na tvarování ve 3D modelářském programu. Pomocí křivek a objektů o základních tvarech jsem postupně upravovala tvar přístroje. U každé části mamografu jsem navrhla několik variant s rozdílným zaoblením či zkosením. Pomocí zaoblení hran jsem hledala ideální rádiusy vhodné pro úchop, technické zaoblení hrany a tvarování.

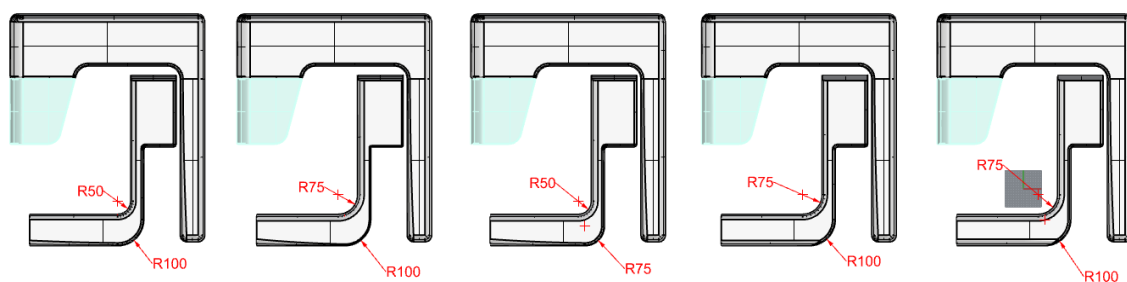
5.3.1 Rameno – horní část s rentgenkou a tvarování madel

Tvar jedné části vyšetřovacího ramene je definován umístěním snímací desky (clony), kompresním zařízením a madly. Nejprve jsem se věnovala tvarování madel. Vzhledem k naměřené trajektorii pohybu ruky po přístroji jsem chtěla nabídnout více variant úchopu a zároveň aplikovat integrovaná madla. Pomocí skici znázorněné na obrázku se mi podařilo vypořádat se tvarem madla tak, abych obsáhla i úchop z podhmatu.

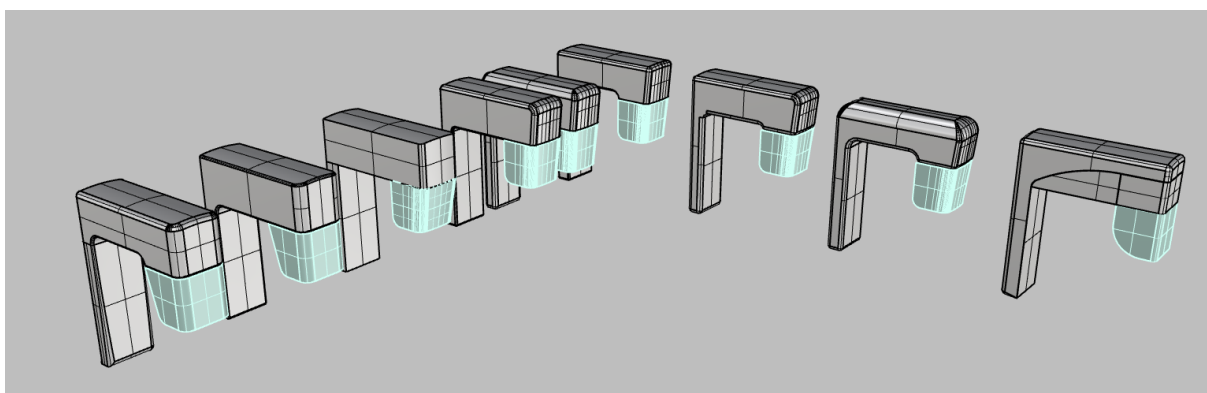


Obr. 92: Skica znázorňující tvarování madel na jedné části ramene, archiv autora, květen 2023

Na následujících obrázcích je zaznamenáno několik variant vyšetřovacího ramene s rozdílnými rádiusy zaoblení. Horní část s rentgenkou je řešena velmi jednoduše vzhledem ke složitějšímu tvarování části ramene s madly.



Obr. 93: Varianty tvarování přechodu madla do přední části ramene, archiv autora, květen 2023

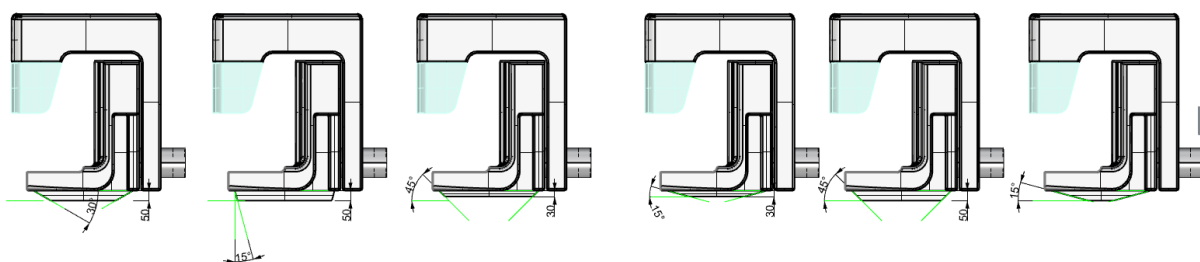


Obr. 94: Varianty horní části ramene se štítem, archiv autora, květen 2023

Po vsazení dílu do dutiny pro madlo nastal problém u spodní části ramene. Díl přechází vepředu do špičky, což není technologicky možné a otáčecí mechanismus musí pokračovat do části ramene s madlem. Rameno působí příliš křehce na to, aby se o něj pacientka s důvěrou mohla opřít. Řešení problému je znázorněno na následující skice. Bude potřeba hmotu prodloužit směrem dolů. A zajistit plynulé navázání. Zároveň bude hmota odsazena na úrovni zapuštění madel, aby se zachoval úchop i ze stran přístroje podél vyšetřovací desky.



Obr. 95: Řešení problému s dutinou madla, prodloužení spodní části ramene, archiv autora, květen 2023

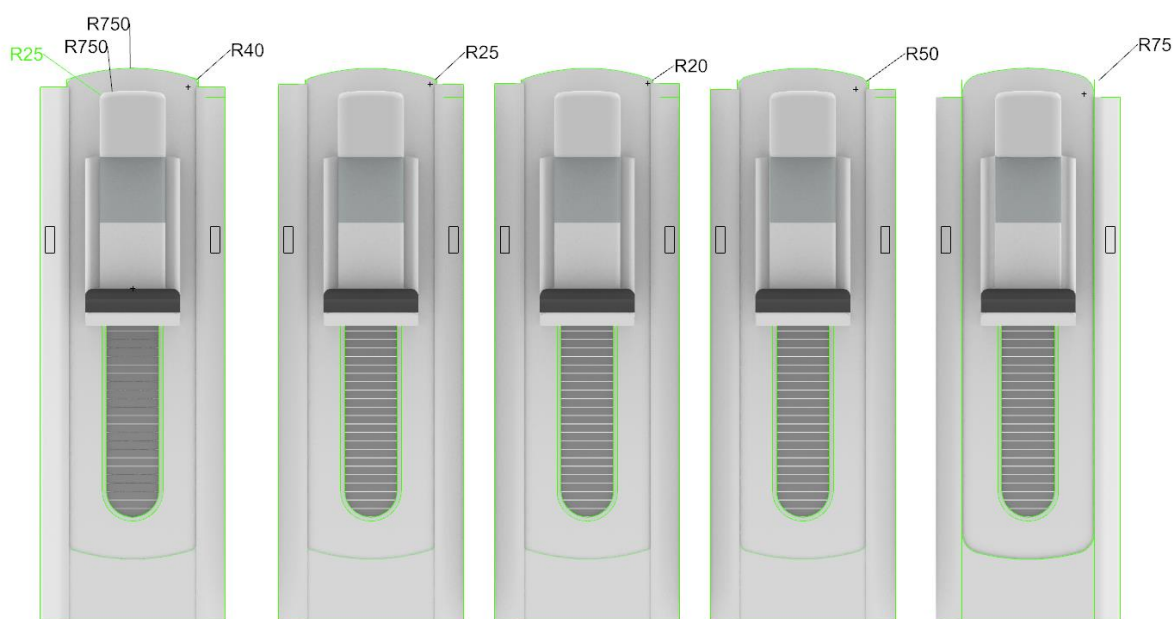


Obr. 96: Varianty zakončení spodní části ramene, archiv autora, květen 2023

Rozšíření spodní části s pracovním názvem vanička si prošlo procesem prototypování z hlediska hledání správné výšky a úhlu zkosení. Pracovala jsem s výškou 50 a 30 milimetrů. Úhly zkosení stěn se shodují se zkosením používaném na přístroji. V první řadě je práce s úhlem 15°, který se ve stejném pohledu opakuje i na horní části ramene, kde plynule přechází do obličejového štítu. Druhým úhlem, který se zde objevuje je 45° jako je tomu u naklonění ovládacího panelu na těle přístroje.

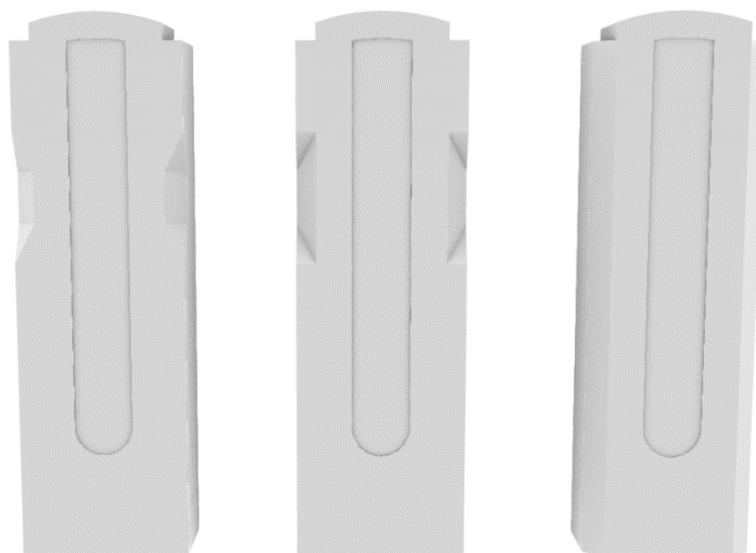
5.3.1 Tělo přístroje

Na těle přístroje je předmětem řešení převážně horní část, kde se setkávají dvě výškově rozdílné plochy. Zakončení střední části vychází z průměru 1500 milimetrů, který se opakuje i na vyšetřovacím rameni. Rádisu zakončení rohů je různý. Nejlépe však působí zakončení o poloměru 25 mm, které se opakuje i na rameni.



Obr. 97: Varianty zakončení horní části těla přístroje, archiv autora, květen 2023

Umístění ovládacího panelu na tělo přístroje umožní variabilitu v ovládní. Z hlediska snadné dostupnosti a viditelnosti na panel zvažuji variantu naklonit ho o 45° vzhledem k boční stěně. Varianta se zapuštěním panelu v ploše není vhodným řešením. Panel by byl ve hmotě utopený. Důležité je ho spíše přenést do popředí.



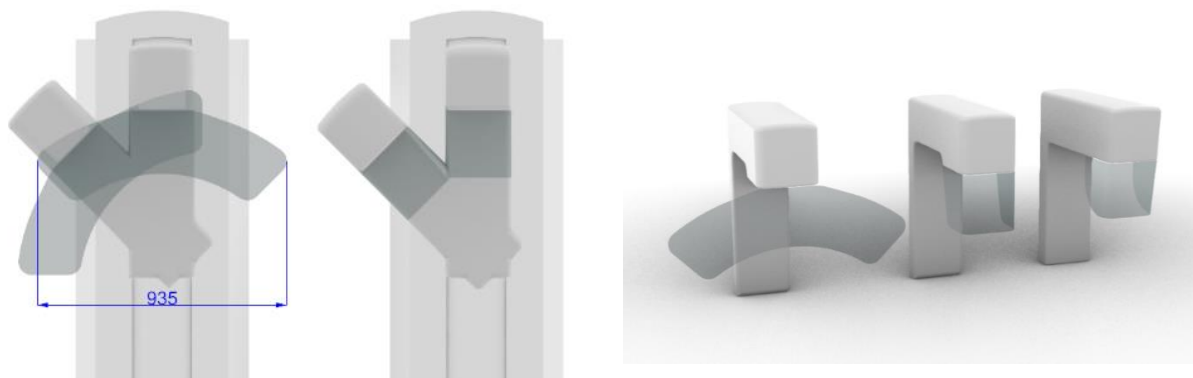
Obr. 98: Umístění ovládacího panelu na tělo přístroje, archiv autora, květen 2023

5.3.2 Obličejový štít

Předmětem prototypování bylo rozhodnutí o vhodné pozici hlavy. Během vyšetření ve svislé pozici se pacientka opře tváří o obličejový štít. Z testování vyplynula jako nejpohodlnější pozice opření o rovnou plochu. Případně nakloněnou maximálně o 10 stupňů. Při větším naklonění štítu byla hlava příliš vyvrácená. Obličejový štít je důležitý pro izolování hlavy od místa, kde vyzařuje rentgenové záření.

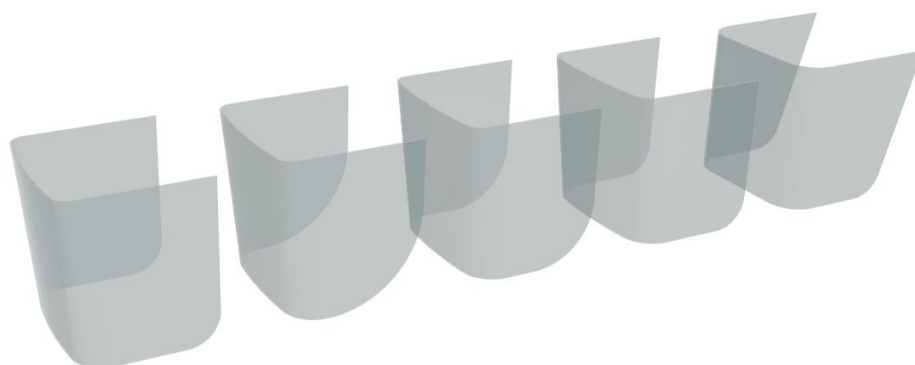
Tvar štítu kopíruje svým zaoblením či zkosením horní část C-ramene. Veškeré rádiusy budou vycházet z výsledného zvoleného zaoblení ramene přístroje a jeho hran. Šířku štítu jsem zvolila ve stejných rozměrech, jako je šířka ramene přístroje. Při vyšetření pod úhlem se pacientčina hlava nachází mimo rentgenku a aby štít obsáhl i tuto pozici, jeho šířka by byla podstatně větší. S větší šířkou by se zhoršila možnost štít jednoduše odejmout jednou rukou a umýt ho dezinfekčním prostředkem v umyvadle, které je umístěno v ordinaci.

Variantu prodlouženého štítu jsem si ověřila na 3D modelu. Jeho tvar vychází z naklonění ramene a je navržen tak, aby zajistil pozici opření hlavy i po náklonu přístroje. Na následujících obrázcích je zaznamenán a porovnán obličejový štít obou zamýšlených variant.



Obr. 99: Porovnání široké a klasické varianty obličejového štítu, archiv autora, květen 2023

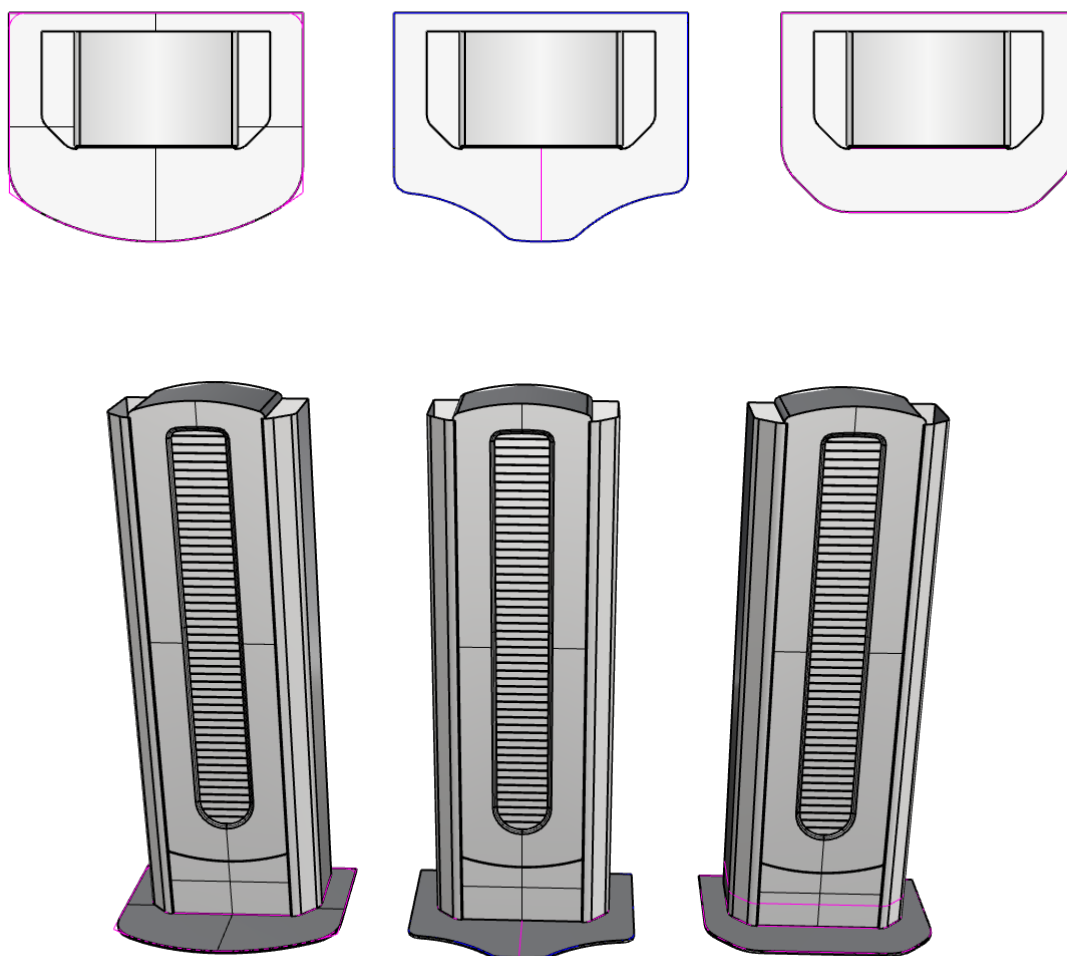
Širší varianta obličejového štítu (vlevo) sice pokryje opření hlavy i po náklonu přístroje, šířka štítu je však 935 milimetrů. To znamená, že v případě čištění by radiologická asistentka manipulovala s téměř metrovým štítem. Dezinfekce by se dala provést bez odejmutí štítu po každém vyšetření. Dalším negativním faktorem, který jsem u této varianty shledala je, že štít je o dost širší než samotný přístroj. Z výše uvedených důvodů jsem se zaměřila na návrh klasického obličejového štítu.



Obr. 100: Tvarové varianty obličejového štítu, archiv autora, květen 2023

5.3.3 Podstavec

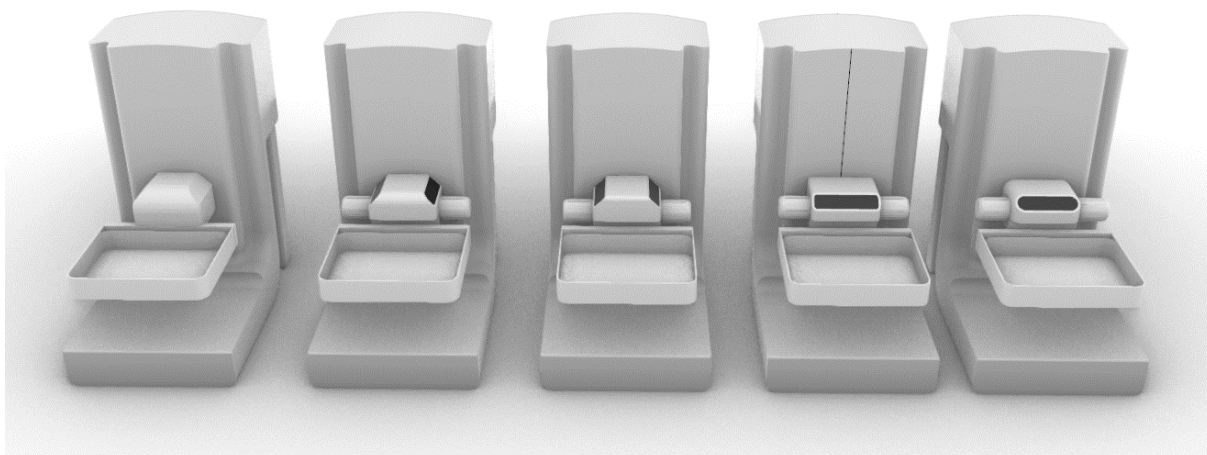
Podstavec má stabilizační funkci z hlediska vizuální stránky. Celková stabilita je zajištěna ukotvením přístroje do podlahy. Podstavec zajišťuje stabilitu z pohledu diváka. Jednou z navrhovaných variant je podstavec s výřezy na umístění ovládacích pedálů. Ty by se do výřezů mohly však umístit jen z části, jelikož jsou napojeny k přístroji pomocí kabelů. Jako vhodná variant se zdá být tvar, který předním obloukem kopíruje již používaný průměr 1500 milimetrů.



Obr. 101: Tvarové varianty podstavce přístroje, archiv autora, květen 2023

5.3.4 Kompresní zařízení

Kompresní zařízení je nedílnou součástí celého přístroje. Jeho tvarování vychází z již aplikovaných rádiusů a zkosení. Testováno je v několika možných variantách. Jednou z nich je zkosení čelní hrany a umístění zobrazovacího displeje zde. Druhou a více funkční variantou je zkosení po stranách a umístění dvojice displejů.



Obr. 102: Tvarové varianty kompresního zařízení, archiv autora, květen 2023

Závěrem prototypování bude vybrat vhodné varianty tvarů a vybavit přístroj potřebnými prvky jako jsou ovládací panely, ventilační mřížky a technická řešení. Tento postup povede až k finálnímu návrhu, který bude představen v následující kapitole

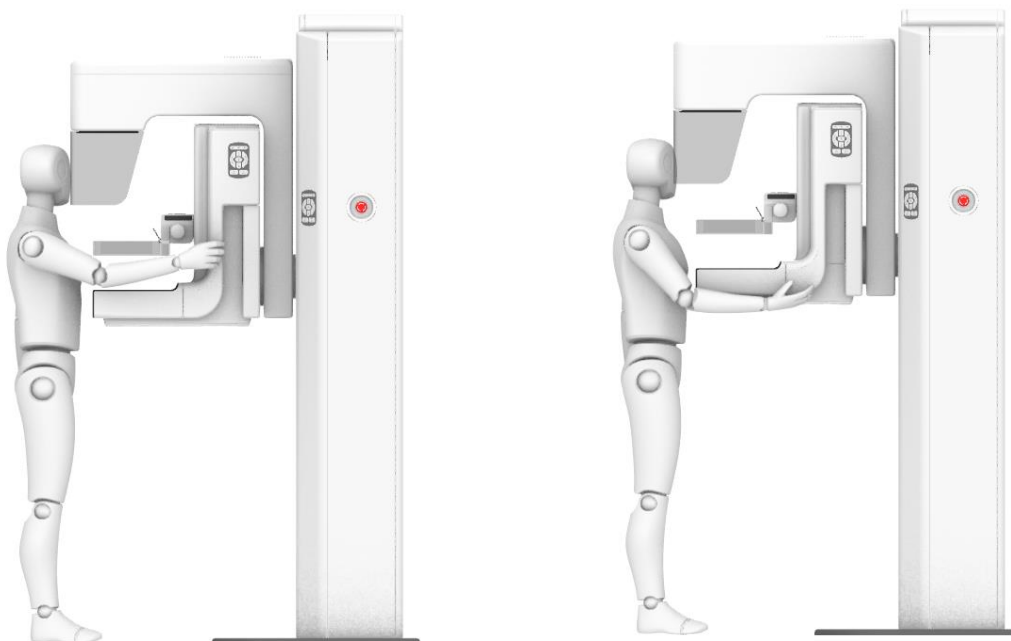
6. Výsledný návrh

Svým designem nenápadný, avšak s ohledem na komfort, kvalitu, bezpečí a čistotu. Takový je nový návrh do portfolia mamografických přístrojů. Přístroj je navržen s ohledem na pohodlí pacientky, ale i radiologické asistentky, která přístroj obsluhuje. Jeho tvarováním a předchozím testováním je dosaženo komfortu na vysoké úrovni. Měkce tvarovaná madla, která vystupují z hmoty vyšetřovacího ramene a plynule přecházejí do jeho spodní části, nabízí několik úrovní úchopu. Logické rozmístění ovládacích prvků přispívá ke snadné obsluze přístroje. Složitěji tvarovanou část vyšetřovacího ramene doplňuje část ramene s rentgenkou o jednoduchých tvarech a s obličejovým štítem. V protikladu k celkově složitě tvarovanému vyšetřovacímu C-rameni stojí tělo mamografu. Tělo je řešeno v jednoduchých plochách. Jeho středová část, ve které je uchyceno rameno je obklopena okolní hmotou, která z hlediska původního kontextu pevně svírá střed přístroje. Podstavec přístroje plní funkci stability pouze z vizuální stránky produktu. Přidaná hmota vyvažuje hmotu C-ramene a dodává přístroji bezpečnější vzhled. Z pohledu pacientky je tato vlastnost velice přínosná. Nevzbuzuje nedůvěru ve vyšetření a v samotný přístroj.

Celý návrh je provázen vypnutím stěn o průměru 1500 milimetrů, který se objevuje převážně v pohledu zepředu. Rádus vychází ze středu otáčení a vrcholu ramene, kdy vyšetřovací rameno svým pohybem kopíruje kružnici o právě daném průměru. Veškeré hrany jsou ošetřeny rádusy o 25 milimetrech, 10 mm a 2 mm. Pro ovládací a zobrazovací prvky je použit úhel naklonění 45°. V pohledu ze strany se na rameni objevuje úhel zkosení 15°. Aplikován je na horní části ramene a u spodní hmoty pod vyšetřovací deskou.

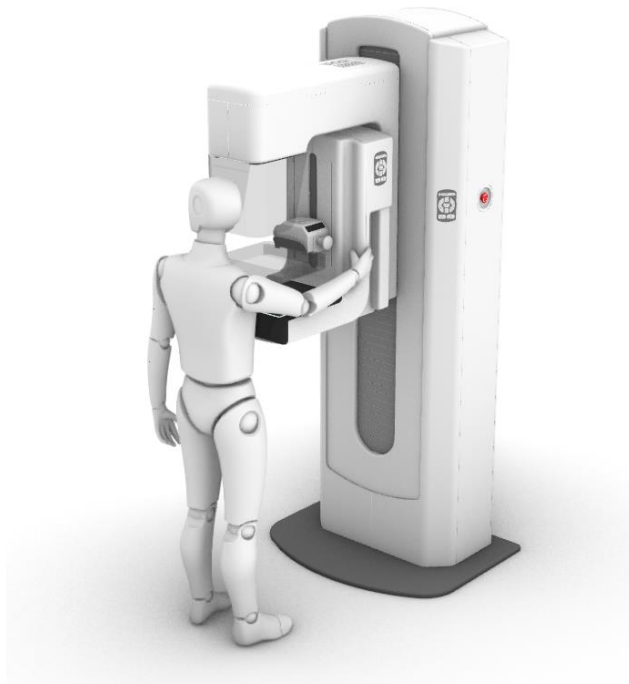
6.1 Komfort tvořený pro pacienty

Komfort tvořený pro pacienty představuje návrh úchopů. Úchopy jsou řešeny pomocí tvarování hmoty ramene. Díky zaoblené hraně tvoří integrovaná madla kvalitní ergonomický úchop. Délka madel nabízí několik výškových variant úchopu. Hmoty ramene je ve spodní části navázána a zpevněna dílem. Díl je odsazen na úrovni zapuštění madel. Tím se zachovává prostor pro úchop i ze stran vyšetřovací desky či z podhmatu. Jako je to znázorněno na obrázku vpravo.

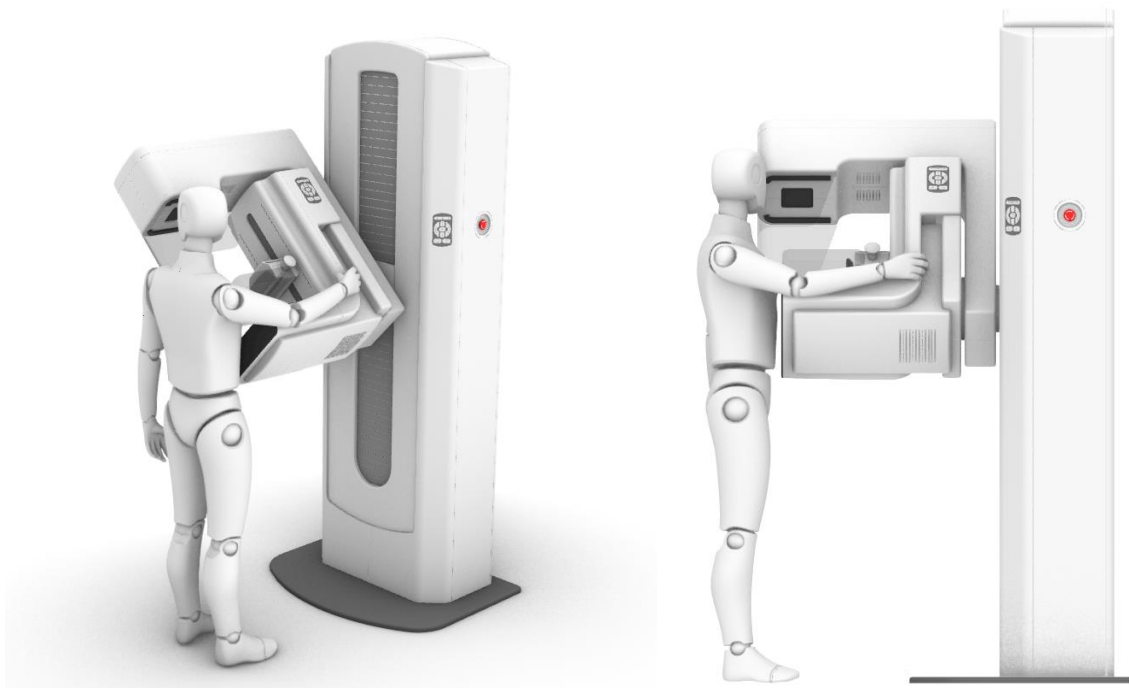


Obr. 103: Ukázka úchopu za integrované madlo a z podhmatu, archiv autora, květen 2023

Samotné tvarování přístroje by mělo být přínosné pro větší pohodlí pacientek. Tvar těla, který je obklopen okolní hmotou a přidaný podstavec dodávají přístroji stabilitu. Tím se u pacientek odstraní nedůvěra ve vyšetření. Tvarování černé vyšetřovací může být shledáno jako nekomfortní z hlediska pacientek. Její, na první pohled působící ostré hrany, jsou ošetřeny maximálně možným rádiusem, aby nedocházelo k vytrácení rentgenového snímku po stranách desky.



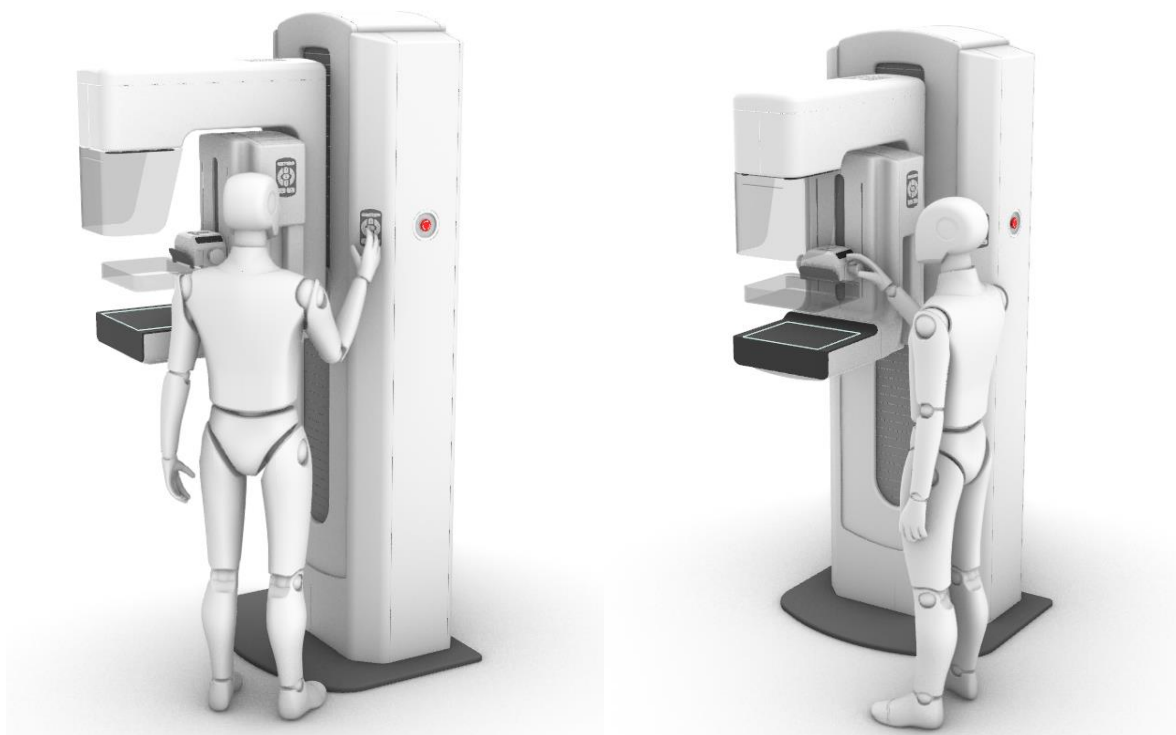
Obr. 104: Postavení pacientky u mamografického přístroje, úchop za madlo vyšetřovacího ramene, archiv autora, květen 2023



Obr. 105: Postavení pacientky u přístroje při vyšetření pod úhlem 45°. Znázornění úchopu a pozice hlavy, archiv autora, květen 2023

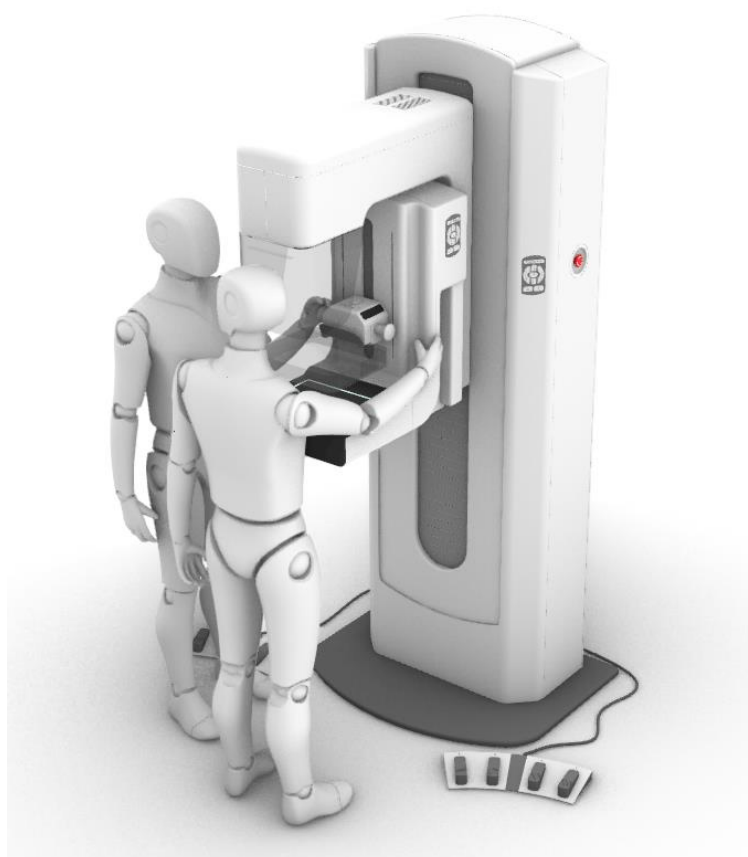
6.2 Komfort tvořený pro radiologické asistentky

Z hlediska komfortu pro radiologické asistentky čili obsluhu přístroje, je navrženo několik ovládacích panelů. Ovládací panel na těle přístroje je umístěn na stěně, která je nakloněna o 45° od boční stěny. Tím se stává ovládací panel mnohem lépe dostupným. K přístroji přistupuje radioložka ze stejného směru a po vyšetření může dopřát pacientce chvíli soukromí a přístroj může ovládat právě zde. Druhý panel s ovládacími prvky je umístěn na samotném vyšetřovacím rameni tak, aby byl snadno obsluhovatelný během polohování pacientky. Zároveň je umístěn v dostatečné výšce nad madlem. Nemělo by tak dojít k situaci, aby pacientka svou rukou překážela v ovládní.



Obr. 106: Ukázka postavení radiologické asistentky u přístroje při jeho ovládní, archiv autora, květen 2023

Mezi další komfortní prvky se řadí aplikování stávajícího řešení v podobě volně pohyblivých ovládacích pedálů. S nimi může radiologická asistentka manipulovat dle potřeby. Ovládá jimi výšku vyšetřovacího ramene a výšku komprese. Pomocí pedálu postupně nastaví výšku kompresní desky mezitím co pomáhá přidržovat pacientčin prs v požadované poloze. Sílu – výšku přitlaku následně doladí ručním otočným knoflíkem umístěným na kompresním zařízení.



Obr. 107: Pacientka a radiologická asistentka u přístroje, ovládací pedály jako součást dalšího komfortního prvku pro radioložky, archiv autora, květen 2023

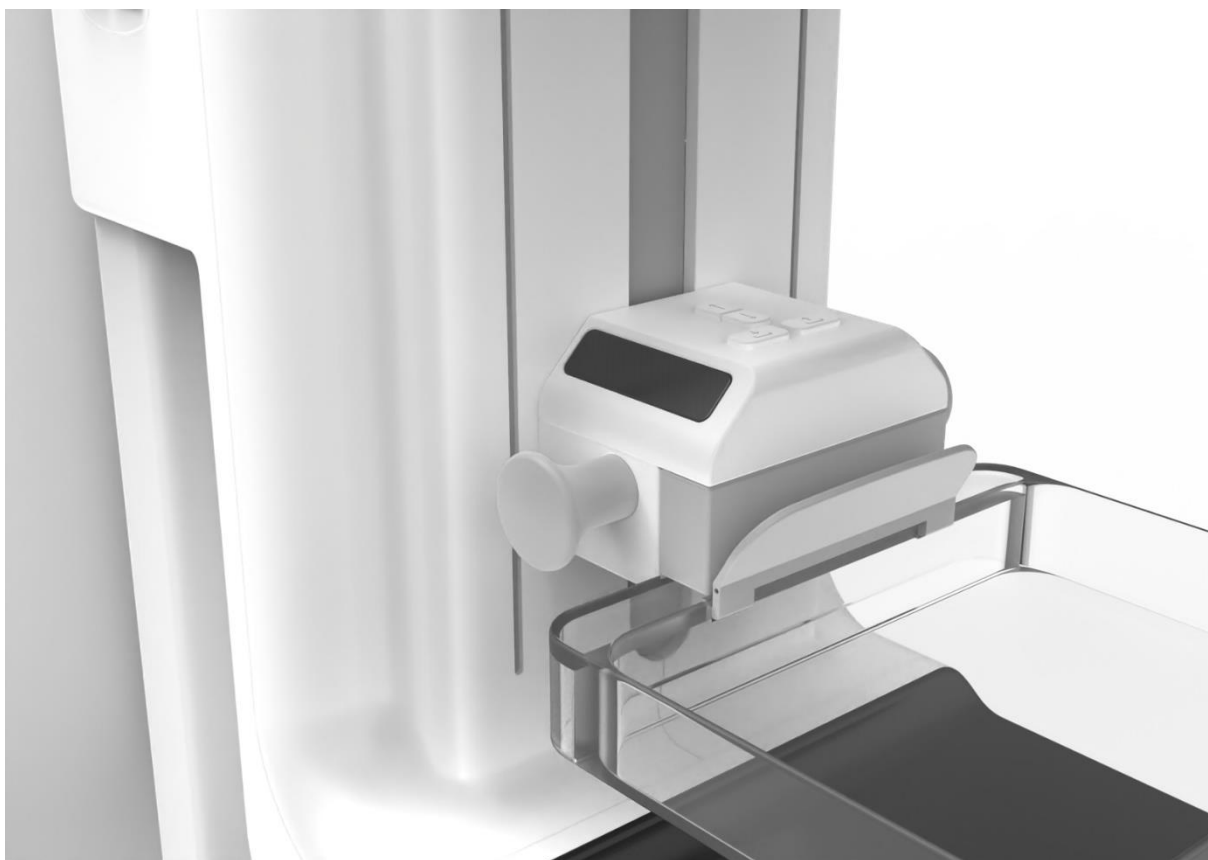
6.3 Kompresní zařízení

Kompresní zařízení je nedílnou součástí celého mamografického přístroje a vyšetření. Zajišťuje přitlak kompresní desky na vyšetřovaný prs. Pomocí inovativních řešení v podobě ovládacích a zobrazovacích prvků umožňuje kompresní zařízení méně bolestivé vyšetření a pohodlnější obsluhu z hlediska radioložky. Tvar kompresního zařízení se odvíjí od jeho funkce. Zkosení bočních stěn o 45° přispělo ke vzniku vhodné plochy pro umístění dvojice displejů.

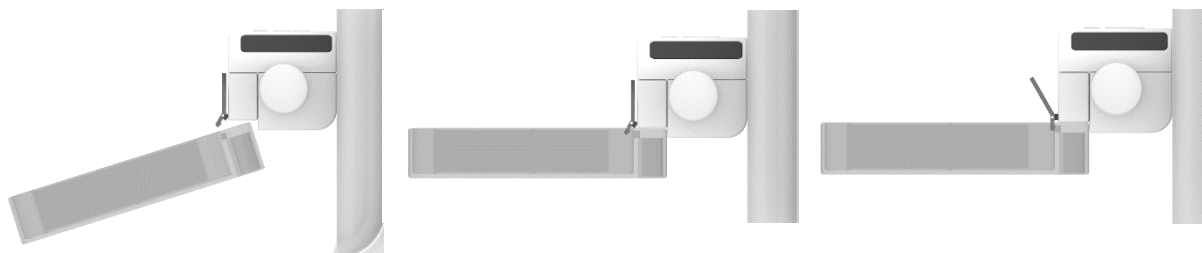
S ohledem na správnou funkčnost a dobrou viditelnost jsou umístěny po stranách zařízení. Na displejích se zobrazuje síla komprese v Newtonech a výška komprese v centimetrech. Kompresi se ovládá právě z této strany. Pod displejem je umístěn ruční otočný knoflík, kterým se doladí síla přitlaku. Na horní straně jsou umístěna ovládací tlačítka pro kompresi a pohyb kompresní desky do stran v případě konkrétních vyšetření.

Druhá část kompresního zařízení se skládá ze zařízení pro uchycení a vycentrování samotné kompresní desky. Zde se nachází upevňovací mechanismus v podobě jednoduché páčky. Páčka se jednou rukou stlačí směrem ke kompresnímu zařízení. Kompresní deska se nasadí na doraz k prodloužené hraně kompresního zařízení a uchytí se do zobáčků. Tento způsob uchycení desky jsem zvolila z důvodu jednoduchosti z hlediska tvarování samotné kompresní desky. V desce se nachází dva otvory pro uchycení. Samotná páčka je pak uchycena na ose otáčení. Vycentrování kompresní desky je pak řízeno elektronicky.

Kompresní zařízení se pohybuje nahoru a dolů ve vyznačeném otvoru na rameni přístroje. Dvě drážky umístěné po stranách ramene jsou navrženy a slouží k upevnění zařízení pro biopsii nebo pro nasazení podstavce pro detailnější vyšetření.



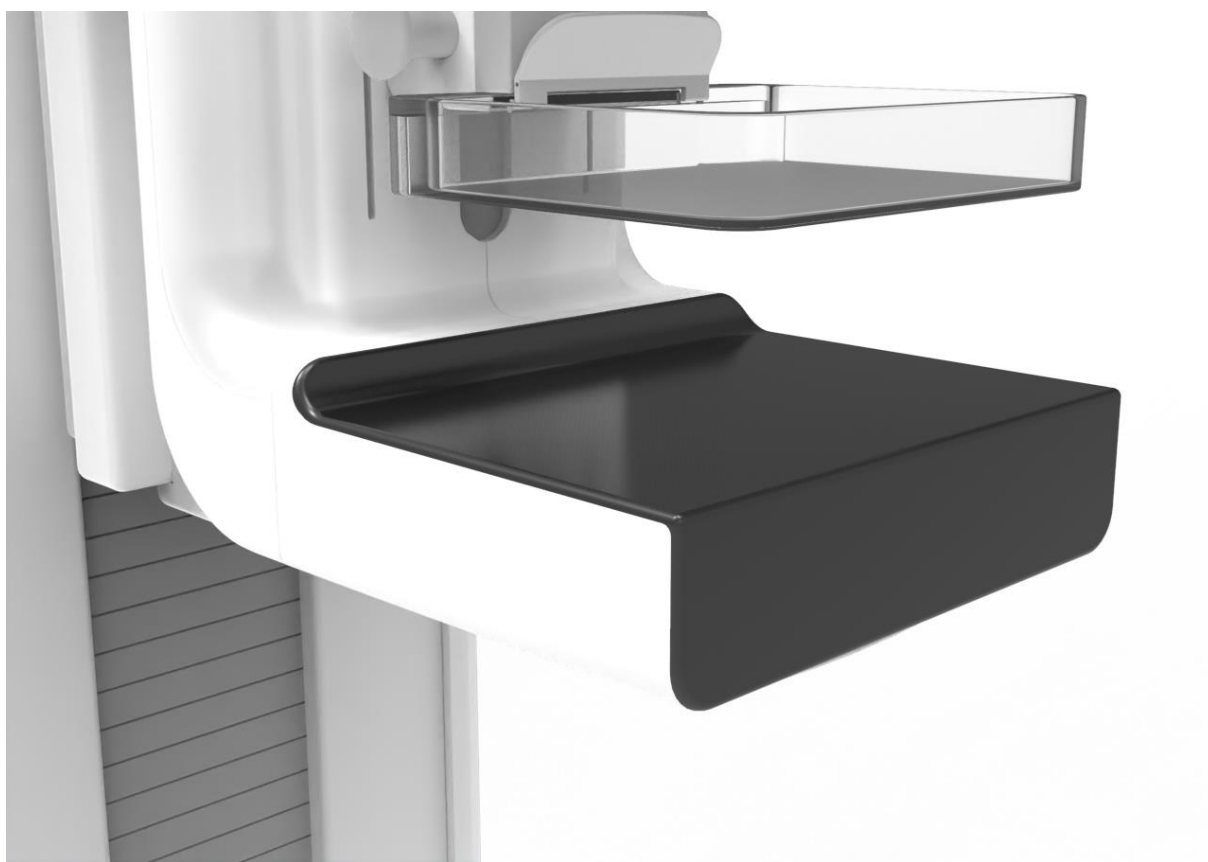
Obr. 108: Kompresní zařízení se zobrazovacími displeji, ovládacími prvky a mechanismem pro uchycení kompresní desky, archiv autora, květen 2023



Obr. 109: Princip upevnění kompresní desky, archiv autora, květen 2023

6.4 Vyšetřovací deska

Hrany vyšetřovací desky se mohou zdát poněkud ostré. Jsou však ošetřeny maximálně možným rádiusem. Z hlediska správného provedení rentgenového snímku nesmí být hrany desky příliš zakulacené. V těchto místech by se vytrácel rentgenový snímek. Tvarové řešení je provedeno také s ohledem na technologii výroby a správnost řešení ohybů.



Obr. 110: Vyšetřovací deska, o kterou se pacientka opírá vyšetřovanou částí těla, archiv autora, květen 2023

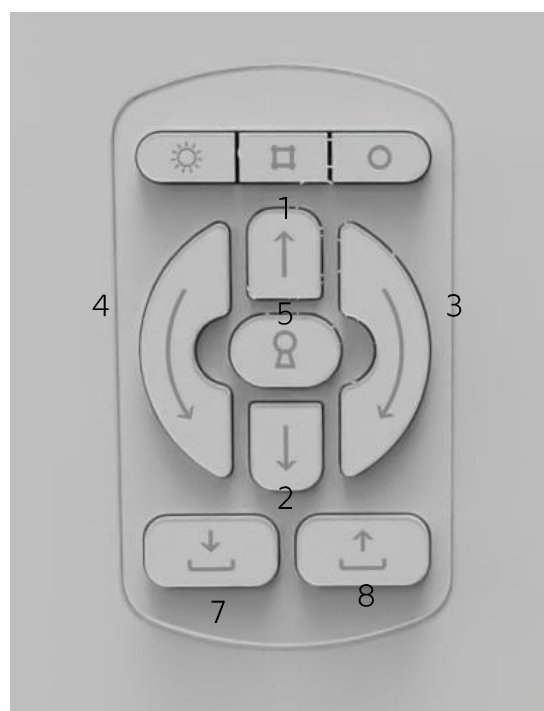
6.5 Ovládací prvky a zobrazovací displeje

Ovládací prvky se na přístroji objevují v několika variantách. První jsou klasická ovládací tlačítka, která jsou umístěna na ovládacím panelu na rameni a těle přístroje. Konkrétní tlačítka jsou pak umístěna i na kompresním zařízení.

Panel s ovládacími prvky je umístěn na vyšetřovacím rameni tak, aby byl snadno obsluhovatelý během polohování pacientky. Zároveň je umístěn v dostatečné výšce nad madlem. Nemělo by tak dojít k situaci, kdy by pacientka svou rukou překážela v ovládání. Ovládací panel na těle přístroje je z hlediska dostupnosti a viditelnosti umístěn na stěně, která je nakloněna o 45° od boční stěny přístroje. Radioložce se tak nabízí možnost použít i tento ovládací panel při polohování pacientky. Po vyšetření přistupuje radioložka k přístroji ve stejném směru. Pokud bude chtít pacientce po zbytek pobytu v ordinaci dopřát soukromí, bude přístroj ovládat právě zde.

Ovládací panel se skládá z několika tlačítek, jejich funkce jsou následující:

- 1) Pohyb C-ramene nahoru
- 2) Pohyb C-ramene dolů
- 3) Otáčení C-ramene po směru hodinových ručiček
- 4) Otáčení C-ramene proti směru hodinových ručiček
- 5) Pozice 0 C-ramene
- 6) Pohyb komprese nahoru
- 7) Pohyb komprese dolů
- 8) Světlo nad vyšetřovací deskou



Obr. 111: Ovládací panel s grafickými prvky

Ovládací prvky jsou vždy umístěny ve dvojici – z každé strany přístroje. Horní tři tlačítka jsou doplňková, jejich funkce může být proměnná dle požadavků výrobce či funkčnosti.

Otočný ovládací knoflík na kompresním zařízení slouží k citlivému ručnímu doladění síly přitlaku. Jeho průměr je 50 milimetrů. Navržen je tak, aby příjemně seděl do ruky zároveň aby příliš nevyčníval z celkového vzhledu přístroje.

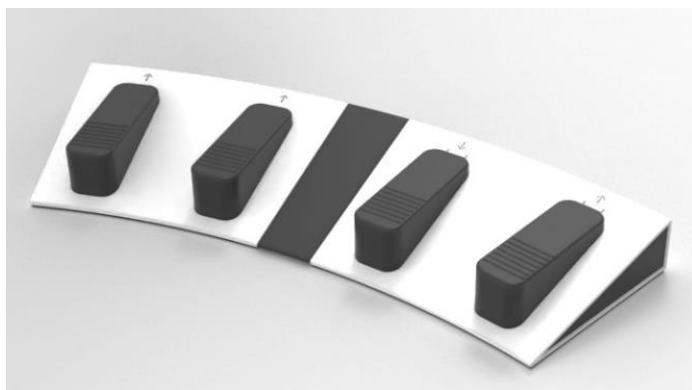
Dvojice zobrazovacích displejů je umístěna na kompresním zařízení. Jedná se o displej zobrazující hodnoty týkající se komprese. Zobrazuje se zde výška komprese a síla.

Pohotovostní neboli emergency tlačítko je umístěno na obou stranách těla přístroje ve výšce 150 centimetrů. Jeho vzhled především červená barevnost a tvar odpovídá mezinárodně používaným pohotovostním tlačítkům. Na přístroji je umístěno z důvodu okamžitého vypnutí přístroje v případě neobvyklé až závažné situace. Po stranách přístroje je umístěno z důvodu bezpečnosti, aby nedošlo k jeho nechtěnému stisknutí.



Obr. 112: Jednotlivé ovládací prvky mamografického přístroje

Ovládací pedály jsou nedílnou součástí snadného ovládání přístroje. Na jejich použití jsem přistoupila ve fázi projektu, kdy se mi nepodařilo objevit dostatečně volnou plochu pro aplikování jiného podlahového ovládání. S pedály lze volně manipulovat po zemi dle potřeby. Jednoduchým postrčením nohou ho lze přemístit na místo potřebné. Pedály se ovládá pohyb ramene nahoru a pohyb kompresní desky během polohování pacientky. Každý pedál má vždy jednu funkci z bezpečnostních důvodů. K přístroji jsou napojeny pomocí kabelu. Toto připojení je spolehlivé oproti bezdrátovosti. Výška pedálu je 35 milimetrů. Tato výška odpovídá otestovanému rozměru zvednutí nohy a sešlápnutí pedálu v obuvi. Vzdálenost mezi jednotlivými pedály a jejich samotná šířka se odvíjí od šířky nohy a jsou navrženy tak, aby nebylo jednoduché sešlápnout dva najednou. Povrch je ošetřen vroubkami proti sklouznutí. Ze zadní strany se nachází koncovka pro připojení k přístroji.



Obr. 113: Nožní pedály k ovládání pohybu ramene a kompresního zařízení, archiv autora, 2023

6.6 Obličejový štít

Obličejový štít je zvolen v takovém tvaru, aby byl jednoduše odnímatelný a čistitelný. Jeho šířka vychází z šířky ramene a zaoblení hran kopíruje zaoblení na rameni. Obličejový štít nejen že poskytuje pacientce oporu pro hlavu, zároveň zabraňuje tomu, aby pacientka nakloněním hlavy pod rentgenku zkazila snímek. V neposlední řadě chrání štítnou žlázu před rentgenovým zářením. Navržen je z průhledného plastu a stejného materiálu jako kompresní desky. Na rameno se nasazuje zasunutím do instalovaných kolejnic



Obr. 114: Obličejový štít z čirého plastu a mechanismus nasazování, archiv autora, květen 2023

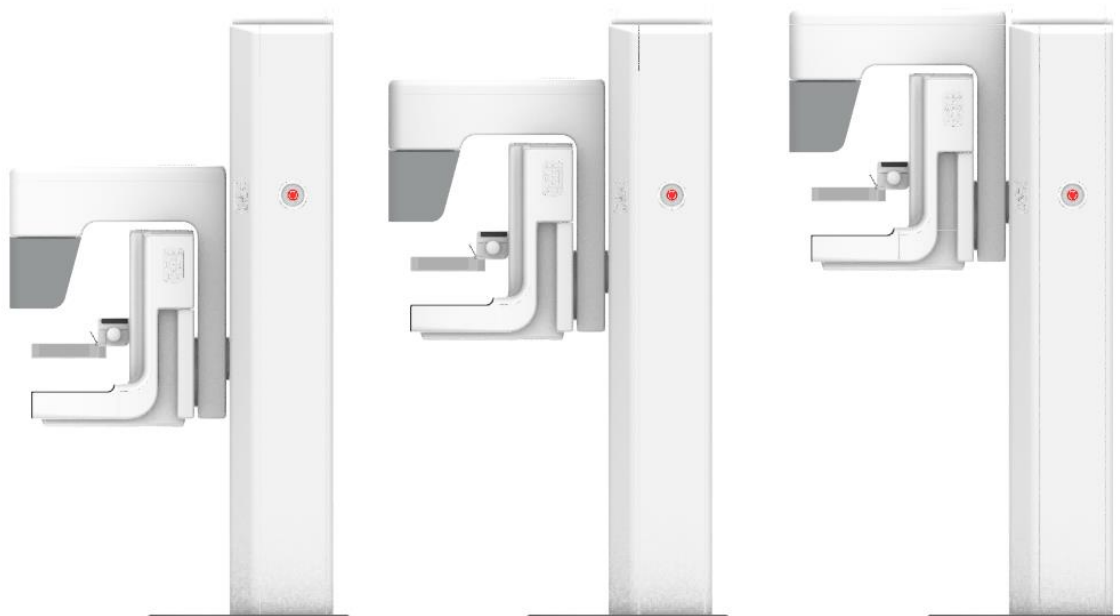
Zadní strana přístroje je řešena převážně technicky. Je zde umístěn otvor pro připojení napájecího kabelu vysokého napětí přímo do sítě. Nachází se zde koncovky pro připojení ovládacích pedálů. Zadní kryt je opatřen několika šrouby a umožňuje přístup k vnitřním komponentům přístroje. Odnímatelný kryt je přínosný především pro servisní techniky. Kryt je opatřen jednou z několika ventilačních mřížek. Další ventilační otvory jsou umístěny na rameni s rentgenkou a pod vyšetřovací deskou.



Obr. 115: Řešení zadní strany přístroje a přístupové části k vnitřním komponentům, archiv autora, květen 2023

6.7 Rozsah pohybu přístroje

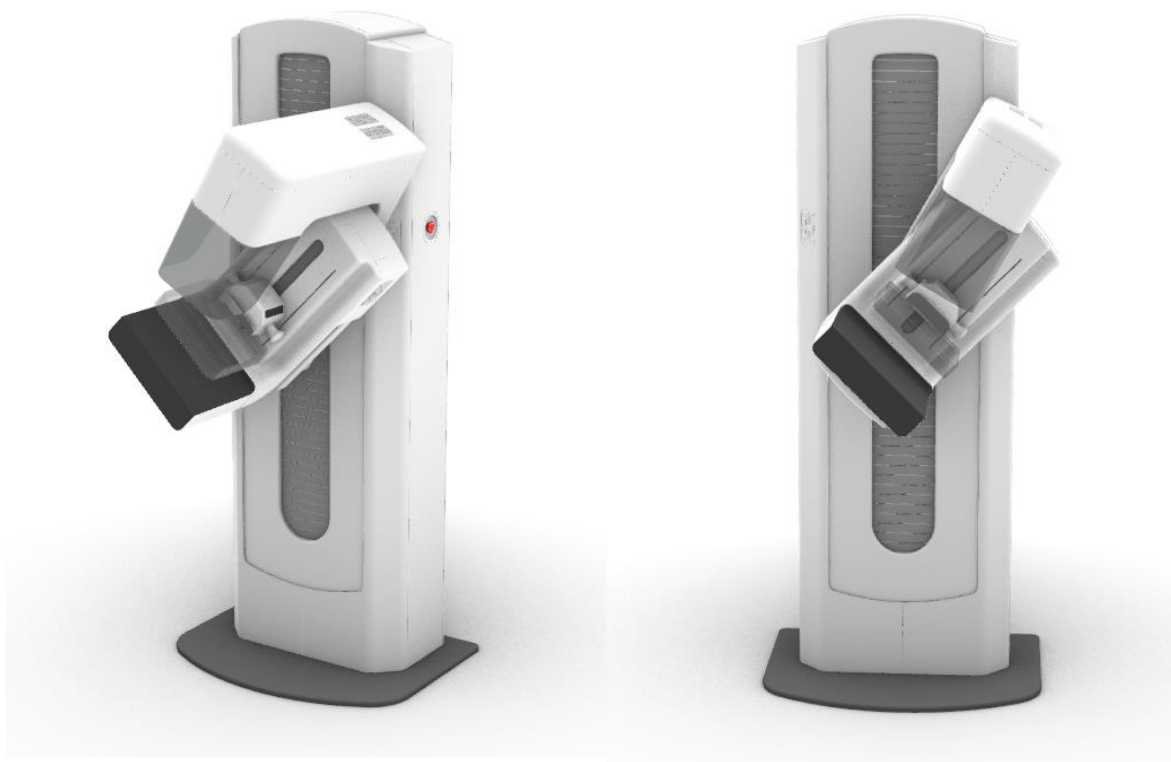
Rameno přístroje se pohybuje ve směru nahoru a dolů. Tím se zajistí správná výška vyšetřovací desky pro každou pacientku. Další pohyb, který rameno vykonává je otáčení. Standardně se naklání o 45° pro vyšetření pod úhlem. Dalším používaným náklonem může být 90°.



Obr. 116: Výškový rozsah ramene přístroje, archiv autora



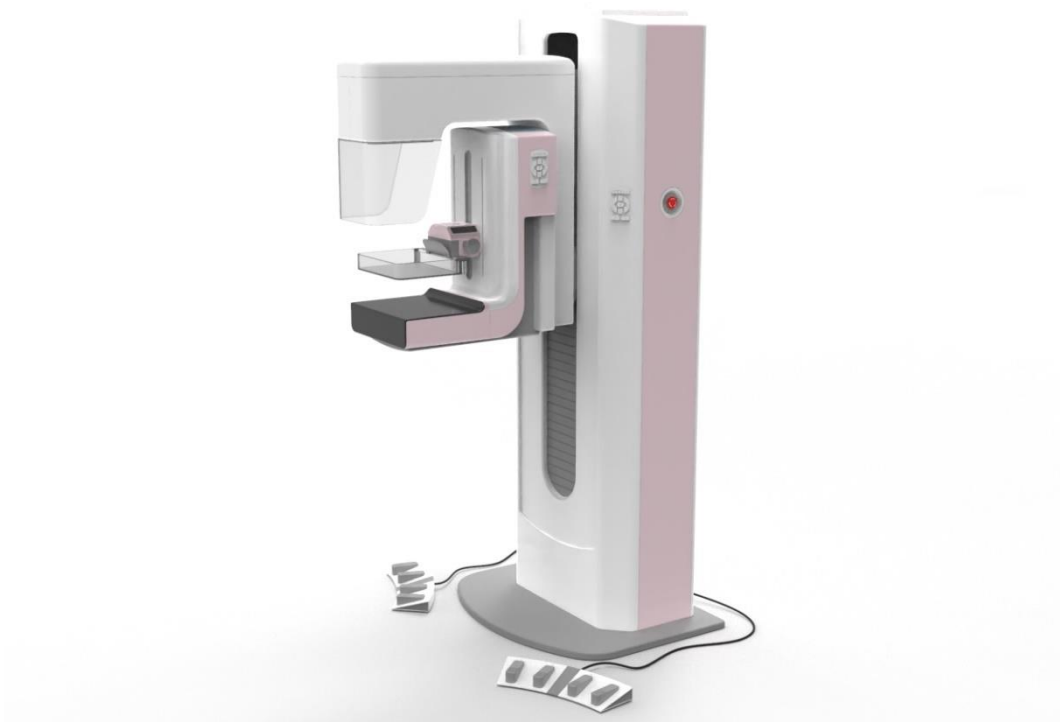
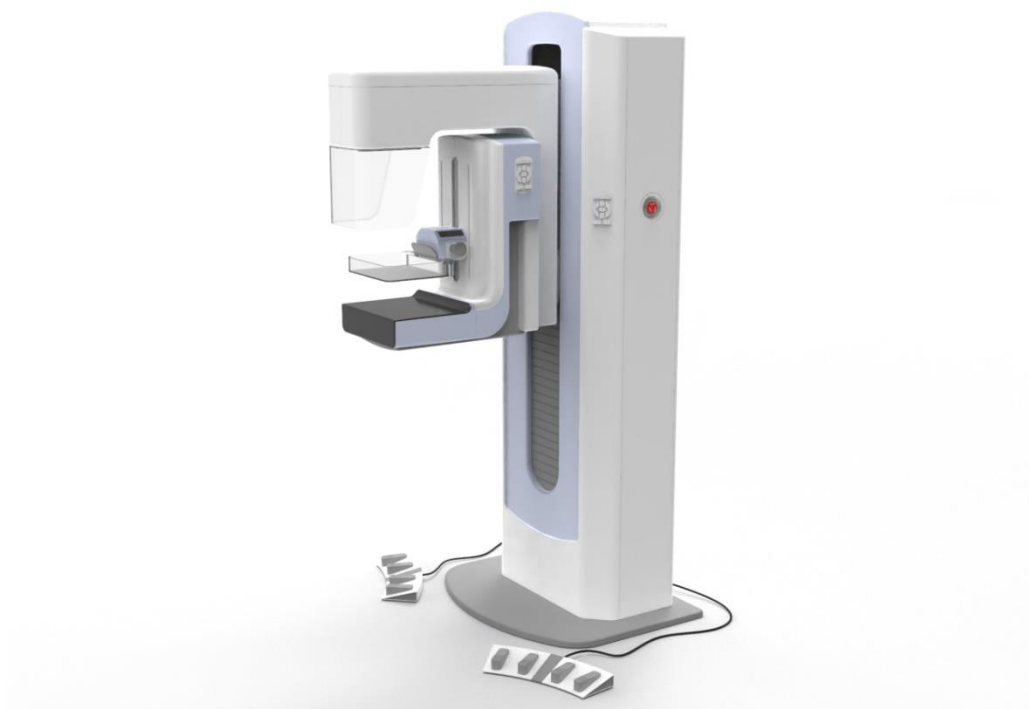
Obr. 117: Náklon ramene přístroje o 45° a 90°, archiv autora

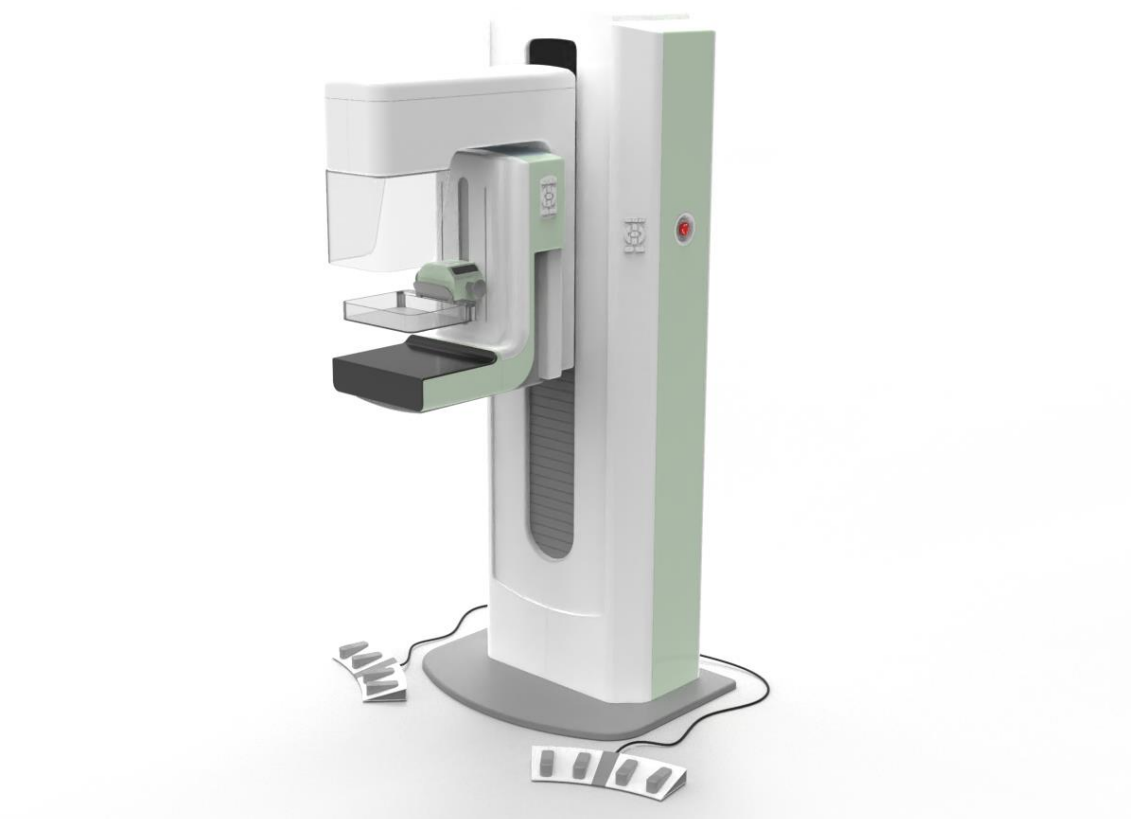
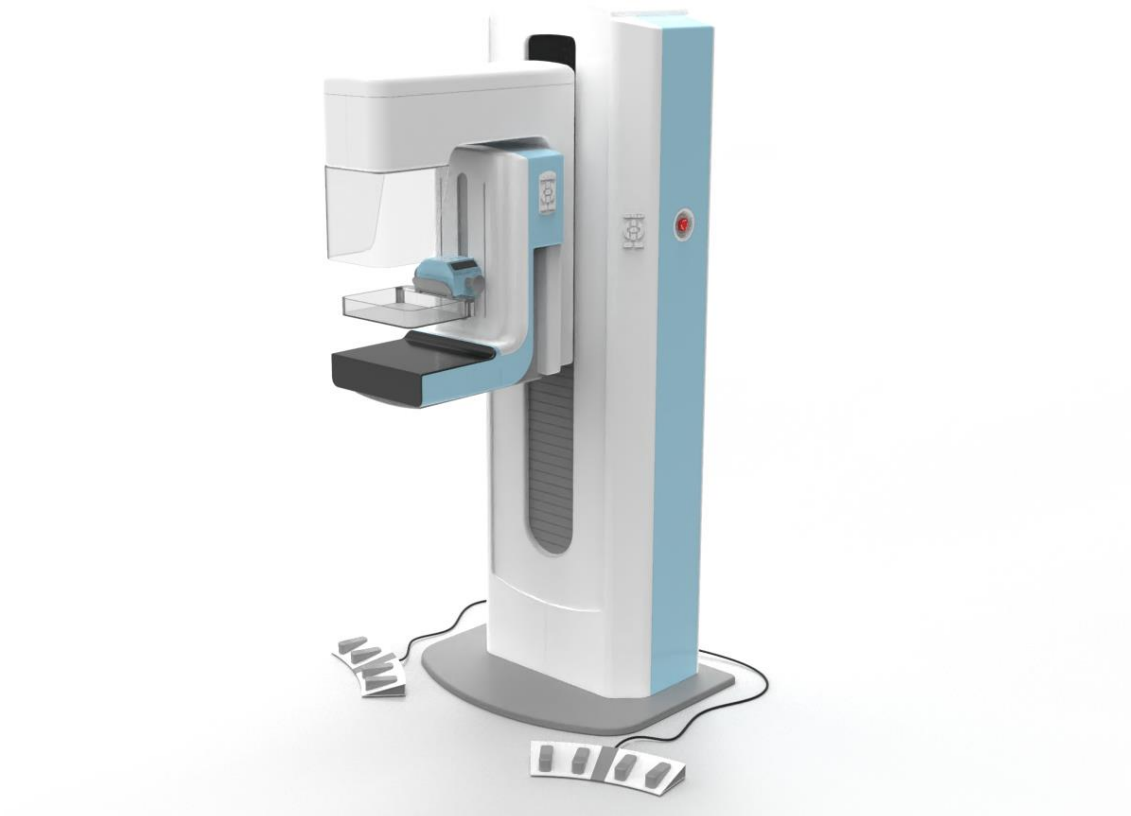


Obr. 118: Otáčení horní části ramene při tomosyntéze

6.8 Barevné varianty

Barevné varianty vychází ze vzorníku RAL. Jsou použity v pastelových odstínech pro vyjádření jemnosti přístroje. Barevná paleta obsahuje odstín fialové, zelené a modré. Každý odstín je v barevné variantě v kombinaci s bílým lesklým plastem a doplněn o prvky šedé barvy.





Obr. 119: Barevné varianty přístroje, archiv autora

6.9 Finální řešení

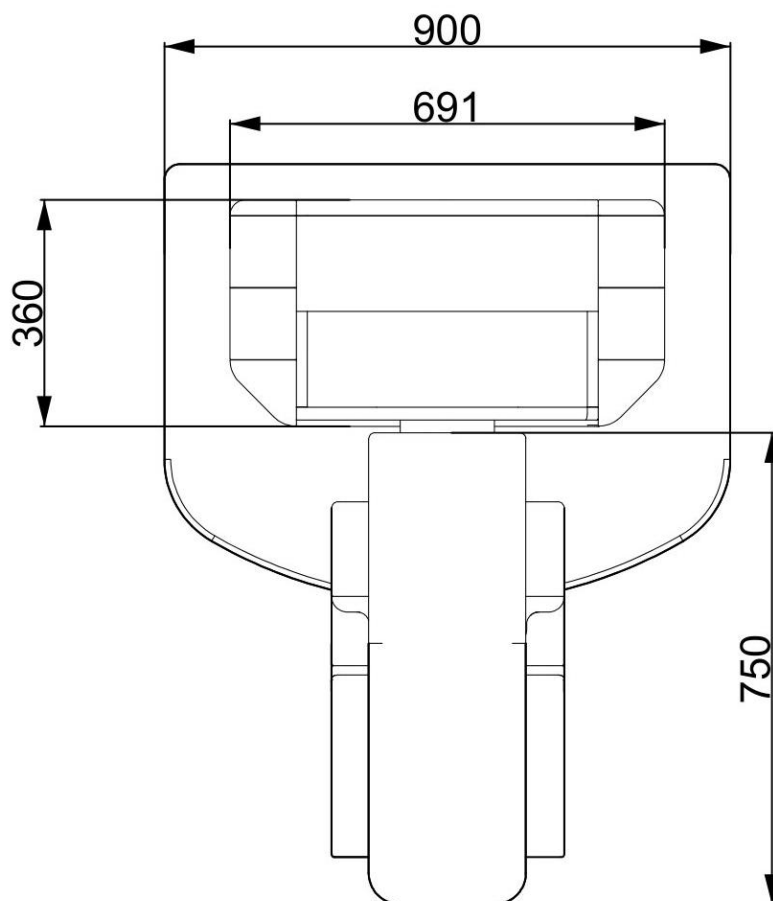




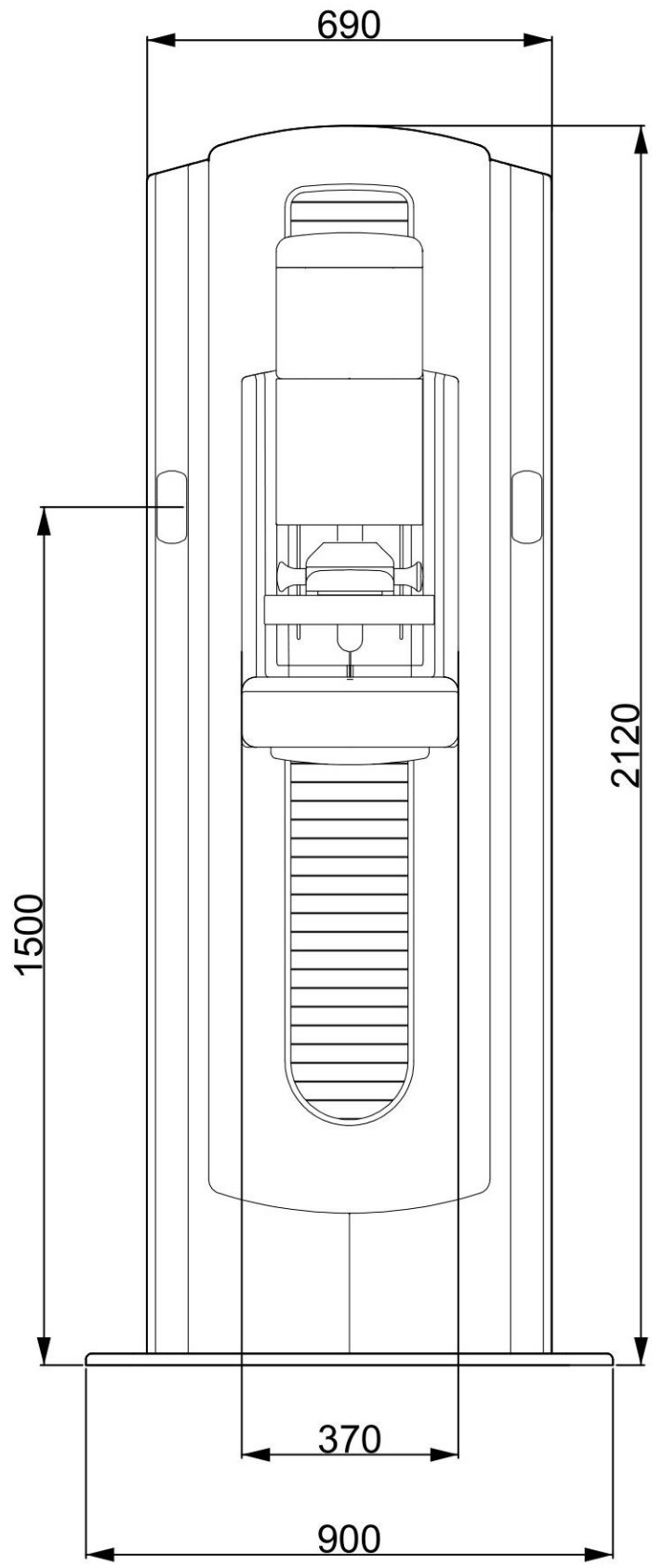


7. Technická dokumentace

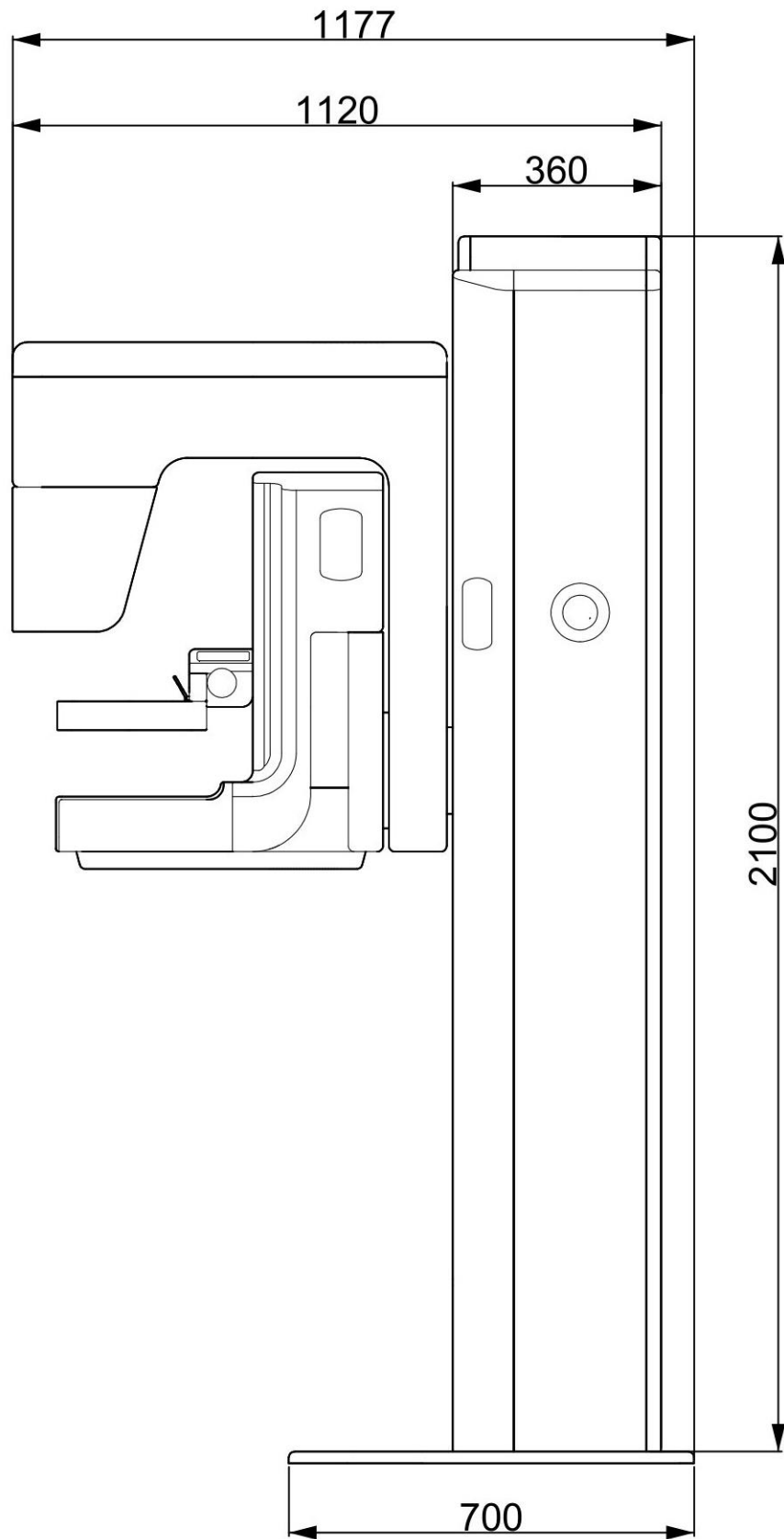
7.1 Technické výkresy v měřítku



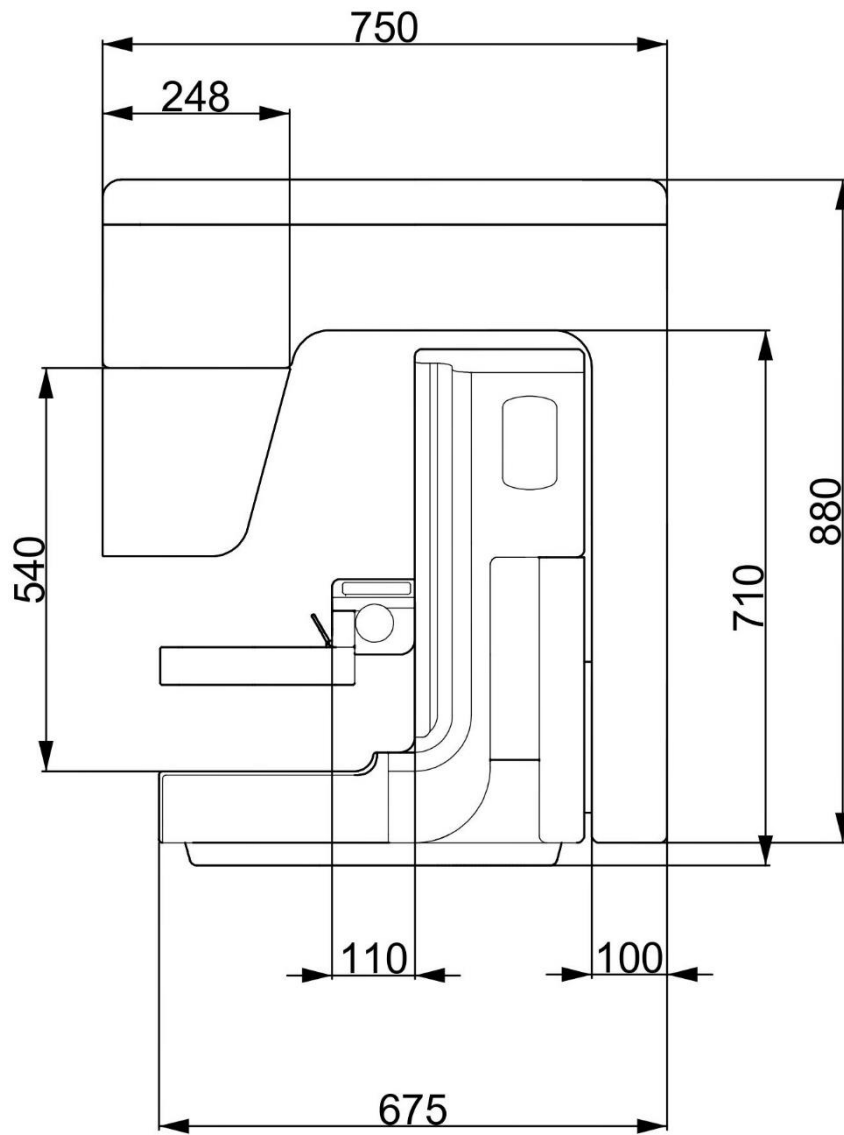
M 1:12



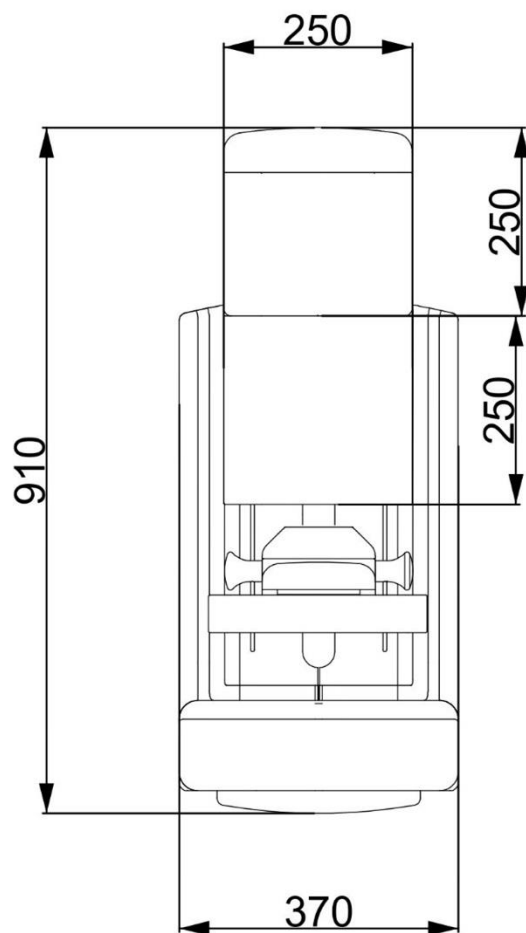
M 1:12



M 1:12



M 1:10



M 1:10

7.2 Technologie výroby

Technologie výroby bude předmětem konzultace s odpovídající osobou. Předpokládá se, že by se neobešla bez diskuse s výrobcem, konstruktérem a technologem. Předpokládaný technologický postup výroby je lisováním nebo vstřikováním jednotlivých plastových dílů. Rozdělení hmoty přístroje na jednotlivé plastové díly by též podléhalo konzultaci s konstruktérem či výrobcem a je více než pravděpodobné, že by v navrhovaném rozdělení dílů proběhly změny.

8. Závěr a reflexe

Záměrem při výběru tématu diplomové práce bylo vyzkoušet a osvojit si práci s produktem větších rozměrů. Osvojit si tvarování velké hmoty. Většina mých předchozích projektů byla buď menších rozměrů, více technicky zaměřena anebo tvarována z plechu. Zabývala jsem se návrhy bezpečnostní kamery, přístroje pro terapii ultrazvukem, přenosného plynového vařiče, sporáku na tuhá paliva a dalších. V tomto případě bylo tvarování z plastu o takové velikosti, jako je mamografický přístroj novou výzvou a doplněním chybějícího článku do mého portfolia.

8.1 Hodnocení projektu

Výsledný návrh vznikl na základě důkladné a rozsáhlé analýzy. Během ní jsem se snažila na přístroj dívat z několika úhlů pohledu a zjistit si nezbytné vlastnosti, které se od přístroje očekávají. Veřejný průzkum se nesetkal s moc velkým úspěchem. Odnáším si z něj však užitečné zkušenosti. Při dalším zkoumání bych kladla jiné nebo lépe srozumitelné otázky pro běžného člověka tak, aby ji snadno pochopil. Za velmi přínosné pro správný chod projektu považuji osobní zkušenost z mamografického centra, kdy jsem si na vlastní kůži mohla vyzkoušet pozici pacientky během vyšetření. Správnost pozice jsem následně mohla aplikovat při testování na fyzickém kartonovém modelu. Jednotlivé zaznamenané fotografie z testování jsem porovnávala s fotografiemi pořízenými v ordinaci a kontrolovala jsem si tak kvalitu postavení u přístroje.

Velmi pozitivně hodnotím část projektu, ve které jsem se věnovala výrobě kartonového modelu o skutečných rozměrech mamografického přístroje. Testování vzdáleností, úchopů, umístění ovládacích prvků a pohybu kolem přístroje by bez fyzického modelu bylo velmi obtížné. Za důležité považuji to, že návrh je podložen naměřenými rozměry. I když některá měření odhalila vhodné umístění madel nebo ovládacích prvků stejné jako tomu je u aktuálních přístrojů na trhu. Podstatné je, že se mi podařilo tyto rozměry ověřit na skutečném modelu, a nejen na sobě, ale i na několika dalších zúčastněných osobách o rozdílné tělesné výšce.

Návrhová část proběhla bez problému. Vyplývalo z ní několik kontextů, které jsem mohla dále rozvíjet. Z mé strany začal problém u tvarování hmoty a prototypování, kdy jsem opět začala přemýšlet převážně technicky a bála se většího tvarování plastových dílů.

Přemýšlení nad technologií výroby je samozřejmě důležité, ale u produktu sestaveného z plastových dílů mám volnější ruku z hlediska tvarování.

Myslím, že se mi v závěru podařilo se s úkolem vypořádat, i když tvarování takto velké hmoty bylo novou výzvou.

8.2 Porovnání s počátečním záměrem

Počátečním záměrem bylo zajistit pro pacientky a pacienty snadné rozpoznání místa, kam se mají postavit a kde se mohou přístroje dotýkat. Nemyslím si, že by se mi toto podařilo stoprocentně obsáhnout ve finálním návrhu. Ne všichni přemýšlejí hlavou designéra a nemusí pochopit, že barevně nebo světelně vyznačená část je určena k úchopu. A pokud pacientka podstupuje vyšetření jednou za dva roky, zapomene svou pozici u přístroje. Ze zkušenosti radiologické asistentky vyplývá, že do ideální polohy pro vyšetření pacientce pomůže sama.

Dalším prvotním záměrem bylo nahrazení stávajících ovládacích pedálů, které se pohybují volně po podlaze a k přístroji jsou připojeny pomocí kabelů. Zabývala jsem se zkoumáním volné plochy okolo přístroje tak, aby nepřekážela obsluze nebo pacientce. Zamýšlela jsem integrování nožních ovládacích prvků do podstavce přístroje případně pohyb pedálů po zabudované kolejnici. Výsledkem testování na fyzickém modelu bylo zjištění, že dlouhodobě používané pedály jsou ideálním řešením.

8.3 Potenciální pokračování projektu

Pokud bych měla možnost na projektu pracovat déle, určitě bych ji využila. Zaměřila bych se na širší spolupráci s více mamografickými centry. Vzhledem k jejich vytíženosti se mi podařilo navázat spolupráci pouze s Mammacentrum Budějovická v Praze, kam jsem měla možnost několikrát během analytické části dorazit na osobní prohlídku. Návštěva mamografického centra byla velmi přínosná taktéž zkušenosti radiologické asistentky. V budoucnu bych určitě uvítala více názorů od dalších radiologických asistentek a jejich zkušenosti s různými typy přístrojů. Dále bych uvítala širší spolupráci s veřejností. Získat více respondentů pro veřejný průzkum například pomocí rozšíření dotazníku přes organizace, které se rakovinou prsu zabývají. Nebo osobním dotazováním v mammacentru. Bohužel vzhledem k časovému omezení pro analytickou část a průzkum se veškerá oslovení různých organizací nedočkala odpovědi. Dotazník se podařilo sdílet skrz instagramový profil *bezhormonu*. Spolupráce s profilem *loonocz* a facebookovou skupinou Rakovina prsu se nepodařila. Spolupráce s širší

veřejností se setkala s neochotou. Spousta respondentů dotazník přešla bez odpovědi.

Dalším krokem v projektu by bylo zaměření se na ovládací stanici, která je nedílnou součástí mamografického přístroje a zaslouží si řádnou péči a výzkum. Zde by bylo vřešení převážně uživatelské a softwarové rozhraní. Rozmístění ovládacích prvků a obrazovek by bylo předmětem dalšího testování na prototypovém modelu.

V samotném projektu vidím potenciál dále pokračovat. Medicínské zařízení bylo a je stále aktuálním předmětem vývoje v oblasti designu. Veškerá zdravotnická zařízení se neustále modernizují a pacienti se snaží pobyt v nich jakkoliv zpříjemnit. V další fázi projektu bude důležité testování s uživateli – pacientkami a zdravotním personálem. Testování komfortnosti by se zúčastnilo mnohem více osob. Nutná by byla konzultace s technologem z hlediska výroby. Návrh by se jistě nevyhnul úpravám. V celé diplomové práci se nabízí ještě řada aspektů, které nebyl prostor řádně otestovat a zkonzultovat s odpovědnou osobou. Před potenciálním uvedením takto technického, zodpovědného a rozsáhlého produktu na trh bude stát ještě dlouhá cesta prototypování, testování a ověřování.

9. Zdroje

ABRAHÁMOVÁ, Jitka a kolektiv, *Co byste měli vědět o rakovině prsu*, první vydání, Praha: Grada Publishing a.s., 2009, ISBN 978-80247-3063-9

SKOVAJSOVÁ, Miroslava, *Mamodiagnostika integrovaný přístup*, první vydání, Praha: nakladatelství Galén, 2003, ISBN 80-7262-220-X

SKOVAJSOVÁ, Miroslava, *Screening nádorů prs v České republice*, Edice Ambulantní gynekologie, svazek 2, Praha: Maxdorf s.r.o., ISBN 978-80-7345-310-7

Bellis, *Nejsi na to sama – průvodce rakovinou prsu*, 1. vydání, Praha: Grada Publishing a.s., 2021, ISBN 978-80-271-3070-2

Loonocz, *Screeningové programy v ČR* [online]. [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://www.instagram.com/loonocz/?igshid=NTc4MTIwNjQ2YQ%3D%3D>

Rentgenové záření [online]. [cit. 2023-04-05]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Rentgenové_záření

BLAŽKOVÁ, Eva, vedoucí radiologická asistentka, [ústní sdělení]. Praha, 17.3.2023

BLAŽKOVÁ, Eva, vedoucí radiologická asistentka, [ústní sdělení]. Praha, 24.3.2023

České ženy jsou v problematice prevence onemocnění prsů dobře orientované [online]. [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://budejcka.drbtna.cz/zpravy/spolecnost/27640-ceske-zeny-jsou-v-problematice-prevence-onemocneni-prsu-dobre-orientovane.html>

Arthur G.Haus *Historical Technical Developments in Mammography*, 2002, s. 120, ISSN 1533-0346 [online]. [cit. 2023-03-25], Dostupné z: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/153303460200100204>

Jakub Slanina, *Mobilní mamografická jednotka jako doplněk současného screeningového programu ČR* (Bakalářská práce), 1. Lékařská fakulta Univerzita Karlova v Praze, s. 13-15 [online]. [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/26381/BPTX_2008_2_11110_B01227_102972_0_74116.pdf?sequence=1&isAllowed=y

The history of mammography [online]. [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://www.medmuseum.siemens-healthineers.com/en/stories-from-the-museum/history-mammography>

Rakovina prsu se týká i mužů. [online]. [cit. 2023-03-30]. Dostupné z: <https://diagnostickecentrum.agel.cz/o-nas/novinky/211118-rakovina-prsu.html>

Mamografické RTG přístroje HOLOGIC. [online]. [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: <https://www.fomei.cz/produkty/mamograficke-rtg-pristroje-hologic/>

MAMMOMAT Revelation. [online]. [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: https://marketing.webassets.siemens-healthineers.com/1800000004848077/d969fa3d169f/DI-XP-WH-MAMMOMAT_Revelation_Brochure_152100155.pdf

MAMMOMAT Inspiration. [online]. [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: <https://www.siemens-healthineers.com/cz/mammography/digital-mammography/mammomat-inspiration-prime>

Pristina™ Mammography System. In. Www.gehealthcare.com [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.gehealthcare.com/products/mammography/senographe-pristina>

AMULET Innovality, Lasting smiles for women worldwide. In. Www.fujifilm.com [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.fujifilm.com/sg/en/healthcare/x-ray/mammography/amulet-innovality>

World of mammography. In. Www.planmed.com [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.planmed.com/mammography/>

Digital Mamography. In. Www.planmed.com [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.planmed.com/mammography/digital-mammography/>

Digital Mamography. In. Www.imsgiotto.com [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://imsgiotto.com/products/mammography-units/>

3Dimension Mammography system User manual, Str. 17 In. Www.hologic.com [online]. [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://www.hologic.com/file/62171/download?token=XRomzgn5>

Navigator 3000A Mammography. In. Www.sinomdt-global.com [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://sinomdt-global.com/product/mammography/digital-mammography/navigator-3000a/>

3Dimension Mammography system User manual, str. 30 [online]. [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: <https://www.hologic.com/file/62171/download?token=XRomzgn5>

Technická specifikace předmětu plnění. [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: [file:///C:/Users/macin/Downloads/Příloha%20č.1.%20RSMV%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/macin/Downloads/Příloha%20č.1.%20RSMV%20(2).pdf)

Servomotor. [online]. [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Servomotor>

10. Obrazové zdroje

Obr. 02: Mamografická ordinace a proces vyšetření, [online]. [cit. 2023-03-25], Dostupné z: <https://www.fnbrno.cz/mudr-iva-mihulova-mamograficky-screening-zachranuje-zivoty/t5917>

Obr. 03: Video z polohování pacientky na přístroj [online]. [cit. 2023-03-25], Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=NwolSpvDU6E>

Obr. 04: První mamografická rentgenová jednotka CGR Senographe s molybdenovou terčovou trubicí a kompresním kuželem [online]. [cit. 2023-03-25], Dostupné z: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/153303460200100204>

Obr. 05: První mamografický přístroj Siemens MAMMOMAT, 1972 [online]. [cit. 2023-03-25], Dostupné z: <https://www.medmuseum.siemens-healthineers.com/en/stories-from-the-museum/history-mammography>

Obr. 06: Siemens MAMMOMAT 3000, 1994 [online]. [cit. 2023-03-25], Dostupné z: <https://www.medmuseum.siemens-healthineers.com/en/stories-from-the-museum/history-mammography>

Obr. 11: Pohyb ramene při tomosyntéze. [online]. [cit. 2023-04-04], Dostupné z: <https://densebreast-info.org/screening-technologies/mammography-3d-mammography-tomosynthesis/>

Obr. 27: 3Dimensions® Mamografický Systém Hologic. [online]. [cit. 2023-04-11], Dostupné z: <https://www.hologic.com/hologic-products/breast-health-solutions/3dimensions-mammography-system>

Obr. 28: Mamografický přístroj s funkcí tomosyntézy Siemens MAMMOMAT Revelation. [online]. [cit. 2023-04-11], Dostupné z: <https://www.siemens-healthineers.com/en-ie/mammography/digital-mammography/mammomat-revelation>

Obr. 29: Mamografický přístroj s nízkou dávkou záření Siemens MAMMOMAT Inspiration. [online]. [cit. 2023-04-11], Dostupné z: <https://www.siemens-healthineers.com/cz/mammography/digital-mammography/mammomat-inspiration-prime>

Obr. 30: Mamografický přístroj a ovládací stanice Senographe Pristina společnosti GE Healthcare. [online]. [cit. 2023-04-11], Dostupné z: <https://www.meddiag.cz/?p=610>

Obr. 31: Řada mamografických přístrojů Fujifilm Amulet Innovality. [online]. [cit. 2023-04-11], Dostupné z: <https://www.fujifilm.com/mm/en/healthcare/x-ray/mammography/amulet-innovality/amulet-harmony>

Obr. 32: Příklad Planmed Clarity 3D. [online]. [cit. 2023-04-11], Dostupné z: <https://healthcare-in-europe.com/en/radbook/women-s-health/428-clarity-3d.html>

Obr. 33: Příklad Planmed Clarity 2D. [online]. [cit. 2023-04-11], Dostupné z: <https://healthcare-in-europe.com/en/radbook/women-s-health/726-clarity-2d.html>

Obr. 34: Příklad Planmed, Clarity S. [online]. [cit. 2023-04-11], Dostupné z: <https://healthcare-in-europe.com/en/radbook/women-s-health/2121-clarity-s.html>

Obr. 35: Villa Sistemi Medicali přístroj řady Melod IID. [online]. [cit. 2023-04-11], Dostupné z: <https://www.villasm.com/en/products/mammography/melody-iiid-ts>

Obr. 36: IMS Giotto přístroj GIOTTO IMAGE 3DL. [online]. [cit. 2023-04-11], Dostupné z: <https://www.medicalexpo.com/prod/ims/product-76442-520116.html>

Obr. 37: Schéma s popisem součástí C ramene. [online]. [cit. 2023-04-15], Dostupné z: <https://radiologykey.com/breast-imaging-mammography/>

Obr. 39: Kompresní zařízení mamografu Hologic 3Diemnsion [online]. [cit. 2023-04-15], Dostupné z: <https://www.3dimensionsmammography.eu/3dimensions-system/#>

Obr. 41: Příklad používaných modelů. Madla po celém obvodu Planmed Clarity 3D. [online]. [cit. 2023-04-15], Dostupné z: <https://www.indiamart.com/proddetail/digital-mammography-21943929491.html>

Obr. 42: Příklad používaných modelů. SIEMENS MAMMOMAT INSPIRATION. [online]. [cit. 2023-04-15], Dostupné z: <https://pulsrostov.com/shop/rentgenologiya/mammograficheskie-sistemy/siemens-mammomat-inspiration-mammograf/>

Obr. 43: Příklad používaných modelů. Senographe Pristina [online]. [cit. 2023-04-15], Dostupné z: <https://trends.medicalexpo.fr/project-426115.html>

Obr. 44: Ovládací prvky přístroje a jejich rozmístění [online]. [cit. 2023-04-15], Dostupné z: <https://www.pixelsquid.com/png/mammograph-siemens-mammomat-revelation-2811794734723372338?image=G03>

Obr. 45: Legenda ovládacích prvků C-ramene přístroje Hologic [online]. [cit. 2023-04-15], Dostupné z: <https://www.hologic.com/file/62171/download?token=XRomzgn5>

Obr. 46: Ovládací prvky přístroje Senographe Pristina, Senographe Pristina [online]. [cit. 2023-04-15], Dostupné z: gehealthcare.com/pristina

Obr. 47: Ovládací prvky přístroje Siemens MAMMOMAT Inspiration MAMMOMAT Inspiration The reference in low-dose mammography, s. 10 [online]. [cit. 2023-04-15], Dostupné z: <https://cdn0.scrvt.com/39b415fb07de4d9656c7b516d8e2d907/1800000006988235/60bf7c2b7cf8/MAMMOMAT-Inspiration---Product-Brochure.pdf>

Obr. 52: Schéma vnitřních komponentů. [online]. [cit. 2023-04-15], Dostupné z: <https://www.sanyodenki.com/social/hospital/mammography/index.html>

11. Seznam obrázků

Obr. 1: Časový harmonogram projektu, archiv autora, únor 2023.....	11
Obr. 2: Mamografická ordinace a proces vyšetření.....	15
Obr. 3: Video z polohování pacientky na přístroj	15
Obr. 4: První mamografická rentgenová jednotka CGR Senographe s filmovou molybdenovou terčovou trubicí a kompresním kuželem.....	16
Obr. 5: První mamografický přístroj Siemens MAMMOMAT, 1972	17
Obr. 6: Siemens MAMMOMAT 3000, 1994, automaticky určuje optimální parametry pro snímkování. Komprese se zastavila v bodě optimální kvality obrazu a ušetřila bolesti pacientce.....	17
Obr. 7: Ovládací stanice Hologic s počítačem, archiv autora, březen 2023.....	18
Obr. 8: Ukázka náklonu ramene přístroje o 45°, archiv autora, březen 2023.....	19
Obr. 9: Ukázka náklonu ramene přístroje o 90°, archiv autora, březen 2023.....	19
Obr. 10: Pohyb ramene při tomosyntéze, archiv autora, březen 2023.....	20
Obr. 11: Grafické znázornění pohybu ramene při tomosyntéze	20
Obr. 12, Obr. 13: Ovládací prvky přístroje Hologic Dimensions 3D, archiv autora, březen 2023.....	20
Obr. 14: Ovládací prvky přístroje – pedály, archiv autora, březen 2023.....	21
Obr. 15: Ovládací prvky přístroje – ruční otočná páčka k nastavení komprese, archiv autora, březen 2023	21
Obr. 16: Obličejový štít, pohled zprava, archiv autora, březen 2023.....	22
Obr. 17: Mechanismus uchycení štítu a rentgenový snímač, archiv autora, březen 2023.....	22
Obr. 18: Kompresní deska klasická, archiv autora, březen 2023	22
Obr. 19: Kompresní deska pro prsa s implantáty, archiv autora, březen 2023	22
Obr. 20: Podstavec pro detailnější snímkování, archiv autora, březen 2023.....	23

Obr. 21: Kompresní deska pro stlačení konkrétního místa, archiv autora, březen 2023.....	23
Obr. 22: Zadní strana přístroje, archiv autora, březen 2023.....	24
Obr. 23: Vyšetření pravého prsu ve svislé pozici, úchop levou rukou, archiv autora, březen 2023.....	25
Obr. 24: Vyšetření pravého prsu ve svislé pozici, bez úchopu, archiv autora, březen 2023.....	25
Obr. 25: Vyšetření pravého prsu pod úhlem o 45°, archiv autora, březen 2023.....	25
Obr. 26: Vyšetření pravého prsu pod úhlem 45°, pohled z druhé strany a na úchop, archiv autora, březen 2023.....	25
Obr. 27: 3Dimensions® Mamografický Systém Hologic.....	28
Obr. 28: Mamografický přístroj s funkcí tomosyntézy Siemens MAMMOMAT Revelation, 2017.....	29
Obr. 29: Mamografický přístroj s nízkou dávkou záření Siemens MAMMOMAT Inspiration, 2012.....	29
Obr. 30: Mamografický přístroj a ovládací stanice Senographe Pristina společnosti GE Healthcare z roku 2016.....	30
Obr. 31: Řada mamografických přístrojů Fujifilm Amulet Innovality.....	30
Obr. 32: Přístroj Planmed Clarity 3D.....	31
Obr. 33: Přístroj Planmed Clarity 2D.....	31
Obr. 34: Přístroj Planmed Clarity S.....	31
Obr. 35: Villa Sistemi Medicali přístroj řady Melod IIID.....	31
Obr. 36: IMS Giotto přístroj GIOTTO IMAGE 3DL.....	31
Obr. 37: Schéma s popisem součástí C ramene, upraveno.....	32
Obr. 38: Kompresní zařízení Hologic 3Diemnsion, archiv autora, březen 2023.....	33
Obr. 39: Kompresní zařízení mamografu Hologic 3Diemnsion.....	33
Obr. 40: Příklady používaných kompresních lopatek, standardní lopatky, kontaktní a bodové lopatky, lokalizační.....	34
Obr. 41: Příklady používaných madel.....	35
Obr. 42: Příklady používaných madel.....	35
Obr. 43: Příklady používaných madel.....	35
Obr. 44: Ovládací prvky přístroje a jejich rozmístění.....	36
Obr. 45: Legenda ovládacích prvků C – ramene přístroje Hologic [1. Rotace rentgenového ramene; 2. Pozice nula C ramene; 3. Světlo nad rentgenovým polem; 4. Povolení motoru; 5. Vyřazení kolimátoru; 6. Rotace ramene ve směru hodinových ručiček; 7. C-rameno nahoru a dolů; 8. Rotace ramene proti směru hodinových ručiček; 9. Komprese nahoru; 10. Komprese dolu].....	37
Obr. 46: Ovládací prvky přístroje Senographe Pristina.....	37
Obr. 47: Ovládací prvky přístroje Hologic, archiv autora, březen 2023.....	37
Obr. 48: Ovládací prvky přístroje Siemens MAMMOMAT Inspiration.....	37
Obr. 49: Požadavky a specifikace k mamografickému přístroji Hologic 3Dimension, archiv autora, březen 2023.....	39

Obr. 50: Rozměry přístroje Hologic 3Dimension, archiv autora, březen 2023.....	40
Obr. 51: Rozměry ovládací stanice Hologic 3Dimension, archiv autora, březen 2023	40
Obr. 52: Schéma vnitřních komponentů	41
Obr. 53: Otázka z veřejného dotazníku, archiv autora, březen 2023.....	42
Obr. 54: Otázka z veřejného dotazníku, archiv autora, březen 2023.....	43
Obr. 55: Vymezení základních rozměrů na základě technických výkresů přístrojů Hologic Selenia Dimensions, Hologic 3Dimensions, Planmed Clarity 2D, Planmed Clarity S, GE Senographe Pristina	48
Obr. 56: 3D model v jednoduchých hmotách a základních rozměrech, archiv autora, březen 2023	49
Obr. 57: Kartonový model ve skutečné velikosti, archiv autora, březen 2023.....	49
Obr. 58: První pokus o postavení se k přístroji a vyšetření pravého prsu, archiv autora, duben 2023	50
Obr. 59: Detailní pohled na postavení těla při vyšetření pravého prsu s úchopem pravé ruky a odtažení těla od vyšetřovací desky, archiv autora, duben 2023.....	50
Obr. 60: Detailní pohled na postavení těla při vyšetření pravého prsu se správným úchopem ruky, archiv autora, duben 2023.....	50
Obr. 61, 62, 63: Pozice při ovládání přístroje ve svislé pozici ramene, archiv autora, duben 2023	50
Obr. 64, 65, 66: Pozice při ovládání přístroje při náklonu ramene, archiv autora, duben 2023	51
Obr. 67, 68: Měření vzdálenosti madla, archiv autora, duben 2023.....	51
Obr. 69, 70: Měření postavení nohou radiologa při asistenci pacientce, archiv autora, duben 2023	52
Obr. 71: Zakreslení rozměrů okolo přístroje, archiv autora, duben 2023.....	53
Obr. 72: Zakreslení tvaru volné plochy, archiv autora, duben 2023.....	53
Obr. 73: Trajektorie pohybu pedálu po podlaze, archiv autora, duben 2023.....	53
Obr. 74: Pozice v sedě na vyšetřovací židli, archiv autora, duben 2023.....	55
Obr. 75: Simulace polohy na invalidním vozíku, archiv autora, duben 2023.....	55
Obr. 76: Zamýšlená plocha pro práci s podstavcem, archiv autora, duben 2023..	55
Obr. 77: Výsledná volná plocha pro možnou práci s podstavcem, archiv autora, duben 2023	55
Obr. 78: První skici mamografického přístroje, archiv autora, duben 2023.....	56
Obr. 79, 80: Návrhy mamografického přístroje a inspirace přírodou, archiv autora, duben 2023	57
Obr. 81: Návrhy mamografického přístroje, archiv autora, duben 2023	58
Obr. 82: Návrh s konceptem rozdělení ramene, oddělení části s madly, archiv autora, duben 2023	58
Obr. 83: Návrh s konceptem poupěte, archiv autora, duben 2023.....	59
Obr. 84: Návrhy tvaru mamografu, archiv autora, duben 2023.....	60

Obr. 85: Zaznamenání trajektorie pohybu ruky pro vyznačení madla, archiv autora, květen 2023.....	61
Obr. 86, Obr. 87: Pozice ruky při úchopu z podhmatu, archiv autora, květen 2023	62
Obr. 88: Pozice ruky při vyšetření v náklonu ramene, archiv autora, květen 2023.....	62
Obr. 89: Testování geometrizace tvaru přístroje pomocí rozmístění jednotlivých kružnic, archiv autora, květen 2023.....	63
Obr. 90: Ověření tvarování vycházejícího z geometrie pohybu ramene přístroje, archiv autora, květen 2023	64
Obr. 91: Tvarování těla přístroje a umístění ovládacího panelu, archiv autora, květen 2023.....	65
Obr. 92: Skica znázorňující tvarování madel na jedné části ramene, archiv autora, květen 2023.....	65
Obr. 93: Varianty tvarování přechodu madla do přední části ramene, archiv autora, květen 2023.....	66
Obr. 94: Varianty horní části ramene se štítem, archiv autora, květen 2023.....	66
Obr. 95: Řešení problému s dutinou madla, prodloužení spodní části ramene, archiv autora, květen 2023	66
Obr. 96: Varianty zakončení spodní části ramene, archiv autora, květen 2023.....	67
Obr. 97: Varianty zakončení horní části těla přístroje, archiv autora, květen 2023.....	67
Obr. 98: Umístění ovládacího panelu na tělo přístroje, archiv autora, květen 2023	68
Obr. 99: Porovnání široké a klasické varianty obličejového štítu, archiv autora, květen 2023.....	69
Obr. 100: Tvarové varianty obličejového štítu, archiv autora, květen 2023.....	69
Obr. 101: Tvarové varianty podstavce přístroje, archiv autora, květen 2023.....	70
Obr. 102: Tvarové varianty kompresního zařízení, archiv autora, květen 2023.....	71
Obr. 103: Ukázka úchopu za integrované madlo a z podhmatu, archiv autora, květen 2023.....	73
Obr. 104: Postavení pacientky u mamografického přístroje, úchop za madlo vyšetřovacího ramene, archiv autora, květen 2023.....	74
Obr. 105: Postavení pacientky u přístroje při vyšetření pod úhlem 45°. Znázornění úchopu a pozice hlavy, archiv autora, květen 2023	74
Obr. 106: Ukázka postavení radiologické asistentky u přístroje při jeho ovládní, archiv autora, květen 2023	75
Obr. 107: Pacientka a radiologická asistentka u přístroje, ovládací pedály jako součást dalšího komfortního prvku pro radioložky, archiv autora, květen 2023	76
Obr. 108: Kompresní zařízení se zobrazovacími displeji, ovládacími prvky a mechanismem pro uchycení kompresní desky, archiv autora, květen 2023.....	77
Obr. 109: Princip upevnění kompresní desky, archiv autora, květen 2023.....	78
Obr. 110: Vyšetřovací deska, o kterou se pacientka opírá vyšetřovanou částí těla, archiv autora, květen 2023	78

Obr. 111: Ovládací panel s grafickými prvky.....	79
Obr. 112: Jednotlivé ovládací prvky mamografického přístroje.....	80
Obr. 113: Nožní pedály k ovládní pohybu ramene a kompresního zařízení, archiv autora, 2023.....	81
Obr. 114: Obličejový štít z čirého plastu a mechanismus nasazování, archiv autora, květen 2023.....	82
Obr. 115: Řešení zadní strany přístroje a přístupové části k vnitřním komponentům, archiv autora, květen 2023.....	83
Obr. 116: Výškový rozsah ramene přístroje, archiv autora.....	84
Obr. 117: Náklon ramene přístroje o 45° a 90°, archiv autora.....	85
Obr. 118: Otáčení horní části ramene při tomosyntéze.....	85
Obr. 119: Barevné varianty přístroje, archiv autora.....	87