



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

DESIGN TERAPEUTICKÉHO LASERU

DESIGN OF NON-INVASIVE THERAPEUTIC LASER

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Mariam Halchynska

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Dana Rubínová, Ph.D.

BRNO 2025

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav konstruování
Studentka: **Bc. Mariam Halchynska**
Studijní program: Průmyslový design ve strojírenství
Studijní obor: bez specializace
Vedoucí práce: **Ing. Dana Rubínová, Ph.D.**
Akademický rok: 2024/25

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.1111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Design terapeutického laseru

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Laserová terapie je jednou z nejmodernějších léčebných metod v progresivně se rozvíjející oblasti regenerativní medicíny. Neinvazivní terapeutické lasery určené k zmírnění či odstranění dlouhodobých potíží jsou využívány zejména v ortopedii, interním a kožním lékařství. Design stávajících přístrojů je v mnoha případech charakteristický nedostatečnou vizuální návazností terapeutického ramene, těla přístroje a podvozku.

Typ práce: vývojová – designérská

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

Projekt: specifický vysokoškolský výzkum

Cíle diplomové práce:

Cílem práce je návrh koncepčního designu neinvazivního terapeutického laseru s možností libovolného nastavení pracovní pozice ramene a zajištěním dostatečné faktické i vizuální stability ve všech pracovních situacích.

Dílčí cíle diplomové práce:

- studovat proces laserové terapie z pohledu pacienta/zdravotníka s cílem identifikace problematických oblastí,
- navrhnout inovativní kompaktní design přístroje při splnění funkčních aspektů,
- vhodně řešit ergonomii zařízení, zejména pak umožnit pohodlnou manipulaci s aplikátorem,
- zvolit barevné řešení vystupující příznivě směrem k pacientovi a odpovídající lékařskému prostředí,
- prokázat funkčnost, ergonomičnost i realizovatelnost návrhu.

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

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

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

<https://www.ustavkonstruovani.cz/texty/magisterske-studium-ukonceni/>

Seznam doporučené literatury:

DREYFUSS, Henry. Designing for people. New York: Allworth Press, 2003. ISBN 1-58115-312-0.

FIELD, Charlotte a Peter FIELD. Industrial design. Praha: Slovart, c2003. ISBN 3-8228-2426-7.

LIDWELL, William, Kritina HOLDEN a Jill BUTLER. Universal principles of design: 100 ways to enhance usability, influence perception, increase appeal, make better design decisions, and teach through design. Beverly: Rockport Publishers, 2003. ISBN 1-59253-007-9.

PELCL, Jiří. Design: od myšlenky k realizaci = from idea to realization. V Praze: Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, c2012. ISBN 978-80-86863-45-0.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2024/25

V Brně, dne

L. S.

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

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem vysokovýkonného terapeutického laseru určeného pro použití ve fyzioterapeutických ordinacích. Cílem bylo vytvořit zařízení, které odpovídá současným ergonomickým, technickým i estetickým požadavkům a zároveň reaguje na praktické potřeby zdravotnického personálu.

Návrhu předcházela rešerše odborné literatury, analýza dostupných produktů na trhu šetření mezi uživateli. Na základě získaných poznatků bylo navrženo řešení, které zahrnuje flexibilní laserové rameno s důrazem na snadnou manipulaci, přesné polohování kompaktní provedení. Dále přístroj disponuje modulární konstrukcí umožňující oddělení laserové jednotky, integrovaným úložným prostorem a intuitivně umístěnými ovládacími prvky.

Tvarové a konstrukční řešení klade důraz na kompaktnost, stabilitu celého zařízení a jeho snadné začlenění do nemocničního prostředí. Výsledný návrh spojuje funkčnost s čistým, moderním designem a přispívá k bezpečnějšímu, efektivnějšímu a pohodlnějšímu průběhu terapie.

KLÍČOVÁ SLOVA

Terapeutický laser, laserová terapie, fyzioterapie, lékařský přístroj, ergonomie, design

ABSTRACT

The thesis focuses on the design of a high-power therapeutic laser for use in physiotherapy offices. The goal was to create a device that meets the current ergonomic, technical and aesthetic requirements while responding to the practical needs of medical staff.

The design was preceded by a literature search, an analysis of available products on the market and a survey of users. Based on the findings, a solution was designed that includes a flexible laser arm with an important focus on ease of handling, precise positioning and compact design. In addition, the device features a modular construction allowing separation of the laser unit, integrated storage space and optimally positioned controls.

The shape and design emphasize compactness, stability of the entire device and its easy integration into the hospital environment. The final design combines functionality with a clean, modern design and contributes to a safer, more efficient and comfortable therapy process.

KEYWORDS

Therapeutic laser, laser therapy, physiotherapy, medical device, ergonomics, design

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HALCHYNSKA, Mariam. *Design terapeutického laseru*. Online, diplomová práce. Dana RUBÍNOVÁ (vedoucí práce). Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2025. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/165978>. [cit. 2025-05-23].

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala své vedoucí práce Ing. Daně Rubínové, Ph.D., za trpělivost, cenné rady a odborné vedení během celého procesu zpracování diplomové práce. Dále děkuji všem respondentům, kteří byli ochotni zúčastnit se hloubkových rozhovorů a podělit se o své zkušenosti, které pro mě byly velkým přínosem. V neposlední řadě chci vyjádřit vděčnost své rodině a přátelům za jejich podporu během celého mého studia.

PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, pod odborným vedením Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpal, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

Podpis autora

OBSAH

1	ÚVOD	14
2	PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	15
2.1.1	Kritéria relevance pro výběr informačních pramenů	15
2.1.2	Rešeršní strategie a výběr relevantních informačních zdrojů	16
2.1.3	Užité metody zpracování dat	17
2.1.4	Sumarizace počtu a druhu vybraných informačních zdrojů	17
2.2	Rešerše na stav techniky	19
2.2.1	Motivace	19
2.2.2	Analýza odborných článků	20
2.2.3	Technická analýza	21
2.2.4	Designérská analýza	27
2.2.5	Analýza uživatelských příruček	45
2.3	Šetření mezi uživateli	49
2.3.1	Průběh rozhovorů a tematické okruhy otázek	49
2.3.2	Výsledky dotazníkového šetření	51
2.4	Shrnutí hlavních zjištění	52
2.5	Identifikace novosti a příležitostí	54
3	CÍLE PRÁCE	55
3.1	Vymezení problému	55
3.1.1	Název produktu a jeho klasifikace	55
3.1.2	Specifikace zákazníka	56
3.1.3	Specifikace spotřebitele	56
3.1.4	Specifikace uživatele	56
3.1.5	Specifikace možného trhu, ceny a výrobních technologií	57
3.1.6	Vymezení problému	58
3.2	Cíl vývoje	59
4	KONCEPČNÍ NÁVRH	61
4.1	Analýza cílů a specifikace omezení	61
4.2	Technická funkční analýza	63
4.2.1	Rozměrová analýza	63
4.2.2	Specifikace vnitřních komponent	67

4.3	Návrh alternativních řešení	68
4.3.1	Variantní návrh 1	69
4.3.2	Variantní návrh 2	71
4.3.3	Variantní návrh 3	73
4.4	Analýza alternativních řešení a výběr nejlepšího	75
5	PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH	77
5.1	Určení tvarů a rozměrů	77
5.1.1	Určení rozměru přístroje	77
5.1.2	Určení tvaru přístroje	79
5.1.3	Vnitřní uspořádání	81
5.2	Určení technologie výroby a materiálů	83
5.3	Odhad výrobních nákladů a objemu výroby	85
6	DETAILNÍ NÁVRH	86
6.1	Tvarové řešení	86
6.2	Konstrukční řešení	95
6.2.1	Konstrukce a vnitřní komponenty	96
6.2.2	Vozík	96
6.2.3	Laserová jednotka a aplikátor	98
6.2.4	Laserové rameno	101
6.3	Ergonomické řešení	104
6.4	Hygiena a bezpečnost	115
6.5	Barevné a grafické řešení	116
6.5.1	Barevné řešení	116
6.5.2	Logotyp	118
6.5.3	Aplikace	119
6.6	Udržitelnost produktu	121
6.7	Hodnocení klíčových parametrů	122
7	ZÁVĚR	124
8	VÝSLEDKY VÝZKUMU PODLE RIV	125
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	126
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN	132

11	SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	133
12	SEZNAM TABULEK	138
13	SEZNAM PŘÍLOH	139

1 ÚVOD

V současnosti lze pozorovat významné demografické změny, mezi něž patří stárnutí populace a současný nárůst výskytu chronických a degenerativních onemocnění. Tento trend je ovlivněn řadou faktorů, včetně zhoršující se kvality ovzduší, klimatických změn a dalších environmentálních problémů, které mají přímý dopad na lidské zdraví. Souběžně s tím však dochází k dynamickému rozvoji medicínských technologií a zkvalitnění zdravotní péče, což otevírá nové možnosti v oblasti diagnostiky a terapie.

Moderní doba přináší na řadě s technologickým pokrokem také snadnější přístup k informacím, který umožňuje lidem rozšiřovat své znalosti a hledat alternativní způsoby léčby. Pacienti se stále častěji zajímají o neinvazivní terapeutické metody, které mohou představovat účinnou a bezpečnou alternativu k farmakologické léčbě. Rostoucí zájem je částečně motivován obavami z vedlejších účinků a možného vzniku závislosti při užívání analgetik. V důsledku toho se do popředí dostávají technologie, jako jsou vysokovýkonné terapeutické lasery, které nabízejí efektivní léčbu bolesti, urychlení regeneračních procesů a široké využití v různých medicínských oborech.

Princip laserové terapie je založen na fotochemických procesech, kdy stimulované světlo proniká do tkáně a aktivuje biologické reakce vedoucí ke snížení zánětlivých projevů a úlevě od bolesti. Tento přístup se vyznačuje vysokou účinností, bezpečností a možností opakovaného použití, čímž se stává atraktivní alternativou ke konvenčním léčebným postupům. S rostoucím tlakem na zdravotnický sektor a nedostatkem kvalifikovaného personálu se rovněž otevírá otázka automatizace terapeutických procesů, která by mohla vést ke snížení zátěže zdravotníků a optimalizaci léčebných postupů.

Diplomová práce se zabývá návrhem terapeutického laseru se zaměřením na ergonomii a flexibilitu laserového ramene, jehož konstrukční řešení představuje zásadní výzvu z technického i ergonomického hlediska. Rameno musí umožňovat přesnou a plynulou manipulaci, přičemž je nutné zohlednit aspekty, jako jsou stabilita, rozsah pohybu, jednoduchost ovládání a celková uživatelská přívětivost pro zdravotnický personál.

Tyto požadavky vycházejí z podrobné analýzy technických, designérských i uživatelských hledisek. Cílem je vytvořit efektivní, intuitivní a ergonomicky optimalizované řešení, které zvýší efektivitu terapeutického procesu a současně zlepší komfort při používání zařízení v klinické praxi.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

Cílem rešerše bylo nejprve identifikovat vhodné informační zdroje a zvolit správnou metodu jejich vyhledávání. Tato podkapitola shrnuje použitý postup a popisuje klíčové kroky při tvorbě systematické rešerše. Výsledkem rešerše je přehled dostupných informací, který tvoří základ pro návrh terapeutického laseru.

2.1.1 Kritéria relevance pro výběr informačních pramenů

Před zahájením vyhledávání zdrojů byla provedena formulace a analýza požadavků na rešerši. Během tohoto procesu byla vytvořena řada klíčových slov a frází, které byly považovány za relevantní pro dosažení stanovených cílů. Pro širší záběr informací byla tato slova přeložena do anglického jazyka, což umožnilo zvětšit množství potenciálních zdrojů, které by mohly být relevantní pro zkoumanou problematiku.

Mezi tato klíčová slova a slovní spojení patří: „*Laser (stimulovaný světelný paprsek, koherentní záření / stimulated light beam, coherent radiation)*“; „*Terapie (ošetření, léčba, rehabilitace, zákrok, procedura) / Therapy (treatment, care, rehabilitation, procedure)*“; „*Laserový aplikátor (nástavec, sonda, aparát) / Laser applicator (attachment, device, tool, applier)*“; „*Pracovní rameno (manipulátor, manipulační systém, pracovní ruka, robotická jednotka) / Manipulation arm (handling system, robotic arm, robotic unit)*“; „*Automatizace (mechanizace, kontrola, robotizace, proces, úkon, činnost, výkon) / Automation (mechanization, robotization, process, operation, activity)*“.

V dalším kroku byla provedená selekce vhodných primárních a sekundárních informačních zdrojů. Byly využity různé vyhledávací platformy, jako například Google Scholar, Scopus, PubMed a další, které nabídly široké portfolio textových pramenů včetně odborných časopisů, článků a klinických studií.

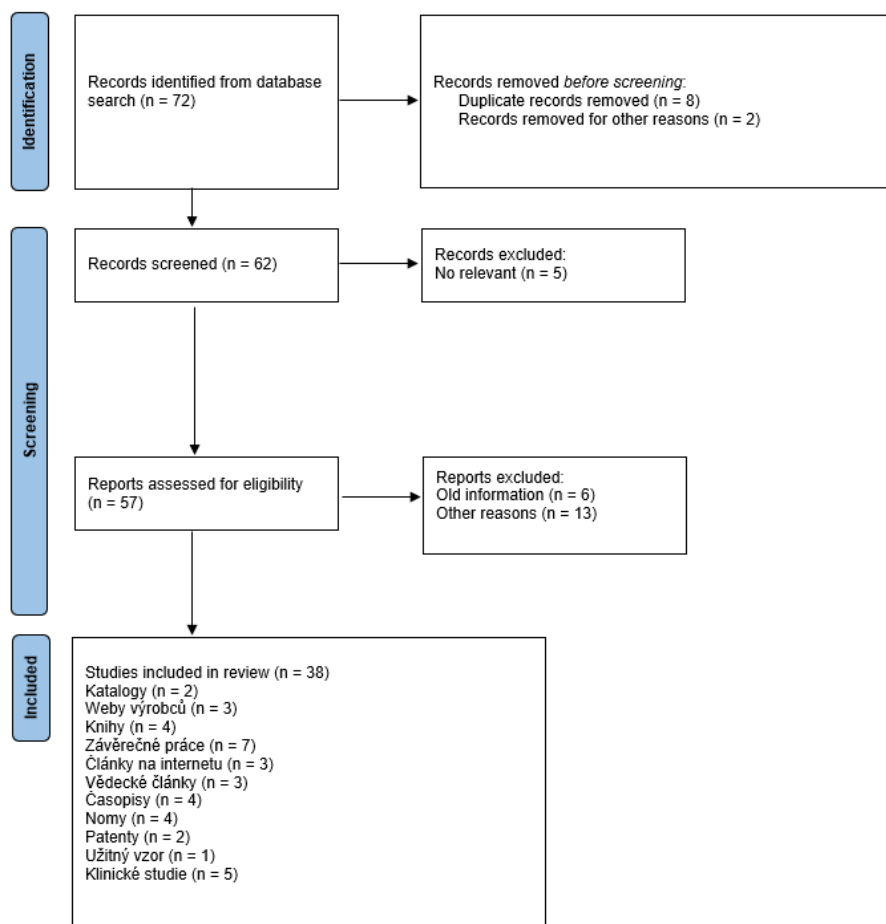
Důležitým kritériem pro posouzení relevance zdroje byl rok jeho publikace. Vzhledem k dynamickému vývoji technologií v oblasti medicíny byly upřednostňovány zdroje ne starší než 15 let. Dalším podstatným faktorem při selekci zdrojů byla jejich tematická souvislost s diplomovou prací a schopnost poskytnout informace relevantní pro zkoumanou problematiku.

2.1.2 Rešeršní strategie a výběr relevantních informačních zdrojů

Při hledání informačních zdrojů byly aplikovány specifické rešeršní metody, mezi které patřila strategie stavebních kamenů, spočívající v kombinaci několika samostatných klíčových slov, a strategie rostoucí perly, která umožňuje postupné rozšiřování počtu relevantních pramenů prostřednictvím sledování odkazů a citací ve vybraných pramenech. Klíčová slova byla používána jak v českém, tak i v anglickém jazyce s cílem dosáhnout na širší spektrum dostupných zdrojů.

Při využití strategie stavebních kamenů na ukázce vyhledávání v databázi Science Direct bylo zjištěno, že při zadání výrazu „therapeutic laser“ bylo nalezeno 121 028 výsledků. Pokud byl zadán obecnější výraz „light therapy“, byl zaznamenán výskyt 447 225 informačních pramenů. Pro specifikaci požadavku byly také využity booleovské operátory. Například při vyhledávání „therapeutic laser AND medicine“ bylo nalezeno 64 590 zdrojů, zatímco při zadání „therapeutic laser AND automatisation“ výsledkem bylo pouze 358 pramenů. V některých situacích byla aplikována strategie osekávání, díky čemuž byla upřesněna klíčová slova s cílem omezit počet nalezených dokumentů.

Pomocí výše zmíněných metod byl nalezen velký počet zdrojů, které splňovaly základní výběrová kritéria. Po důkladném prostudování všech pramenů byl výběr zúžen na 72 vyhovujících publikací. Následně byly odstraněny duplicitní či zastaralé prameny, čímž se počet relevantních zdrojů snížil na 62. V dalším kroku bylo přistoupeno k posouzení relevance a přínosu jednotlivých publikací ve vztahu k tématu diplomové práce. Byly vyřazeny například klinické studie, zaměřené na nízkovýkonnou laserovou terapii, nebo knihy s příliš detailním zaměřením na fyzikální principy fungování laseru, jež nejsou pro tuto práci klíčové. Ve výsledném souboru zůstalo 38 relevantních a využitelných zdrojů. Všechny tyto údaje byly následně zpracovány a znázorněny pomocí PRISMA diagramu.



Obr. 2-1 PRISMA diagram

2.1.3 Užité metody zpracování dat

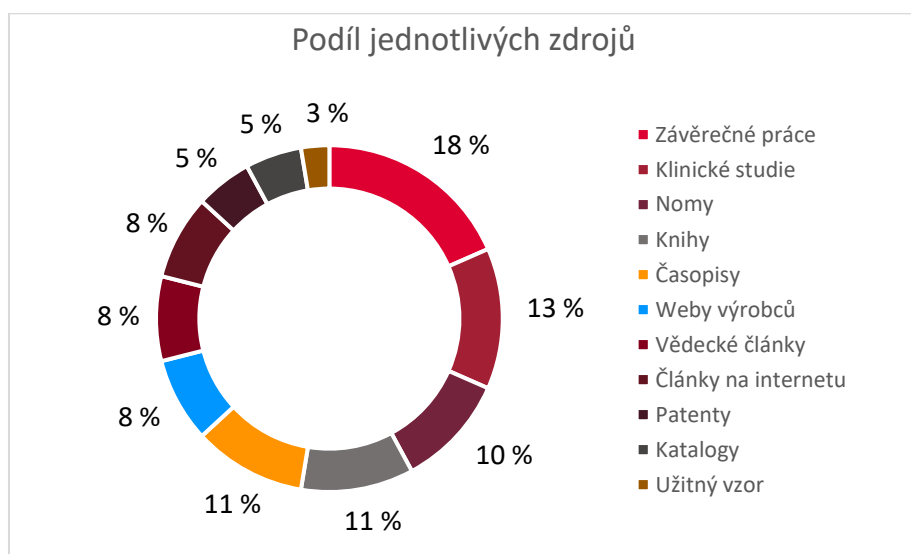
Všechny nalezené zdroje byly zaznamenány do citačních manažerů Mendeley, Citace PRO a následně rozděleny do kategorií: Klinické studie, Závěrečné práce, Odborné články, Knihy, Časopisy, Patenty a Ostatní (např. užité vzory, internetové články, katalogy apod.). Mezi nejčastěji využívané bibliografické databáze během rešerše patřily PubMed, ScienceDirect a Google Scholar.

2.1.4 Sumarizace počtu a druhu vybraných informačních zdrojů

Celkem bylo identifikováno 38 zdrojů, které jsou klíčové pro vypracování diplomové práce. Pro lepší přehled o jednotlivých typech použitých pramenů byl vytvořen sloupcový graf. Z jeho analýzy vyplývá, že nejčastěji zastoupenými zdroji jsou závěrečné práce a klinické studie.

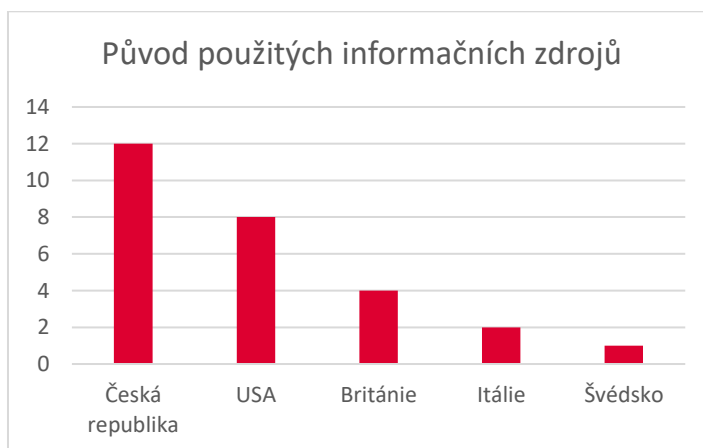
Závěrečné práce, pocházející především z českých vysokých škol, tvořily 7 zdrojů, což představuje 18 % z celkového počtu. Tato výrazná četnost naznačuje rostoucí zájem o alternativní fyzioterapeutické metody při léčbě chronických bolestí a dalších onemocnění. Klinické studie byly druhým nejčastějším typem zdrojů, zastoupené 5 prameny, což tvoří 13 % od celkového počtu. Na třetím místě se nacházejí časopisy, normy a knihy, přičemž každý z těchto typů je zastoupen ve 4 případech, tedy v 11 %.

Zbývající typy pramenů, jako jsou katalogy, webové stránky výrobců a patenty, byly identifikovány v počtu jednoho až tří zdrojů. Nižší zastoupení těchto materiálů je dáno zejména omezeným přístupem k informacím o patentovaných technologiích, které výrobci běžně nezpřístupňují veřejnosti.



Obr. 2-2 Rozdělení použitých zdrojů podle typu

Pro přehled a zhodnocení relevance zdrojů byl rovněž sestaven graf zobrazující nejčastější původ identifikovaných pramenů. Největší podíl tvoří zdroje pocházející z České republiky, především díky vysokému zastoupení závěrečných prací. Na druhém místě se umístily zdroje z USA a na třetím pak publikace pocházející z Velké Británie.



Obr. 2-3 Rozdělení zdrojů podle země původu

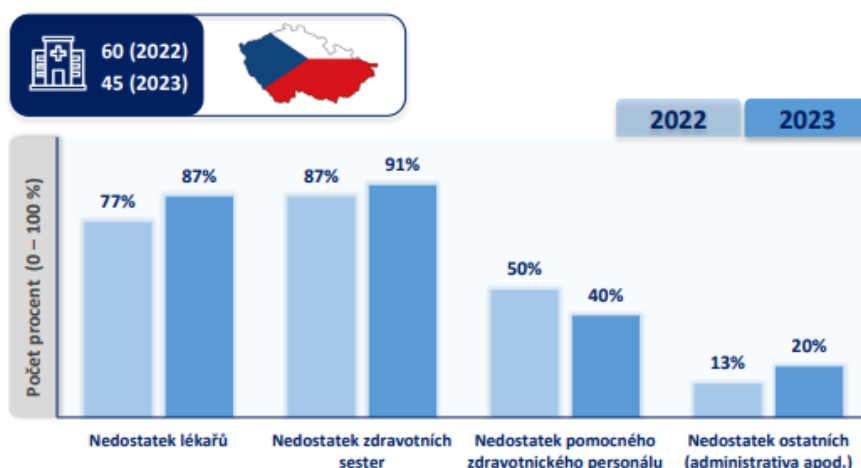
2.2 Rešerše na stav techniky

2.2.1 Motivace

Motivační část slouží ke zdůraznění oprávněnosti a významu tvorby této diplomové práce. Z provedené analýzy informačních zdrojů vyplynulo, že terapeutický laser představuje účinný nástroj s vysokým potenciálem v oblasti fyzioterapeutické péče. Jeho začlenění do klinické praxe může výrazně přispět nejen ke zlepšení péče o nemocné, ale také ke zvýšení bezpečnosti a pohodlí zdravotnického personálu, zejména v obdobích virových epidemií.

Prvním impulzem pro výběr tématu se stal zpravodajský pořad České televize, jenž informoval o úspěšném nasazení terapeutických laserů během pandemie COVID-19. [1] Tato technologie byla využívána k bezkontaktnímu a automatizovanému ošetření pacientů trpících plicními obtížemi, čímž se výrazně snížilo riziko přenosu nákazy na zdravotnický personál a zároveň se zefektivnila péče. Zdravotníci se díky tomu mohli věnovat většímu počtu pacientů současně. Na závěr bylo shrnuto, že praktické zkušenosti i odborné studie potvrzují přínos laserové terapie při urychlování hojení zánětlivých stavů, a tím i při zkracování doby hospitalizace.

Dalším klíčovým faktorem, který podnítil vznik této práce, je narůstající deficit zdravotnického personálu v nemocnicích. Tato skutečnost je doložena daty z kvantitativního dotazníkového šetření provedeného mezi odborníky ve zdravotnických zařízeních v České republice a na Slovensku v rámci projektu Barometr zdravotnictví 2023, realizovaného organizací HealthCare Institute. [2] Výsledky poukazují na zhoršující se personální situaci, která si žádá hledání nových řešení a inovativních přístupů k optimalizaci a zefektivnění poskytované péče.



Obr. 2-4 Statistika zvýšení deficitu zdravotnického personálu v České republice [3]

K motivaci dále přispěly katalogy výrobců terapeutických laserů a uživatelské příručky přístrojů, které obsahovaly informace o jejich vlastnostech a způsobu použití. Analýza těchto materiálů odhalila určité nedostatky v oblasti designu, ovládání a ergonomie, jež budou podrobněji rozebrány v následujících podkapitolách.

2.2.2 Analýza odborných článků

V rámci analýzy odborných článků bylo cílem dohledat informace, které explicitně potvrzují účinnost laserové terapie, a tím podpořit relevanci a opodstatněnost zvoleného tématu diplomové práce. Pro podrobnější rozbor byly vybrány dvě reprezentativní studie, kterým se věnuje následující text.

Prvním výzkumem, který se zabývá účinky vysokovýkonné laserové terapie, je studie s názvem „The effects of high intensity laser therapy (HILT) on pain and function in patients with knee osteoarthritis“, uskutečněná jako společný projekt dvou vysokých škol a dvou klinických pracovišť v Jižní Koreji v roce 2016 a publikovaná v časopise Journal of Physical Therapy Science. [4] Studie zahrnovala pacienty s osteoartrózou kolenního kloubu, kteří byli rozděleni do dvou skupin: kontrolní skupina podstupovala konzervativní fyzioterapii, zatímco experimentální skupina absolvovala fyzioterapii v kombinaci s vysokovýkonnou laserovou terapií.

Výsledky ukázaly statisticky významné snížení bolesti a zlepšení funkce kolenního kloubu ve skupině podstupující vysokovýkonnou laserovou terapii (HILT) ve srovnání s kontrolní skupinou. Studie tak potvrzuje, že vysokovýkonná laserová terapie je účinnou metodou pro zmírnění bolesti.

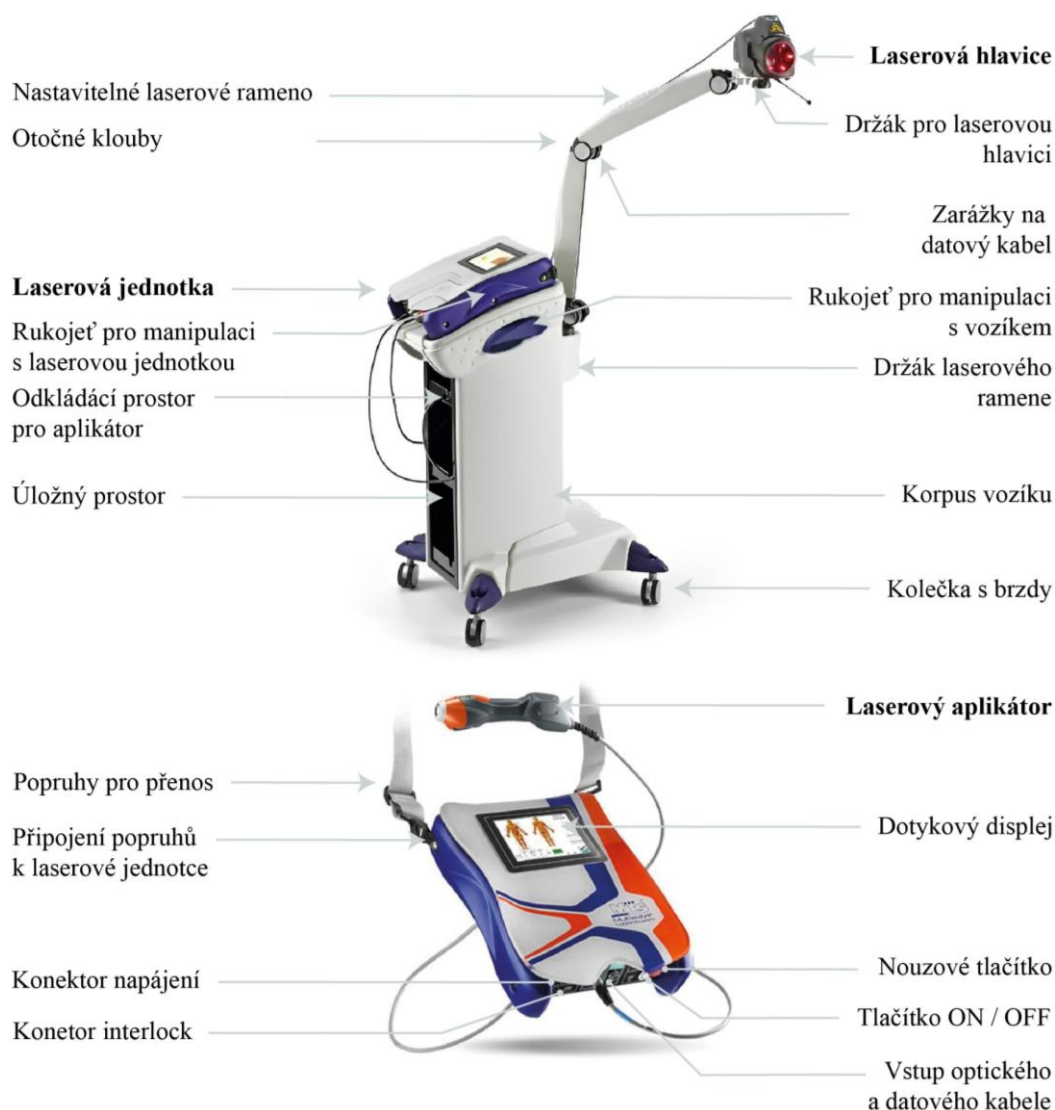
Druhou studií je placebo-kontrolovaný výzkum s názvem „The effectiveness of high-intensity laser therapy on pain, range of motion, functional capacity, quality of life, and muscle strength in subacromial impingement syndrome“, uskutečněný v Turecku a publikovaný v roce 2021 v mezinárodním časopise Lasers in Medical Science. [5] Autoři M. Yılmaz, S. Eroglu, U. Dundar a H. Toktas zkoumali skupinu 63 pacientů se stejnou diagnózou, projevující se bolestí a omezenou pohyblivostí ramene. Pacienti byli rozděleni do dvou skupin: jedna podstupovala vysokovýkonnou laserovou terapii v kombinaci se cvičením, zatímco druhá absolvovala pouze cvičení v kombinaci s placebem.

Výsledky byly hodnoceny pomocí několika parametrů včetně rozsahu pohybu, intenzity bolesti, kvality života a svalové síly. Významně lepší výsledky ve všech těchto oblastech byly zaznamenány ve skupině, která podstoupila skutečnou laserovou terapii. Studie tak potvrzuje pozitivní účinky laseru na bolest, funkčnost, mobilitu a svalovou sílu v krátkodobém i dlouhodobém horizontu. Autoři rovněž doporučují kombinovat tuto terapii s fyzickým cvičením pro dosažení optimálních výsledků.

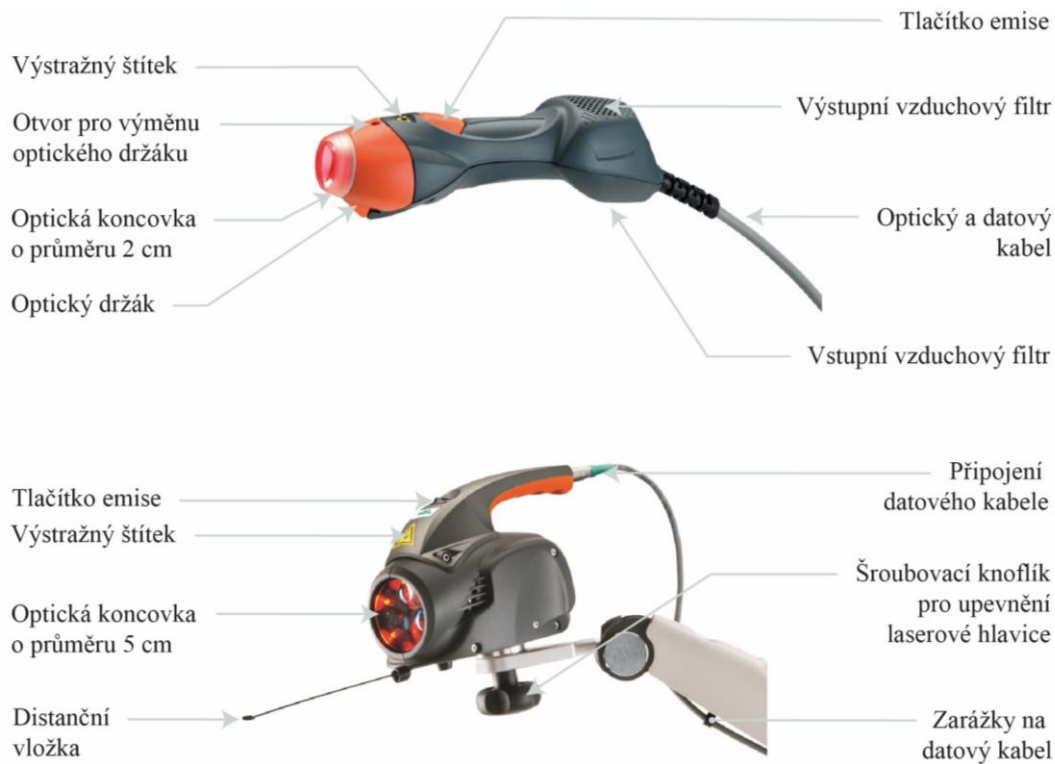
2.2.3 Technická analýza

Popis vnějších komponent

Pro lepší pochopení principu fungování terapeutického laseru je nejprve nezbytné seznámit se s jeho základními prvky. Každá z komponent má svou specifickou funkci a přispívá k efektivnímu provozu zařízení. Popis vnějších komponent vycházel z uživatelské příručky referenčního modelu Mphi 75.5 od výrobce ASA Laser. [6] Tento model byl zvolen jako ukázkový díky své konstrukci, která odpovídá typu zařízení řešenému v této diplomové práci. Jedná se o terapeutický laser sestávající z vozíku s laserovým ramenem, odnímatelné laserové jednotky a k ní připojeného laserového aplikátoru.



Obr. 2-5 Popis vnějších komponent vozíku a řídicí jednotky



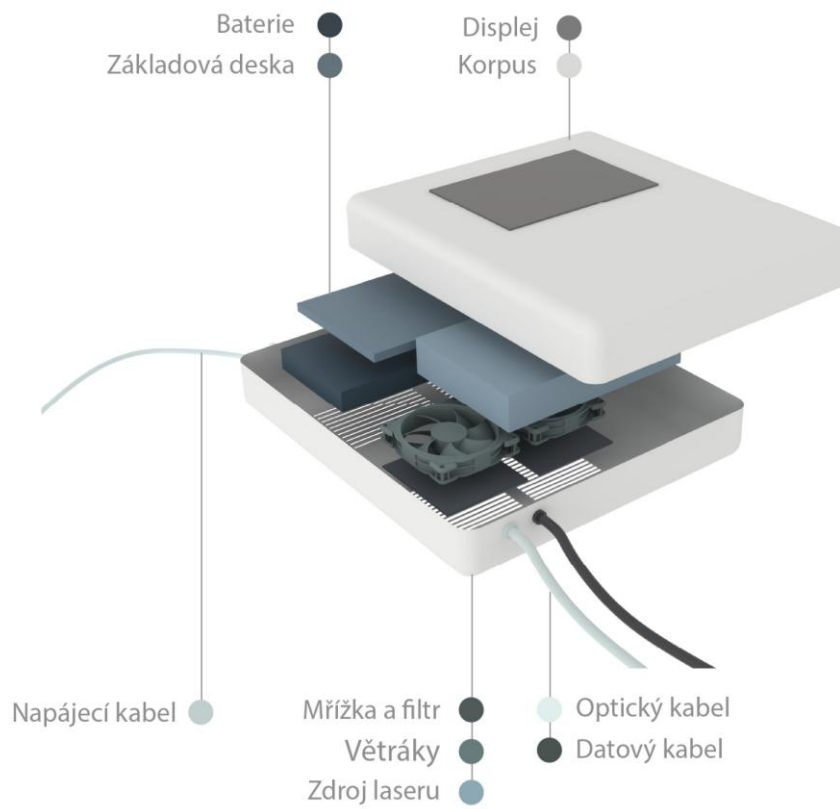
Obr. 2-6 Popis vnějších komponent tužkového aplikátoru a laserové hlavičky

Popis vnitřních komponent

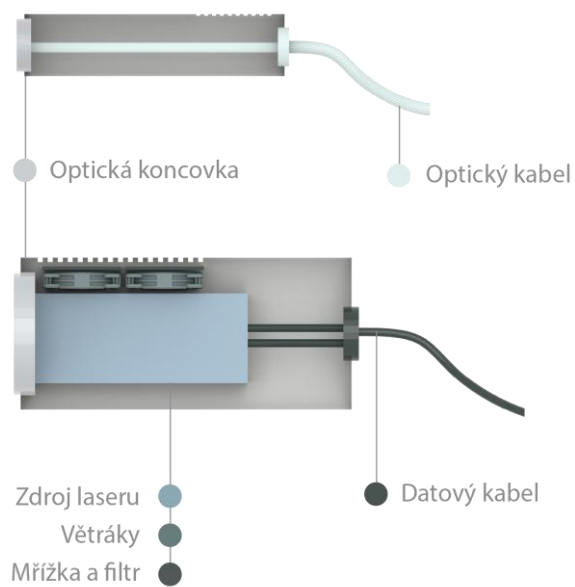
Pro prostorové znázornění vnitřních komponent byla vytvořena schématická zobrazení, která ilustrují vzájemné uspořádání a umístění jednotlivých prvků uvnitř korpusu přístroje. Následně budou tyto komponenty stručně popsány z hlediska jejich funkce.

Schéma komponent řídicí jednotky znázorňuje prostorové umístění vnitřních komponent laserové jednotky. Navazuje na něj druhé schéma, které zobrazuje konstrukci ručního aplikátoru a laserové hlavičky umístěné na konci polohovatelného ramene.

Rozdíly mezi aplikátorem a laserovou hlavicí nespočívají pouze v technických parametrech, jako je průměr výstupní optické koncovky, ale také v tom, že hlavička na rozdíl od aplikátoru disponuje vlastním zdrojem laserového záření. Z tohoto důvodu musí být, podobně jako v laserové jednotce, uvnitř hlavičky umístěné chladicí komponenty, které zajišťují prevenci nežádoucího přehřívání během provozu.



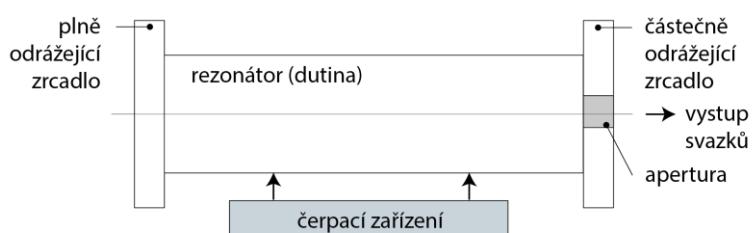
Obr. 2-7 Schéma vnitřních komponent řídicí jednotky



Obr. 2-8 Schéma vnitřních komponent tužkového aplikátoru a laserové hlavičky (v řezu)

Zdroj laseru

Laserový zdroj představuje klíčovou součást terapeutického laseru, která slouží ke generování laserového paprsku s přesně definovanými parametry, jako je vlnová délka, intenzita a koherence. Princip fungování laseru je založen na jevu stimulované emise záření, ke kterému dochází v tzv. aktivním prostředí. Toto prostředí tvoří speciální materiál schopný zesilovat světelné záření. Ve zdravotnických terapeutických laserech se nejčastěji využívá aktivní médium na bázi krystalu Nd:YAG (neodym-dopovaný yttrium-aluminium-granát), které generuje paprsek s vlnovou délkou v infračervené oblasti spektra, obvykle kolem 1064 nm. [7]



Obr. 2-9 Schématické zobrazení zdroje laseru

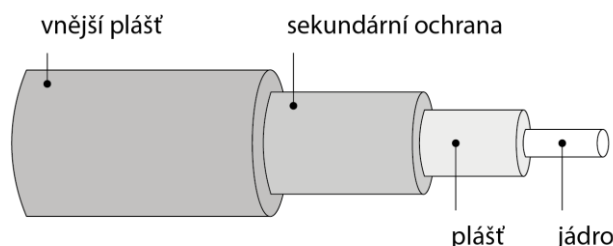
Aktivní prostředí je umístěno v optickém rezonátoru tvořeném dvojicí zrcadel – jedním plně odrazivým a druhým částečně propustným. Tato konfigurace umožňuje průchod světla aktivním médiem a následné zesílení paprsku, přičemž částečně propustné zrcadlo propouští část záření ven jako výsledný laserový výstup. Pro dosažení potřebné energie je aktivní prostředí excitováno vnějším zdrojem, například elektrickým výbojem nebo silným světelným pulzem (tzv. pumpou). Tento proces zajišťuje vznik koherentního, vysoce intenzivního záření vhodného pro terapeutické aplikace.

Laserovou terapii lze provozovat ve dvou základních režimech – kontinuálním (spojitým) a pulzním. V kontinuálním režimu je laserový paprsek emitován bez přerušování po celou dobu trvání aplikace. Tento režim se využívá zejména tam, kde je požadováno stabilní a rovnoměrné dodávání energie. Naproti tomu v pulzním režimu je záření vysíláno v krátkých, opakujících se impulsích. Pulzní režim umožňuje cílenější aplikaci energie, snížení tepelného zatížení tkáně a často bývá vhodnější pro aplikace v hlubších strukturách nebo u citlivějších oblastí. [8][9]

Optické vlákno

Optický kabel je nezbytnou součástí terapeutického laseru, která zajišťuje přenos laserového paprsku ze zdroje umístěného v řídicí jednotce do optické koncovky ručního aplikátoru. Vlákno umožňuje vedení světelné energie s minimálními ztrátami, a to i při ohybu nebo zakřivení kabele během manipulace. Kabel je konstruován tak, aby odolával mechanickému namáhání a zároveň zajišťoval spolehlivý a bezpečný přenos laserového paprsku k místu ošetření.

Základní a nejdůležitější částí optického kabelu je jádro, které tvoří vhodné prostředí pro efektivní vedení laserového záření. Pro dosažení co nejnižších ztrát a vysoké přesnosti je jádro vyrobeno z velmi čistého skla. Okolo něj se nachází plášť s nižším indexem lomu, který zajišťuje odraz světla zpět do jádra a umožňuje jeho efektivní vedení i při zakřivení vlákna. Celá struktura je dále chráněna robustním obalem, jenž poskytuje odolnost vůči ohybu, tahu i vnějšímu poškození a přispívá k dlouhodobé spolehlivosti celého kabelu. [10]



Obr. 2-10 Schématické zobrazení vnitřní struktury optického vlákna

Základová deska

Základová deska představuje klíčovou součást elektronického systému přístroje. Slouží jako centrální řídicí komponenta, která propojuje a koordinuje činnost všech částí zařízení. Obsahuje různé elektronické součástky zajišťující přesné a bezpečné fungování systému – od řízení výkonu a režimů laserového záření, přes monitorování teploty uvnitř přístroje a ovládání chladicího systému, až po komunikaci s uživatelským rozhraním a další podpůrné funkce.

Konektory

Další klíčovou součástí spojenou s vnitřními elektronickými komponenty jsou konektory, nezbytné pro propojení jednotlivých částí přístroje a zajištění provozu.

Mezi ty nejdůležitější konektory patří výstup kabele optického vlákna, který umožňuje přenos laserového paprsku z laserového zdroje do ručního aplikátoru. Tento způsob přenosu paprsku má významnou výhodu – díky tomu, že optické vlákno přenáší pouze světelnou energii bez generování tepla, není uvnitř ručního aplikátoru zapotřebí instalace aktivního chladicího systému. Zároveň tento způsob přenosu přispívá ke zjednodušení vnitřní konstrukce, snížení celkové hmotnosti aplikátoru, čímž se zvýší uživatelský komfort při jeho používání.

Dalším důležitým výstupem je konektor pro datový kabel, který zajišťuje přenos signálů mezi laserovou jednotkou a laserovou hlavicí umístěnou na konci polohovacího ramene. Při ošetření větších ploch je nutné mít vyšší výkon, což znemožňuje přenos laserového paprsku prostřednictvím optického vlákna. Z tohoto důvodu je zdroj laserového záření integrován přímo do hlavičky, aby byla zajištěna dostatečná účinnost a stabilita výkonu při terapeutických aplikacích.

Důležitou součástí bezpečnostního systému přístroje je vzdálený blokovací konektor, známý také jako konektor Interlock. Tento systém je navržen jako bezpečnostní mechanismus – na dveřích ordinace je umístěno čidlo, které při jejich otevření automaticky přeruší laserové vyzařování a vypne přístroj. Systém Interlock brání před vstupem nepovolaných osob do ordinace, kde aktuálně probíhá terapie, čímž chrání zdraví personálu a pacienta. Bez nastaveného blokovacího konektoru není možné přístroj uvést do provozu, což zaručuje maximální bezpečnost při jeho používání.

Dalším významným konektorem je otvor pro kontrolu diodového svazku, který slouží k ověření správné funkčnosti diod a optické koncovky. Jelikož jsou diody náchylné k poškození a jejich případnou disfunkcí nejde poznat pouhým okem, je nutné pravidelně provádět diagnostiku pomocí tohoto konektoru. Proces spočívá v zasunutí konce ručního aplikátoru do diagnostického portu, kde se ověří, zda laserový paprsek splňuje požadované parametry.

Chladicí systém

Laserový zdroj dosahuje při provozu poměrně vysokých výkonů, což způsobuje jeho zahřívání. Pasivní chlazení pomocí ventilačních otvorů na plášti zařízení není dostačující a musí být doplněno aktivním chlazením. Pro efektivní regulaci teploty se používá Peltierův článek, který zajišťuje stabilní a bezpečný provoz zřízení. Peltierův článek je polovodičové zařízení, které při průchodu elektrického proudu vytváří teplotní rozdíl mezi svými stranami – jedna strana se ochlazuje, zatímco druhá se zahřívá.

Aktivní chladicí systém může být navíc vybaven ventilátorem, který díky mechanickému proudění vzduchu urychluje odvod tepla přes otvory v plášti zařízení, a tím účinně snižuje teplotu uvnitř přístroje. Pro správnou funkci musí být tato součást doplněna výměnným filtrem z polyuretanové pěny a výstupní mřížkou. Filtr zachycuje prach a další nečistoty z okolního prostředí, a tím zajišťuje bezpečný provoz zařízení.

Aby byl provoz přístroje spolehlivý a efektivní, je nutné jej používat v prostředí s teplotou v rozmezí od +10 °C do +30 °C. Dodržení těchto podmínek pomáhá předcházet přehřátí zařízení a zajišťuje správnou funkci chladicího systému.

Zdroj napájení a baterie

Vzhledem ke svému vysokému výkonu vyžaduje laser trvalé připojení k elektrické síti. Napájecí kabel podporuje napětí v rozsahu 100 až 240 V a frekvenci 50 až 60 Hz, což umožňuje použití zařízení v různých zemích a typech elektrických instalací.

Zařízení může být alternativně napájeno lithium-iontovou (Li-ion) baterií, která umožňuje jeho provoz při krátkodobých ošetřeních. Tato baterie zajišťuje základní funkčnost i bez přímého připojení k síti, čímž rozšiřuje možnosti použití například mimo prostory ordinace nebo v terénu.

2.2.4 Designérská analýza

V této kapitole je zhodnoceno deset produktů, které nejlépe reprezentují aktuální trh terapeutických laserů. Hodnocení bylo zaměřeno na vizuální stránku, ergonomické parametry, bezpečnostní prvky a uživatelský komfort při použití a manipulaci.

MLS M8 od firmy ASA Laser

Společnost ASA Laser se specializuje na vývoj a výrobu přístrojů určených pro fyzioterapii a rehabilitaci již od roku 1983. Jejich produktové portfolio zahrnuje zařízení pro laserovou terapii a magnetoterapii, přičemž tyto technologie jsou určeny jak pro humánní, tak i veterinární použití. Celkové rozměry posuzovaného přístroje ve složeném stavu jsou (430 × 1100 × 800) mm, zatímco při otevřeném rameni dosahuje velikosti (430 × 1560 × 800) mm. Hmotnost zařízení činí 43 kg. [11]



Obr. 2-11 MLS M8 od firmy ASA Laser Laser [12][13]

Jednou z hlavních výhod tohoto zařízení je funkce bezobslužného ošetření, která umožňuje provádět terapii bez nutnosti přímého zásahu obsluhy během terapie. Tato funkce je realizována prostřednictvím laserové hlavičky, která je integrovaná do polohovatelného ramene upevněného na pojízdném vozíku s kolečky. Tento způsob aplikace je obzvláště přínosný v situacích, kdy je žádoucí minimalizovat kontakt mezi pacientem a zdravotnickým personálem, například při výskytu vysoce nakažlivých onemocnění nebo v obdobích pandemie.

Přístroj lze ovládat přes řídicí jednotku, která je součástí korpusu a je doplněná o ruční laserový aplikátor. Na čelní straně ovládací jednotky se nachází barevný displej ovládaný pomocí stylusu. Toto řešení není zcela ergonomické, jelikož ovládání přes stylus je zdlouhavější než běžné dotykové ovládání a malá tužka nemusí být pohodlná pro všechny uživatele. Velikost displeje také není ideální a za méně příznivých světelných podmínek může být obtížné přečíst zobrazované informace.



Obr. 2-12 Řídicí jednotka laseru MLS M8 [14]

Bezpečnost provozu zajišťuje nouzové tlačítko pro okamžité zastavení laserové terapie umístěné přímo pod displejem. Tlačítko však poměrně výrazně vystupuje z těla přístroje, což zvyšuje riziko jeho neúmyslné aktivace při manipulaci nebo pohybu obsluhy kolem zařízení.

Pod řídicí jednotkou se rovněž nachází madlo určené pro manipulaci s přístrojem. Jeho velikost a umístění však nejsou ideální s ohledem na těžiště zařízení, což může ztěžovat manipulaci a přesouvání přístroje v rámci ordinace a klinik.

Nalevo od řídicí jednotky se nachází otvor určený pro uložení ručního aplikátoru. Způsob odkládání je zásadní, neboť aplikátor obsahuje optickou koncovku a je propojen s řídicí jednotkou optickým kabelem. Obě tyto součásti jsou citlivé na poškození, a proto je nutné dbát na bezpečné uložení. U tohoto přístroje je odkládací prostor řešen formou „kapsy“, která spolehlivě fixuje optickou koncovku a chrání ji před poškozením či vypadnutím.

Jednou z nevýhod výrobku je absence integrovaného úložného prostoru. V prostředí, kde se zařízení běžně využívá, je však odkládací prostor nezbytný pro uložení příslušenství a pomůcek potřebných k terapii.

Tvarování zařízení působí na první pohled příliš komplikovaně a zbytečně masivně. Korpus obsahuje mnoho hran, zaoblení, zkosených ploch a různých rádiusů, které ve svém celku vytvářejí dojem zbytečné složitosti a vizuální roztříštěnosti. Celkový vzhled zařízení nepůsobí moderně ani esteticky přitažlivě. Barevné a tvarové provedení zařízení působí zastarale a vizuálně neatraktivně.

Mphi 75.5 od značky ASA Laser

Přístroj vyvinutý společností ASA Laser má při složeném rameni rozměry (630 × 850 × 540) mm a jeho hmotnost dosahuje 25 kg. [6]



Obr. 2-13 Přístroj Mphi 75 s rozloženým ramenem [15]

Zařízení je koncepčně blízké posuzovanému modelu MLS M8 od stejného výrobce, který obsahuje nastavitelné rameno s laserovou hlavicí na konci. Ve srovnání s ručním aplikátorem nabízí toto řešení několik výhod, zejména efektivnější pokrytí větší plochy při vyšším výkonu a možnost provádět terapii bez přímého kontaktu s pacientem.

Hlavní rozdíl mezi těmito přístroji spočívá v konstrukci ramene. U daného modelu je rameno flexibilnější a lze jej ručně nastavovat pomocí tří kloubů, což umožňuje přesnější polohování laserové hlavičky podle potřeby ošetření.

Dalším rozdílem oproti předchozímu modelu je provedení řídicí jednotky jako odnímatelného modulu, který lze v případě potřeby odpojit od pojízdného vozíku s kolečky. Výhodou tohoto řešení je možnost využití řídicí jednotky spolu s ručním aplikátorem i mimo ordinaci.



Obr. 2-14 Odpojitelná řídicí jednotka přístroje Mphi 75 [16]

Z dostupné fotodokumentace je patrné, že displej umístěný na přední straně řídicí jednotky není z hlediska velikosti dostatečný. Absence jakýchkoli dalších ovládacích prvků představuje významný ergonomický nedostatek, který může komplikovat běžnou obsluhu zařízení. Jediným ovládacím prvkem zůstává nouzové tlačítko, které není snadno viditelné pod korpusem laserové jednotky. V případě krizové situace tak může být jeho rychlé stisknutí obtížné, což může výrazně zpomalit reakci obsluhy.

Pozitivně lze na tomto přístroji hodnotit množství a objem úložných prostor, které nabízí pojízdný vozík. Poměrně velký prostor pod řídicí jednotkou je dostatečný pro uložení pomůcek potřebných během terapie. Vozík je navíc vybaven madly umístěnými po stranách, která umožňují uchopení přístroje při manipulaci a přemísťování. Ergonomicky vhodnějším řešením by bylo umístění madla na přední straně zařízení, nicméně dané provedení z hlediska funkčnosti lze považovat za přijatelné.

Negativním aspektem lze považovat absence dedikovaného odkládacího prostoru pro ruční aplikátor. Z vizualizací dostupných od výrobce vyplývá, že aplikátor je ukládán na polici pojízdného vozíku. Takové řešení není vhodné z ergonomického hlediska, protože ošetřující personál se musí nepohodlně sklánět. Zároveň představuje bezpečnostní riziko, neboť hrozí pád citlivé a snadno poškoditelné součástky.

Z hlediska tvarového provedení zařízení nepůsobí zcela vyváženě. Přestože pojízdný vozík i laserová jednotka působí díky jednoduchým tvarům a rovným liniím čistě, celkový dojem narušují některé konstrukční detaily. Například napojení koleček na korpus působí neorganicky, jejich robustní tvar vystupuje z konstrukce a nenavazuje na celkovou tvarovou plynulost zařízení.

Problém také nastává v barevném provedení, především u řídicí jednotky. Kombinace sytě modré a oranžové nepůsobí vhodně pro medicínské prostředí, spíše připomíná spotřební elektroniku nebo zařízení určené pro jiné než zdravotnické odvětví.

MiS od značky ASA Laser

Tento přístroj byl rovněž vyvinut společností ASA Laser. Jeho celkové rozměry činí (560 × 1470 × 474) mm a hmotnost dosahuje 25 kg. [17]



Obr. 2-15 MiS od firmy ASA Laser [18]

Řídicí modul přístroje je vybaven barevným displejem umístěným na čelní straně. Displej je však poměrně malý, což může ztěžovat čtení informací. Ovládání opět probíhá pomocí stylusu, který nemusí být pohodlný a zároveň představuje méně efektivní alternativu oproti běžnému dotykovému ovládání prstem.



Obr. 2-16 Řídicí jednotka MiS, upraveno [19]

Na pravé straně displeje se nachází ovládací prvek sloužící k nouzovému zastavení terapie. V případě tohoto zařízení je tlačítko výrazně vystouplé z povrchu korpusu, což zvyšuje riziko jeho nechtěné aktivace při manipulaci nebo pohybu kolem zařízení.

Z ergonomického hlediska představuje závažný nedostatek absence jakéhokoli madla či jiného prvku určeného pro uchopení během manipulace s přístrojem. Uživatel je tak nucen přístroj uchopovat za okraje konstrukce, které nebyly uzpůsobeny pro tento způsob použití. Uchopování za nevhodné části přístroje komplikuje manipulaci a zvyšuje riziko poškození zařízení.

Za výhodu lze považovat menší odkládací prostor umístěný pod řídicí jednotkou laseru. Tento prostor je vhodný k uložení ochranných brýlí, které představují nezbytnou pomůcku při provádění laserové terapie. Přesto však tento prostor kapacitně nepostačuje pro uložení dalších potřebných pomůcek.

Celkové tvarování výrobku je založeno na robustních plochách s různými zkoseními a objemovými přechody. Celkové provedení nelze označit za kompaktní. Naopak, svým zpracováním budí dojem těžkopádnosti a neskladnosti.

Barevná kombinace složená ze šedé, tmavě tyrkysové a černé nepůsobí rušivě ani nevhodně. U některých uživatelů však může vyvolávat pocit nejistoty a spíše připomínat spotřební elektroniku nebo hračku než profesionální lékařské zařízení.

Na rozdíl od předchozích zařízení má tento přístroj pouze jednu laserovou součást, a to ruční aplikátor. Výhodou je možnost jeho odložení do držáku, což umožňuje provádět terapii bezkontaktně a bez přítomnosti obsluhy. Tento takzvaný ruční aplikátor má však nižší výkon, jelikož využívá menší optickou čočku. V důsledku toho je terapeutický účinek slabší, nástup výsledků pomalejší a schopnost ošetřit větší plochy omezená, zejména ve srovnání s výkonnější laserovou hlavicí, která disponuje větší optikou.

M-Hi od značky ASA Laser

Čtvrtým zařízením v této analýze je opět produkt společnosti ASA Laser. Přístroj má rozměry (520 × 1060 × 550) mm a jeho hmotnost činí 23 kg, čímž se řadí mezi nejkompaktnější a nejlehčí modely v porovnání s ostatními zařízeními od stejného výrobce. [20]



Obr. 2-17 Příklad přístroje M-Hi od ASA Laser [21]

Zařízení je koncepčně blízké předchozímu modelu a sdílí s ním řadu podobných prvků. Řídicí jednotka je navržena jako odpojitelný modul, který lze v případě potřeby vyjmout a samostatně používat. Z hlediska ergonomie však přetrvává zásadní nedostatek, kterým je absence integrovaného madla nebo jiného prvku pro snadnou manipulaci. Manipulace se zařízením je tak méně komfortní a může být při častém použití velmi nepraktická.

Odkládání ručního aplikátoru funguje na stejném principu jako u předchozího modelu. Aplikátor lze umístit do držáku, který je možné nastavit do požadované polohy, což umožňuje provádět laserovou terapii bez nutnosti trvalé přítomnosti obsluhy.

Vylepšení lze zaznamenat v oblasti ovládacích prvků. Displej má větší rozměry, což výrazně zlepšuje čitelnost a přehlednost zobrazovaných údajů, a tím přispívá k celkovému komfortu při práci se zařízením. Za vhodně řešený prvek lze označit také umístění tlačítka nouzového vypnutí, které se nachází přímo pod hlavním displejem. Je částečně zapuštěné do těla přístroje, což snižuje riziko nechtěné aktivace, avšak zároveň zůstává dobře přístupné v případě nouzové situace.



Obr. 2-18 Řídicí jednotka přístroje M-Hi [22]

Další výhodou tohoto zařízení je integrovaný úložný prostor ve středové části vozíku, tvořený třemi přihrádkami, které jsou částečně kryté průhledným plastovým panelem. Díky tomuto řešení lze snadno uložit a rychle vyhledat potřebné příslušenství. Za nevýhodu lze považovat umístění úložného prostoru ve spodní části vozíku, které nutí uživatele se při manipulaci ohýbat nebo zařízení obcházet, což z hlediska ergonomie nepředstavuje optimální řešení.

Přístroj je vizuálně dobře zpracovaný a působí moderním, profesionálním dojmem. Barevná kombinace mléčné bílé a šedé je střídá a čistá, díky čemuž zařízení lépe zapadá do prostředí nemocnic nebo fyzioterapeutických ordinací. Jednoduché a vzdušné tvarování vozíku působí opticky lehce a eliminuje pocit zbytečné masivnosti. Řídicí jednotka má výrazně robustnější tvar, což pravděpodobně souvisí s požadavky na vyšší odolnost při použití v terénu. Celkový design působí vyváženě, prakticky a dostatečně reprezentativně pro použití v medicínském prostředí.

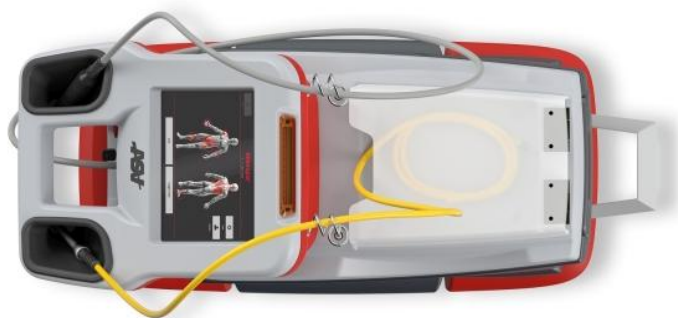
HIRO od firmy ASA Laser

Pátý přístroj v této analýze pochází rovněž od společnosti ASA Laser a byl vyvinut jako vysokovýkonný laser určený k ošetření patologických stavů ve hluboko uložených vrstvách tkáně. Jeho celkové rozměry jsou $(370 \times 1320 \times 750)$ mm a hmotnost dosahuje 52 kg, což z něj činí jeden z nejrobustnějších přístrojů na aktuálním trhu. [23]



Obr. 2-19 HIRO od ASA Laser [24]

Displej umístěný na přední straně přístroje má dostatečnou velikost k pohodlnému čtení zobrazených informací. Z dostupné fotodokumentace poskytnuté výrobcem však nelze jednoznačně určit, zda jsou na korpusu přítomny další ovládací prvky. Jejich absence by mohla představovat nevýhodu, zejména v situacích, kdy dotykové ovládání není dostupné nebo není možné.



Obr. 2-20 Pohled shora na přístroj HIRO od výrobce ASA Laser [25]

Jediným ovládacím prvkem na těle zařízení je nouzové tlačítko, které je umístěno pod prostorem určeným pro odkládání ručních aplikátorů. Toto umístění je z hlediska ergonomie nevhodné, zejména vzhledem k relativně nízké výšce přístroje. V případě nouzové situace by se musel ošetřující pracovník k ovladači výrazně ohnout, což může zpomalit reakci a zvýšit riziko vzniku nebezpečné situace.

V zadní horní části korpusu se nachází průhledný odklápěcí plastový kryt, pod kterým je umístěn menší úložný prostor. Slouží například k uložení ochranných pomůcek, jako jsou bezpečnostní brýle, nebo k uspořádání optických kabelů ručních aplikátorů. I když se nejedná o ideální řešení z hlediska přístupnosti a velikosti prostoru, představuje praktický a funkční doplněk zařízení.

Přístroj obsahuje madlo na zadní straně korpusu, jeho umístění však ztěžuje manipulaci a z ergonomického hlediska nepředstavuje ideální řešení. Úchop je umístěn příliš nízko, což neodpovídá běžným ergonomickým standardům pro výšku madla. Při přesouvání přístroje je nutné se výrazně ohýbat, což může být nepohodlné a nepraktické pro uživatele.

Tento přístroj není vybaven praktickým laserovým ramenem ani držákem, které by umožňovaly provádění bezkontaktní terapie. K dispozici jsou pouze dva ruční aplikátory, jež nejsou vhodné pro ošetření velkých ploch. Z dostupných technických podkladů vyplývá, že zařízení bylo navrženo pro velmi cílené aplikace s vysokým výkonem, který je určen k použití na menší oblasti a po kratší dobu. Absenci ramene a držáku proto nelze vnímat jako nedostatek produktu, ale jako záměrné konstrukční řešení odpovídající specifickému terapeutickému využití.

Odkládací prostor pro ruční aplikátory je umístěn v přední části zařízení a tvoří jej držák na optický kabel v kombinaci s kruhovým otvorem pro koncovku aplikátoru. Vzhledem k nízké výšce přístroje by kabely při běžném zavěšení sahaly až k podlaze, a proto bylo zvoleno jiné řešení. Přestože je funkční, nepůsobí vizuálně přitažlivě a zároveň představuje provozní riziko, jelikož vystouplé držáky mohou být nechtěně zasaženy obsluhou při pohybu kolem zařízení, což může vést k nechtěnému vytržení aplikátoru z držáku.

Z estetického hlediska působí tento přístroj méně zdařile než předchozí posuzované přístroje od stejného výrobce. Neobvyklé tvarování, které postrádá typické rysy zdravotnické techniky, může u uživatele vyvolávat nejistotu ohledně účelu zařízení. Barevná kombinace tmavě šedé s výraznou červenou spíše připomíná průmyslové zařízení, například svářečku než přístroj určený pro klinické prostředí. Celkové provedení designu a volba barev patří k méně zdařilým aspektům tohoto zařízení.

BTL-6000 High Intensity Laser se skenovacím systémem

Společnost BTL byla založena před více než třiceti lety a zaměřuje se na vývoj a výrobu zdravotnické techniky. Mezi produkty nabízené touto společností patří také vysokovýkonný terapeutický laser BTL-6000. [26]

Výrobce neuvádí celkové rozměry přístroje, dostupné jsou pouze základní údaje týkající se jednotlivých částí. Řídicí jednotka má rozměry (320 × 190 × 280) mm a její hmotnost je 8 kg. Skenovací systém má rozměry (200 × 250 × 400) mm a celková hmotnost zařízení, tedy hlavní jednotky včetně skenovacího ramene a pojízdného stolku, dosahuje 36 kg.

Jednou z hlavních předností tohoto zařízení je možnost připojení takzvaného skenovacího systému. Skenovací systém je tvořen ramenem s automatickým skenerem na konci. Umožňuje rychlé a pohodlné ošetření větších ploch těla bez potřeby ruční manipulace či stálé přítomnosti ze strany terapeuta.



Obr. 2-21 BTL-6000 se skenovacím systéme [27]

Řídicí jednotka je i v tomto případě odnímatelná a je umístěná na pojízdném vozíku s kolečky. Displej má menší rozměry, nicméně jeho výška a sklon jsou navrženy s ohledem na ergonomické požadavky, proto umožňují pohodlné použití. Pod displejem jsou umístěny ovládací prvky, které zajišťují snadné a pohodlné ovládání zařízení.

Za problémové lze považovat nenápadnost a tvarovou nevýraznost tlačítka nouzového vypnutí. Jedná se o plochý prvek umístěný mezi ostatní ovládací prvky, které z korpusu vystupují o hodně výrazněji. V krizové situaci může být obtížnější tlačítko rychle lokalizovat, což může zpomalit reakci obsluhy. Na druhou stranu přináší zapuštění i výhodu v podobě sníženého rizika náhodného spuštění během terapie.



Obr. 2-22 Řídicí jednotka přístroje BTL-6000 [28]

Za jednu z hlavních výhod tohoto přístroje lze považovat množství nabízeného úložného prostoru, který výrazně zvyšuje praktičnost výrobku. Korpus pojízdného vozíku je po celé své výšce vybaven zásuvkami, které umožňují uložení veškerého potřebného příslušenství a pomůcek.

Uložení ručního aplikátoru je v tomto zařízení řešeno formou jednoduchého držáku umístěného na pravé straně řídicí jednotky. Díky tomu je možné aplikátor bezpečně odložit i tehdy, když je řídicí jednotka odpojena od pojízdného vozíku. Ve srovnání s řešením, kdy je držák umístěn pouze na vozíku, představuje dané provedení určitou výhodu.

Za nevýhodu lze naopak označit chybějící madlo i jakýkoli jiný prvek, za který by bylo možné přístroj při manipulaci bezpečně uchopit. Jediným prvkem, za který lze přístroj uchopit, je rameno skenovacího systému, což ale z hlediska ergonomie ani bezpečnosti nepředstavuje vhodné řešení.

Tvarování přístroje je jednoduché a vychází z kombinace rovných ploch se zaoblenými hranami a jemně zkosenými rohy, což přispívá k celkově čistému a decentnímu vzhledu. Barevné provedení působí velmi zdařile díky kontrastu bílé a světle modré. Kombinace zvolených tvarů a barev vytváří moderní dojem a je vhodná pro zdravotnické prostředí.

IXYON XP značky Mecmedix Mectronic

Společnost Mecmedix Mectronic byla založena v Itálii v roce 1982 a specializuje se na vývoj a výrobu terapeutických laserů. Přístroj IXYON XP má rozměry (300 × 1070 × 450) mm a jeho hmotnost spolu s pojízdným vozíkem dosahuje 22 kg. [29]



Obr. 2-23 Přístroj IXYON XP od firmy Mecmedix Mectronic, upraveno [30]

Hlavní řídicí jednotka laseru je umístěna na pojízdném vozíku se čtyřmi kolečky. Konstrukce působí jednoduše a stabilně díky širokému rozvoru otočných koleček a umožňuje bezpečnou a plynulou manipulaci s přístrojem.

Téměř celou čelní stranu laserové jednotky zabírá barevný dotykový displej, jehož umístění a sklon odpovídají základním ergonomickým požadavkům. Pod displejem se nachází ovládací otočné kolečko a červené stop tlačítko, které jsou dobře viditelné i snadno přístupné. Jedinou nevýhodou nouzového tlačítka může být nízký profil bez tvarového zvýraznění, což může ztížit jeho rychlé nahmatání v krizové situaci.



Obr. 2-24 Řídicí jednotka přístroje IXYON XP [31]

Pozitivním prvkem konstrukce je také výrazné madlo na přední straně, které slouží k uchopení a manipulaci s celým zařízením. Vozík navíc obsahuje šest zásuvek, které umožňují přehledné uložení příslušenství, což přispívá k praktičnosti zařízení při každodenním používání.

Odkládací prostor pro ruční aplikátor je řešen pomocí průhledné plastové plochy s otvorem, jehož průměr odpovídá koncovce aplikátoru. Z hlediska bezpečnosti a odolnosti však řešení nepůsobí dostatečně spolehlivě. Držák tvoří tenká plastová deska pravděpodobně připevněná přímo k pojízdnému vozíku, což při opakovaném zasouvání a vysouvání aplikátoru zvyšuje riziko deformace nebo prasknutí. Takové poškození může vést k narušení funkčnosti držáku i samotného aplikátoru. Konstrukce navíc neumožňuje odkládání aplikátoru v případě, kdy je řídicí jednotka používána samostatně bez vozíku, což výrazně snižuje celkovou funkčnost přístroje.

Nevýhodou tohoto výrobku je absence možnosti bezkontaktního ošetření, tedy chybějící laserové rameno nebo držák na ruční aplikátor. S ohledem na stabilní konstrukci pojízdného vozíku by však takové řešení bylo technicky proveditelné, například i za cenu menšího počtu zásuvek by bylo vhodné zakomponovat jednoduché rameno pro bezkontaktní terapii, které by výrazně rozšířilo funkčnost přístroje.

Z estetického hlediska tento přístroj nenabízí inovativní řešení a působí spíše zastarale. I když je tvarování jednoduché a funkční, barevné provedení zařízení nevytváří moderní dojem. Plastový korpus má bílou barvu s nazelenalým tónem, což připomíná zfotooxidovaný plast starších zařízení.

ILUX PLUS značky Mecmedix Mectronic

Ilux Plus, stejně jako předchozí popsaný model, byl vyvinut italskou společností Mecmedix Mectronic. Včetně pojízdného vozíku má výrobek rozměry (300 × 1070 × 450) mm a jeho hmotnost činí 22 kg. [32]



Obr. 2-25 ILUX Plus s pojízdným vozíkem, upraveno [33]

Při navrhování tohoto přístroje byl využit populární koncept, podle něhož je hlavní část terapeutického laseru umístěna na pohyblivém vozíku se čtyřmi kolečky. Výhodou tohoto vozíku je také možnost odložení potřebných pomůcek na k tomu určenou plochu umístěnou kolem řídicí jednotky a také pod ní.



Obr. 2-26 Řídicí jednotka přístroje Ilux Plus [34]

Zařízení je vybaveno barevným displejem umístěným na čelní straně laserové jednotky. S ohledem na jeho velikost a dotykové ovládání lze dané řešení hodnotit jako ergonomicky vhodné, které přispívá k pohodlnému ovládání při každodenním používání.

Ovládací prvky tohoto zařízení lze z ergonomického hlediska hodnotit pozitivně a jako dobře navržené. Velké tlačítko umístěné pod displejem efektivně doplňuje dotykový způsob ovládání zařízení a zvyšuje uživatelský komfort. Určitou výhradu lze mít pouze k tvarovému řešení nouzového ovladače. Stop tlačítko je umístěno vhodně, ale vzhledem k tomu, že jen málo vystupuje z povrchu, může být hůře rozpoznatelné v nouzové situaci.

Z dostupné obrazové dokumentace není zřejmé, zda tento přístroj nabízí další úložný prostor kromě ploch v okolí řídicí jednotky. Vozík pravděpodobně neobsahuje žádné další přihrádky nebo zásuvky pro odkládání pomůcek, což vyvolává otázku, jak je využit vnitřní objem samotného vozíku. Pokud prostor není funkčně využit, může být přístroj vnímán jako neefektivně navržený s ohledem na množnost potenciální integraci úložných prostor nebo dalších funkčních prvků.

Aplikační hlavici propojenou s řídicím modulem pomocí optického kabelu lze zavěsit na poutko umístěné na ploše v okolí jednotky. Otvor pro její uložení je navíc opatřen gumovou výztuží po obvodu, která chrání aplikátor před poškrábáním a zároveň usnadňuje jeho vkládání i vyjímání.

Mezi negativní stránky tohoto přístroje patří absence madla i jakéhokoli ramene nebo jednoduchého držáku pro ruční aplikátor, který by umožňoval provádění bezkontaktní terapie. Možným místem pro úchop by mohla být přední vystouplá plocha s otvorem, nicméně z jiných dostupných fotografií je patrné, že se jedná spíše o odkládací prostor určený pro ochranné brýle. Přední část plochy s otvorem tedy není určena k uchopení a manipulaci se zařízením.



Obr. 2-27 Odložení pomůcek na vozík přístroje [35]

Z estetického hlediska působí tento výrobek příznivěji než předchozí modely. Hlavní korpus je tvořen rovnými plochami s jemným zaoblením hran, což přispívá k čistému a vyváženému vzhledu. Barevná kombinace přístroje a zvolené odstíny bílé, šedé a modré jsou vhodné do nemocničního prostředí. Celkově zařízení působí soudobým a esteticky příjemným dojmem.

LUMIX ULTRA značky Fisioline

Přístroj Lumix Ultra byl vyvinut italskou společností Fisioline jako součást jejich pokročilé řady terapeutických laserů. Celkové rozměry výrobku jsou (320 × 980 × 430) mm a hmotnost dosahuje 30 kg. [36]



Obr. 2-28 Přístroj Lumix Ultra s držákem na ruční aplikátor [37]

Hlavní odlišností oproti jiným výrobkům je skutečnost, že model disponuje integrovanou řídicí jednotkou, která je pevně spojena s korpusem přístroje. Konstrukce neumožňuje odejmutí řídicí jednotky a její samostatné použití mimo vozík je proto nemožné. Omezení na jednu provozní konfiguraci může být vnímáno jako nevýhoda zejména v situacích, kdy je potřeba větší flexibilita.

Další nevýhodou představuje poměrně malý displej a absence doplňkových ovládacích prvků. Jediným fyzickým ovladačem je nouzové vypínací tlačítko, které je sice dobře viditelné a výrazně vystupuje nad povrch přístroje, avšak kvůli jeho umístění hrozí možnost jeho neúmyslného stisknutí.



Obr. 2-29 Řídicí jednotka přístroje [38]

Pozitivním prvkem tvarování přístroje je velké madlo umístěné v přední části přístroje. Díky jeho rozměrům, vhodnému umístění vůči těžišti a zabudovaným otočným kolečkům ve vozíku je manipulace se zařízením pohodlná a snadná.

Naopak za nevýhodu lze považovat absenci úložných prostor, a to i přesto, že konstrukce vozíku naznačuje, že taková možnost byla pravděpodobně realizovatelná. Výrobce však tuto příležitost nevyužil, což snižuje celkovou funkčnost a praktičnost zařízení. Jedinou možností pro odložení pomůcek a zavěšení ručního aplikátoru je plastová průhledná deska připojená ke korpusu přístroje. Dané řešení však lze hodnotit jako potenciálně nebezpečné, neboť při manipulaci se zařízením hrozí pád volně položených předmětů.

Stejně jako některé předchozí modely disponuje i tento přístroj jednoduchým kovovým držákem umožňujícím bezkontaktní aplikaci terapie. Navzdory celkovému organickému tvarovému pojetí působí tento kovový prvek rušivě, neboť nenavazuje na zaoblené linie a měkké tvary ostatních částí přístroje.

Barevné řešení přístroje lze hodnotit jako vhodné pro nemocniční prostředí. Zvolená bílá barva v kombinaci s povrchy imitujícími kov působí čistě a moderně.

LUMIX 2 značky Fisioline

Přístroj byl vyvinut italskou společností Fisioline jako součást jejich pokročilé řady terapeutických laserů. Celkové rozměry výrobku bez započítání pojízdného vozíku jsou (210 × 160 × 300) mm a hmotnost je pouhé 3 kg. [39]



Obr. 2-30 Přístroj LUMIX 2 [40]

Hlavní a zároveň jedinou technickou část zařízení představuje řídicí jednotka umístěna na jednoduchém pojízdném vozíku. Celková konstrukce a vzhled výrobku působí nevyváženě a nevzbuzuje dojem, že se jedná o profesionální a technicky hodnotné zařízení.

Řešení pojízdného stojanu není ideální z hlediska ergonomie a bezpečnosti, zejména kvůli úzké základně a vysokému těžišti, které může negativně ovlivnit stabilitu přístroje. Při manipulaci tak vzniká riziko převrácení, zejména při náhlém pohybu nebo přesunu po nerovném povrchu.

Pozitivním prvkem lze označit umístění ve spodní části stojanu odkládací plochy, kterou lze využít pro uložení pomůcek. Dalším pozitivním prvkem je madlo umístěné na přední straně zařízení. Kvůli chybějícím údajům ohledně výšky přístroje však nelze spolehlivě posoudit, zda poloha madla odpovídá ergonomickým požadavkům.

Dotykový displej zabírá převážnou část čelní plochy zařízení a slouží jako hlavní ovládací prvek. Rozměrově je dostatečný pro čtení informací a dotykové ovládání přispívá k intuitivnímu a jednoduchému používání. Výrazným prvkem je nouzové vypínací tlačítko umístěné v pravém horním rohu. Je dobře viditelné a vystupuje nad povrch přístroje, nicméně jeho umístění může vést k nechtěnému stisknutí během terapie.



Obr. 2-31 Řídicí jednotka přístroje LUMIX 2 [41]

Odkládací systém pro ruční aplikátor je tvořen jednoduchým držákem. Vzhledem k malému průměru držáku je nutné nejprve provléknout optický kabel, teprve poté lze aplikátor bezpečně vložit do úchytu. Tento způsob uložení sice částečně snižuje riziko mechanického namáhání kabelu, které by mohlo negativně ovlivnit jeho životnost, zároveň však ztěžuje manipulaci. Tvar držáku neumožňuje rychlé a ergonomické odložení během terapie a vyžaduje od obsluhy zvýšenou pozornost.

Z hlediska estetického zpracování výrobek výrazně zaostává za ostatními modely na aktuálním trhu. Celkový vzhled působí jednoduše až stroze, bez jakýchkoliv výraznějších tvarových prvků nebo zajímavých detailů. I když je zvolená barevnost v bílo-šedé škále vhodná pro nemocniční prostředí, výrobek přesto působí nevýrazně a postrádá vizuální hloubku a kontrast.

2.2.5 Analýza uživatelských příruček

Následujícím krokem v rámci analýzy bylo prostudování obsahu uživatelských příruček výše popsaných přístrojů. Manuály poskytly podrobné informace o způsobu ovládání, bezpečnostních opatřeních a praktickém využití zařízení. Informace byly čerpány z oficiálního online registru zdravotnických prostředků (RZPRO), který je spravován Státním ústavem pro kontrolu léčiv. [42][43]

Během čtení uživatelské příručky přístroje MLS M8 od výrobce ASA Laser byla zaznamenána nesrovnalost mezi intuitivním vnímáním správné manipulace a oficiálním pokynem od výrobce. [44] V oblasti nad laserovou hlavici se nachází výrazné vybrání v materiálu korpusu ramene, které může u uživatele vyvolat dojem, že slouží k nastavení výšky. V uživatelské příručce je však tato oblast označena jako nevhodné místo pro uchopení a takové zacházení je klasifikováno jako nesprávná manipulace. Tvarové provedení přístroje není dostatečně intuitivní a může vést k chybnému zacházení ze strany obsluhy, v extrémních případech až k poškození přístroje.

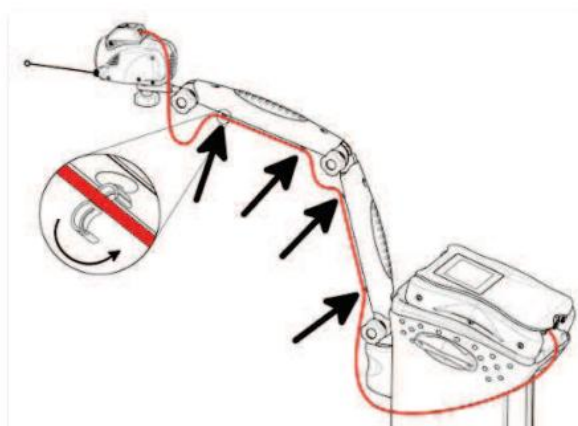
S přístrojem manipulujte pouze pomocí rukojeti umístěné pod ovládacím panelem (viz tabulka)



Obr. 2-32 Výstřižek z manuálu přístroje MLS M8 od ASA Laser na str. 46 [44]

U přístroje Mphi 75.5 od stejného výrobce byl identifikován jiný závažný problém, rovněž spojený s konstrukcí laserového ramene. [6] Konstrukční řešení totiž nepočítá s integrací datového kabelu do vnitřní části ramene. Kabel je pouze volně zavěšen na menších háčcích umístěných podél ramene, což představuje bezpečnostní riziko. Přestože délka kabelu je dostatečná, v případě volného zavěšení hrozí jeho nechtěné zachycení a vytržení, což by mohlo vést k poškození zařízení.

Pozastavte kabel aplikátoru pomocí čtyř kabelových zarážek na rameni.



Upevnění kabelu aplikátoru na rameno

Obr. 2-33 Výstřižek z manuálu přístroje Mphi 75.5 od ASA Laser na str. 123 [45]

Dalším problémem tohoto přístroje je doporučená poloha laserového ramene pro uskladnění a převoz. Z ilustrací uvedených v uživatelské příručce je patrné, že takové řešení není vhodné z hlediska ergonomie a bezpečnosti a zároveň není praktické. Rameno ve složené poloze zabírá značné množství prostoru, což komplikuje manipulaci i samotné skladování přístroje.

Pro bezpečný přesun systému uveďte rameno do pozice uvedené na obrázku.



Pozice ramena pro bezpečný přesun

Obr. 2-34 Výstřižek z manuálu přístroje Mphi 75.5 od ASA Laser na str.128 [45]

Ve skutečnosti uživatelé zařízení často zacházejí s přístrojem způsoby, které nejsou v souladu s doporučením od výrobce. Z veřejně dostupných fotografií je zřejmé, že manipulace s ramenem zařízení probíhá nevhodným nebo dokonce potenciálně rizikovým způsobem. Jako konkrétní příklad lze uvést fotografii zveřejněnou na americkém zdravotnickém e-shopu, kde rameno je narovnáno kolmo vzhůru a přístroj je odstaven těsně ke zdi, pravděpodobně za účelem úspory místa. [46] Takové řešení však neodpovídá doporučené přepravní a skladovací poloze a může představovat riziko jak pro stabilitu zařízení, tak pro samotný mechanismus ramene.



Obr. 2-35 Způsob uložení ramene přístroje Mphi 75.5 ASA Laser [47]

Následující zjištění vyplynulo z pozorování ilustrativních obrázků přístroje BTL 6000 High Intensity Laser v kombinaci se Scannign system zveřejněných na oficiálních stránkách výrobce. [26] Je patrné, že laserové rameno bylo ke konstrukci doplněno dodatečně a není základním vybavením terapeutického laseru. Z fotografií je zřejmé, že upevnění ramene probíhá přímo ke korpusu pojízdného vozíku, konkrétně z jeho levé strany. Tento způsob uchycení může negativně ovlivňovat těžiště zařízení, což může vést ke snížení jeho celkové stability. Zároveň není zřejmé, zda a jakým způsobem je možné rameno sklopit, případně jaké polohy jsou určeny pro převoz a uskladnění.



Obr. 2-36 Scanning system přístroje BTL 6000 High intensity laser [27]

2.3 Šetření mezi uživateli

V této podkapitole bude popsán způsob realizace hloubkových rozhovorů zaměřených na využití terapeutického laseru ve fyzioterapii. Během rozhovorů byl kladen důraz jak na technické a ergonomické aspekty práce s přístrojem, tak i na zkušenosti ošetřovatelů a pacientů, kteří jsou jeho koncovými uživateli.

2.3.1 Průběh rozhovorů a tematické okruhy otázek

Uživatelské šetření bylo realizováno formou kvalitativních rozhovorů s fyzioterapeuty přímo v prostředí fyzioterapeutických ordinací. Celkem bylo uskutečněno sedm hloubkových rozhovorů, z nichž šest proběhlo osobně na jednotlivých pracovištích a jeden byl veden telefonicky. Rozhovory byly strukturovány na základě předem připraveného souboru otázek, které byly formulovány otevřeně, aby respondenti mohli poskytnout nezávislé a co nejobsáhlejší odpovědi. Průběh rozhovorů byl zaznamenáván pomocí audiozáznamu, jenž byl následně stručně přepsán a použit pro analýzu získaných dat.

Otázky byly tematicky rozděleny do několika okruhů. První okruh otázek byl zaměřen na vybrané technické charakteristiky zařízení, která fyzioterapeuti aktuálně využívají ve své ordinaci. Druhý tematický okruh byl cíleně zaměřen na získání relevantních informací o pasivních uživateli těchto přístrojů, tedy pacientech. Respondenti zde odpovídali na otázky týkající se typického profilu pacienta, zdravotních indikací pro použití přístroje, četnosti a délce aplikací a také sdíleli zpětnou vazbu, kterou od pacientů obdrželi.

Třetí tematický okruh se zaměřoval přímo na ošetřující personál jako aktivní uživatele terapeutického laseru. Fyzioterapeuti se zařízením denně manipulují, přemísťují jej v rámci pracoviště a přímo jej obsluhují při terapiích. Z tohoto důvodu bylo důležité zjistit, jaké mají zkušenosti s každodenním používáním zařízení, zejména z hlediska ergonomických vlastností, mobility a případných omezení, která jim mohou ztěžovat práci.

Poslední tematický okruh se týkal samotného zařízení, a to zejména praktických aspektů jeho dlouhodobého používání. Cílem bylo zjistit informace, které přímo nesouvisí s ergonomií, ale mohou mít vliv na celkový uživatelský komfort. Konkrétně se jednalo například o to, zda jsou některé části přístroje náchylnější k poškození, jak náročná je jeho údržba a zda je čištění zařízení pohodlné a proveditelné v běžném provozu.

Příklady otázek z různých okruhů:

a) Obecné:

- Můžete popsat přístroj, který používáte ve vaší ordinaci? Uveďte prosím značku a základní technické parametry.

b) Pacient:

- Jaká je průměrná délka trvání terapie a jak často musí pacient docházet, aby bylo dosaženo očekávaných výsledků?
- Dostáváte zpětnou vazbu o laserové terapii od pacientů? Pokud ano, jaké jsou jejich pozitivní i negativní dojmy?

c) Personál:

- Jaké jsou vaše osobní dojmy z provádění laserové terapie? Považujete tento proces za psychicky nebo fyzicky náročný pro vás jako ošetřujícího?
- Jaké jsou hlavní bezpečnostní opatření a postupy při používání terapeutického laseru? Je vyžadováno zaškolení personálu?

d) Přístroj:

- Jak často manipulujete s přístrojem? Přenášíte ho do jiných místností nebo používáte ho mimo ordinaci (např. na domácích návštěvách u pacientů)?
- Jaká je dostupnost náhradních dílů pro váš terapeutický laser a jaký je postup v případě jeho poruchy? Jsou nějaké části přístroje více závadové?
- Jak snadné je přístroj udržovat a čistit? Existují nějaké části, které jsou obtížně přístupné nebo vyžadují zvláštní péči?
- Jsou ovladače a sdělovače jasně viditelné a srozumitelné? Jak by mohly být zlepšeny, aby poskytovaly lepší kontrolu a zpětnou vazbu?

Dalším důležitým zjištěním, které nevyplývalo přímo z odpovědí respondentů, ale z osobního pozorování v průběhu rozhovorů, byla různorodost prostředí, ve kterém fyzioterapeuti pracují. Fyzioterapeutická centra se totiž nenacházejí vždy ve standardizovaných prostorách nemocnic nebo klinik – naopak, řada ordinací je situována v bytových domech, často i ve starších budovách. To znamená, že podmínky pro provozování praxe se výrazně liší. V důsledku toho mohou při manipulaci s terapeutickým přístrojem vznikat různé komplikace – zejména kvůli rozdílnému rozmístění elektrických zásuvek, výšce prahů nebo omezenému prostoru v místnosti. Tyto faktory mají přímý vliv na pohodlí a efektivitu práce fyzioterapeuta.

2.3.2 Výsledky dotazníkového šetření

Provedené hloubkové rozhovory přinesly řadu cenných informací, díky nimž bylo možné lépe zacílit na problematické aspekty terapeutického laseru. Mezi zmiňované problémy patřil například nedostatek úložného prostoru, vysoká cenová hladina ochranných brýlí, které mají poměrně křehkou konstrukci a jsou náchylné k poškození. Na základě získaných poznatků se ukázalo, že některé z identifikovaných problémů přímo souvisejí s tématem této diplomové práce, zatímco jiné spadají do širšího kontextu výrobních a ekonomických aspektů. Z tohoto důvodu bylo nutné rozdělit zjištěné nedostatky do dvou skupin.

První skupina zahrnuje témata, která byla sice během rozhovorů opakovaně zmiňována, avšak svým charakterem přesahují rámec této práce – například potíže spojené s cenovou hladinou součástí, volbou materiálu nebo se servisní podporou zařízení. Uvedené oblasti jsou závislé na strategii výrobce a přesahují možnosti ovlivnění prostřednictvím designu či ergonomického návrhu, kterým se tato práce zabývá. Druhou skupinu tvoří problémy, které budou v rámci této práce dále řešeny, jelikož se týkají uživatelského komfortu, ergonomie nebo funkčnosti přístroje.



Obr. 2-37 Příklad rozbitých ochranných brýlí (vlastní foto, upraveno)

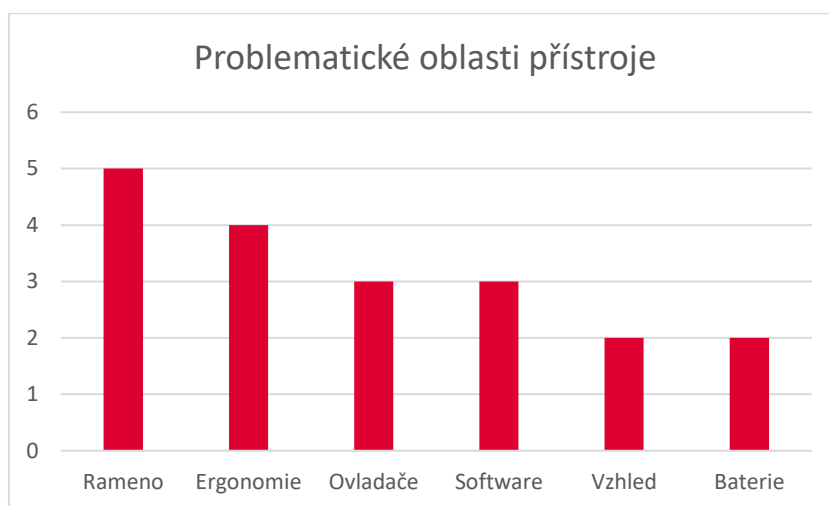
Okruhy, které nebudou řešené v této práci:

- Pořizovací cena vozíku přístroje
- Cena opravy poškozených součástí
- Rychlost dodání náhradních dílů
- Náchylnost k poškození a vysoká cena ochranných brýlí
- Uživatelská nepřívětivost softwaru
- Křehkost optického kabelu

Okruhy, které budou řešené v této diplomové práci:

- Nepohodlnost použití laserového ramene
- Náročnější přesun v rámci ordinace a fyzioterapeutického střediska
- Nedostatek úložného prostoru
- Malá velikost displeje
- Nevhodné umístění ovládacích prvků
- Nevhodné tvarování přístroje a jeho vizuálně neatraktivní vzhled

Na závěr každého rozhovoru byla zařazena otázka, která dávala fyzioterapeutům prostor k otevřenému vyjádření jejich názorů na nedostatky přístroje. Cílem bylo, aby respondenti shrnuli své výhrady a zdůraznili problémy, které považují za nejzásadnější k vyřešení. Poměrně často zmiňované potíže představovaly například nepohodlnou manipulaci s přístrojem nebo nedostatek úložného prostoru, přičemž tyto problémy se objevovaly ve většině rozhovorů. Na základě odpovědí byl vytvořen přehledný graf znázorňující četnost výskytu jednotlivých problémů, které fyzioterapeuti považují za nejdůležitější podněty ke zlepšení.



Obr. 2-38 Přehled hlavních nedostatků

2.4 Shrnutí hlavních zjištění

V předchozích kapitolách bylo popsáno několik analýz zaměřených na různé aspekty terapeutických laserů. Každá z analýz se věnovala specifické oblasti, jako je konstrukční řešení, ergonomie, a vzhled a uživatelský komfort při ovládání přístroje. Díky těmto šetřením byly zjištěny důležité informace a také identifikovány opakující se nedostatky u zařízení aktuálně nabízených na trhu. Získané poznatky významně přispěly k hlubšímu porozumění současné situaci a problematice terapeutických laserových přístrojů.

Technická analýza poskytla přehled o vnitřním uspořádání zařízení a základní informace o jeho součástech. Z provedené analýzy vyplynulo, že vnitřní komponenty nejsou konstrukčně příliš složité. Výhodou terapeutického laseru je rovněž to, že neobsahuje žádné části vyžadující pravidelnou výměnu či doplňování, s výjimkou situací souvisejících s poruchou nebo poškozením. Následně bylo zkoumáno rozložení jednotlivých prvků uvnitř korpusu. Všechna zjištění jsou zásadní pro návrh vlastního řešení, neboť počet a rozmístění komponent přímo ovlivňuje tvarování, vyváženost těžiště a pohodlnost při údržbě zařízení.

Z designérské analýzy rovněž vyplynulo několik důležitých zjištění. Na současném trhu se nachází jen omezené množství zařízení vybavených plnohodnotným laserovým ramenem, konkrétně takovým, které má na svém konci funkční laserovou hlavici. Řada dostupných produktů pracuje pouze s jednoduchým držákem na ruční aplikátor, který je vhodný k provádění bezkontaktní terapie. Tato řešení jsou však omezena výkonem ručního aplikátoru a menším průměrem optické koncovky. Oproti tomu přístroje s integrovaným laserovým ramenem umožňují ošetření větších ploch díky vyššímu výkonu a většímu průměru optické koncovky, neboť zdroj záření je umístěn přímo v laserové hlavici. Taková zařízení lze považovat za technologicky pokročilejší a vhodná i pro širší spektrum terapeutických aplikací.

Dalším důležitým hlediskem byla ergonomie a estetika hodnocených zařízení. Každý z posuzovaných přístrojů měl své výhody i nevýhody. Některé modely disponovaly velkým úložným prostorem, avšak postrádaly laserové rameno nebo alespoň držák na aplikátor, přestože by bylo možné tyto prvky začlenit úpravou konstrukce, například omezením počtu zásuvek. Naopak zařízení vybavená ramenem měla příliš malý nebo žádný prostor pro odkládání pomůcek. Konstrukce přístrojů postrádala vyvážený kompromis mezi funkčností a praktickým využitím.

Zařízení uvedená v designérské analýze, která mají laserové rameno s funkční laserovou hlavici a nejlépe odpovídající zadání této diplomové práce jsou v níže uvedené tabulce zvýrazněna tučným písmem.

Přístroj	Rozměry [mm]	Hmotnost [kg]	Laserové rameno	Držák na aplikátor
MLS M8, ASA Laser	(430 × 1100 × 800)	43	Ano	-
Mphi 75.5, ASA Laser	(630 × 850 × 540)	25	Ano	-
MiS, ASA Laser	(560 × 1470 × 474)	25	Ne	Ano
M-Hi, ASA Laser	(520 × 1060 × 550)	23	Ne	Ano
HIRO, ASA Laser	(370 × 1320 × 750)	52	Ne	Ne
BTL – 6000 HIL	neuveдено	36	Ano	-
IXYON XP Mecmedix Mectronic	(370 × 1320 × 750)	22	Ne	Ano
ILUX PLUS, Mecmedix Mectronic	(370 × 1320 × 750)	22	Ne	Ano
LUMIX ULTRA, Fisioline	(320 × 980 × 430)	30	Ne	Ano
LUMIX 2, Fisioline	neuveдено	-	Ne	Ne

Tab. 2-1 Technické parametry přístrojů z designérské analýzy

Na základě návštěv několika fyzioterapeutických center a sedmi hloubkových rozhovorů s fyzioterapeuty bylo identifikováno více problémových oblastí souvisejících s používáním přístroje. Pro účely diplomové práce však byly relevantní pouze problémy týkající se ergonomie, vzhledu a uživatelského komfortu. Z tohoto důvodu bylo nutné řadu podnětů vyřadit, neboť jejich řešení přesahuje rozsah a zaměření této práce.

Mezi často opakující se problémy spojené s používáním terapeutického laseru patřila například nepohodlná manipulace s přístrojem v důsledku nevhodného umístění madla či omezená flexibilita a nepohodlí při práci s laserovým ramenem. Identifikované nedostatky tvoří klíčový základ pro návrh terapeutického laseru.

2.5 Identifikace novosti a příležitostí

Na základě provedených analýz a vyhodnocení dostupných motivačních zdrojů byly identifikovány konkrétní příležitosti, jak terapeutický laser inovovat a posunout směrem k efektivnějšímu a uživatelsky přívětivějšímu řešení.

Navrhované zařízení by mělo být určeno pro použití ve fyzioterapeutických ordinacích, a proto je nezbytné zohlednit charakter tohoto prostředí. Důležitým aspektem je především vizuální a prostorové sladění přístroje s interiérem ordinace, včetně kompatibility s používaným typem lůžka. Celkové tvarové řešení, rozměry a barevnost by měly působit profesionálně, čistě a zároveň nevyvolávat rušivý dojem.

Z hlediska funkčnosti je zásadní přizpůsobit tvarové řešení a rozměry zařízení provozním podmínkám tak, aby bylo zajištěno co nejpohodlnější ovládání. Velký důraz by měl být kladen na promyšlené rozložení jak vnějších, tak i vnitřních komponent. Optimalizované tvarové a prostorové řešení přispívá k lepší manipulaci, vyšší stabilitě zařízení a zároveň usnadňuje údržbu i servisní zásahy.

Stěžejní částí návrhu je laserové rameno, které se v současných dostupných přístrojích často ukazuje jako konstrukčně nedostatečně zvládnuté. Výsledkem jsou problémy s manipulací, skladováním i celkovou stabilitou. Vzhledem k tomu, že terapeutické lasery vybavené funkčním laserovým ramenem představují stále relativně málo rozšířený typ zařízení, existuje proto příležitost přinést nové a inovativní řešení.

V neposlední řadě je nutné zohlednit ergonomii samotného výrobku, a to s ohledem na různé výšky a fyzické dispozice obsluhujícího personálu. Mnoho stávajících zařízení není vhodně navrženo, což vede ke zbytečnému fyzickému zatížení během používání nebo nepohodlnému přístupu k ovládacím prvkům. Cílem návrhu je proto vytvořit zařízení, které bude přizpůsobeno širšímu spektru uživatelů a zohlední rozdíly v tělesných proporcích.

3 CÍLE PRÁCE

V rámci kapitoly byl vymezen hlavní problém a stanoveny dílčí cíle, které jsou zásadní pro kvalitní návrhový proces. Na základě technické, designérské a uživatelské analýzy byly specifikovány klíčové aspekty návrhu, jako jsou zákazník, spotřebitel, uživatel, potenciální trh a výrobní technologie.

3.1 Vymezení problému

3.1.1 Název produktu a jeho klasifikace

Tématem diplomové práce je terapeutický laser, zdravotnický přístroj určený k provádění neinvazivní laserové terapie v oblasti regenerativní medicíny. Ošetření laserovým zářením se vyznačuje svou schopností pronikat do hlubkových vrstev tkání a stimulovat regenerační procesy, což přispívá k urychlení hojení a zmírnění bolesti. Může být využíván jako samostatná forma léčby nebo jako podpůrný prvek v rámci celkové fyzioterapie zaměřené na cvičení.

Zařízení je klasifikováno v souladu s příslušnými evropskými normami. Klíčovým parametrem je vlastnost použitého laserového zdroje. Podle normy EN 60825-1 [48] je terapeutický laser zařazen do nejvyšší bezpečnostní třídy 4. To znamená, že během terapie je nezbytné používat ochranné brýle splňující požadavky stanovené normou EN 207 [49]. Podle metod sterilizace a dezinfekce je tento výrobek označen jako nesterilní, což znamená, že jeho údržba zahrnuje běžné čištění. Dle podmínek použití je tento přístroj určen normou EN 60601-1 [50] pro nepřetržitý provoz.

Terapeutický laser je materiální produkt, konkrétně speciální spotřební zboží, u kterého se předpokládá sériová výroba s očekávanou životností v rozmezí 5 až 15 let. Dolní hranice životnosti byla stanovena na 5 let, což odráží možné ovlivnění intenzitou používání a otřesy při manipulaci či přepravě. Je rovněž důležité mít na paměti, že rychlý technologický vývoj postupně způsobuje zastarávání technologií použitých v tomto zařízení.

3.1.2 Specifikace zákazníka

Zadání diplomové práce nespécifikuje konkrétního zákazníka, a proto je jeho definice založena na výsledcích provedených analýz. Na základě rešerše současného trhu a aktuálních trendů v oblasti zdravotnických technologií předpokládáme, že zákazníkem by mohla být společnost specializující se na vývoj a výrobu terapeutických laserů. Společnost by se orientovala nejen na technickou stránku výrobku ale také na kvalitní provedení designu a ergonomii, čímž by zajistila jeho efektivitu a uživatelský komfort pro konečného uživatele. Spolu s důrazem na kvalitu provedení by daná společnost mohla využívat moderní výrobní technologie a kvalitní materiály, které by přispívaly k dlouhé životnosti a spolehlivé funkčnosti produktů.

3.1.3 Specifikace spotřebitele

Spotřebiteli vysokovýkonných terapeutických laserů jsou oddělení fyzioterapie v nemocnicích, klinikách nebo samostatná fyzioterapeutická centra a ordinace. Předtím, než se však výrobek dostane do těchto ústavů, prochází složitým procesem, který zahrnuje fáze návrhu, vývoje, výroby a distribuce. Jednotlivé fáze tohoto procesu představují samostatné, avšak vzájemně provázané celky s odlišnými potřebami a požadavky.

Výrobce terapeutických laserů musí zohlednit nejen vysoké požadavky na kvalitu a výkon přístroje, ale také dodatečné faktory, jako jsou efektivita výroby a kontrola nákladů. Distribuční společnosti hledají výrobky, které splňují normy a přísné standardy kvality. Zároveň se zaměřují na zajištění potřebné komunikace s výrobcem, která zahrnuje poskytnutí manuálů a odborné školení pro servisní techniky.

Spotřebitelé, jako jsou nemocnice a kliniky, kladou důraz především na funkčnost zařízení, jeho technologickou vyspělost a dlouhou životnost. Hledají přístroje využívající moderní technologie a vybavené kvalitními vnitřními komponenty, jejichž cena zůstává přiměřená vzhledem k aktuální situaci na trhu. Zásadní roli pro ně hraje také spolehlivá servisní podpora ze strany distribuční společnosti.

3.1.4 Specifikace uživatele

Ve zdravotnickém prostředí konečným uživatelem zpravidla nebývá pouze jedna osoba. U mnoha zdravotnických přístrojů, včetně terapeutických laserů, jsou klíčovými uživateli jak ošetřující zdravotníci, tak i samotní pacienti.

Každý z uživatelů má na přístroj specifické nároky. Pro zdravotnický personál je zásadní, aby přístroj umožňoval snadné ovládání a byl srozumitelný pro každodenní použití. Intuitivní design a jednoduchost ovládání snižují riziko chyb při práci s přístrojem, což přispívá k bezpečnější a snadnější péči o pacienta. Je proto klíčové, aby provoz, manipulace a údržba přístroje byly co nejméně časově náročné, vyžadovaly minimální odborné znalosti a eliminovaly chybové zacházení.

Pacienti, ačkoliv jsou pasivními účastníky terapie, mají rovněž své potřeby. Bez ohledu na věk, ať už se jedná o mladší osoby nebo seniory, všichni pacienti oceňují kvalitní design přístroje. Zároveň vnímají i důsledně propracovanou estetickou stránku, která ovlivňuje jejich dojmy a přispívá k celkovému komfortu během terapie. Pro každého pacienta je klíčové mít jistotu v kvalitě a spolehlivosti přístroje a zároveň důvěru v odborné schopnosti zdravotnického personálu. Bezproblémový průběh terapie a viditelné zlepšení zdravotního stavu jsou měřitelnými ukazateli účinnosti a zvyšují spokojenost pacientů.

3.1.5 Specifikace možného trhu, ceny a výrobních technologií

Primárním cílovým trhem pro tento přístroj je Evropa, kde jsou kladeny vysoké nároky na kvalitu, funkčnost a bezpečnost zdravotnických výrobků. Tyto požadavky jsou splněny vzhledem k přesné regulaci evropskými a mezinárodními normami. Mezi tyto normy patří například ČSN EN IEC 60601-2-22 [51], která stanovuje zvláštní požadavky na bezpečnost terapeutických laserových přístrojů nebo ČSN EN ISO 13485 [52], která stanovuje požadavky na systém managementu kvality zdravotnických prostředků.

Cenová hladina vysokovýkonných terapeutických laserů na současném trhu se pohybuje mezi 800 000 až 1 000 000 Kč. Terapeutický laser využívající moderní technologie a přídavné funkce, jako je například flexibilní laserové rameno, se dostává na horní hranici cenového spektra.

Přístroj se vyrábí sériově a použité materiály jsou vhodné pro nemocnice a fyzioterapeutické ordinace vzhledem ke své odolnosti, chemické nezávadnosti a hygienickým vlastnostem. Pro krytování je nejvhodnějším materiálem ABS plast, zatímco prvky, jako je madlo přístroje nebo rukojeť aplikátoru, jsou vyrobené z kovu. Výrobní proces zahrnuje vstřikování plastů, což zajišťuje vysokou kvalitu a přesné tvarové provedení jednotlivých komponentů.

3.1.6 Vymezení problému

Na základě provedené designerské analýzy a osobních konzultací na fyzioterapeutických pracovištích byly identifikovány konkrétní problémy, které se týkají tvarování, ergonomie a dalších aspektů zařízení. Současné terapeutické lasery často nevyhovují potřebám uživatelů z hlediska komfortu při používání. Ačkoli některé výrobky mají své výhody, často se objevují opakující se problémy, jako je nedostatek úložného prostoru, přílišná křehkost optického kabelu nebo nepohodlí při použití v kombinaci s terapeutickým lůžkem.

Terapeutické lasery, které využívají laserové rameno, stále nemají zcela vyřešené faktory, jako je jednoduchost a pohodlnost ovládání. Některé modely vyžadují montáž laserového ramene na pojízdný vozík, což zvětšuje celkové rozměry zařízení, narušuje jeho estetický vzhled a posouvá těžiště, což může ztížit manipulaci s přístrojem. Dalším problémem je obtížná mobilita způsobená malými kolečky, která zvyšují citlivost zařízení na nerovnosti povrchu.

Pro lepší přehlednost byla vytvořena tabulka shrnující klíčové atributy diplomové práce.

POPIS	C	O	F	P
Dodržení evropských a mezinárodních norem a směrnic týkajících se zdravotnických přístrojů a terapeutických laserových zařízení		✓		
Přístroj obsahuje dva laserové výstupy – pracovní rameno a aplikátor	✓		✓	
Pracovní rameno je flexibilní	✓	✓		
Pracovní rameno je umístěno s ohledem na těžiště přístroje		✓		✓
Tvarování				
Tvarování respektující vnitřní stavbu komponent	✓	✓		
Tvarování podporující jednoduchou výměnu poruchových komponent		✓		✓
Tvarování splňující požadavky na údržbu		✓	✓	
Tvarování umožňující spolupráci s terapeutickým lůžkem	✓	✓		
Jednoduchost údržby	✓			
Vhodné umístění konektorů		✓	✓	
Úložný prostor pro ochranné pomůcky a dezinfekční prostředky			✓	
Úložný prostor pro dokumentaci			✓	
Ovládací prvky a ergonomie				
Ovládání pomocí dotykového displeje a manuálních ovladačů	✓	✓	✓	
Umístění displeje respektující zorné podmínky		✓	✓	

Ergonomické řešení sdělovačů a ovladačů	✓		
Ergonomické řešení madel a úchopů odpovídající 5P, 50P až 95P	✓	✓	
Laserový aplikátor vhodný pro dlouhodobé použití	✓		✓
Stabilita přístroje		✓	
Vhodné řešení pro manipulaci a přesun (madla, kolečka)	✓		✓
Vhodné řešení k ochraně optického kabelu	✓		✓
Vhodné řešení k uložení napájecího kabelu	✓		✓
Technické parametry			
Vhodné rozmístění vnitřních komponent		✓	✓
Možnost napájení od baterie			✓
Vhodné umístění chladících komponent		✓	✓
Bezpečnost			
Vhodné umístění nouzového tlačítka			✓
Zakomponování světelného a zvukového signálu			✓

Tab. 3-1 Vymezení cílů (C), omezení (O), funkce (F) a prostředků (P)

3.2 Cíl vývoje

Ze zadání diplomové práce vyplývá globální cíl vývoje, což je návrh koncepčního designu neinvazivního terapeutického laseru s možností libovolného nastavení pozice ramene a zajištěním stability ve všech pracovních polohách. Přístroj by měl být využitelný v nemocničním prostředí a splňovat požadavky na ergonomii a údržbu. Důraz je kladen na flexibilní pracovní rameno, které rozšiřuje možnosti aplikace laserového paprsku.

Mezi dílčí cíle diplomové práce patří:

- Jednoduché tvarování a barevnost respektující nemocniční prostředí
- Tvarování odpovídající hygienickým normám a požadavkům na údržbu
- Integrace pracovního laserového ramene do přístroje s ohledem na stabilitu a estetiku
- Ergonomické nastavení pracovních poloh ramene, včetně pozic pro přesun a skladování
- Odkládací prostor vhodný pro ruční aplikátor zajišťující jeho bezpečnost
- Zajištění stability přístroje při všech pracovních polohách ručního aplikátoru a pracovního ramene

- Ergonomie a umístění madel a úchopu s ohledem na těžiště a hmotnost přístroje
- Návrh dostatečných úložných prostor pro ochranné pomůcky, dokumentaci a dezinfekční prostředky
- Zajištění snadné manipulace s přístrojem během terapie v ordinaci i při přesunech v rámci nemocnice
- Tvarové řešení zajišťující snadnou interakci a přístup přístroje k terapeutickému lůžku

4 KONCEPČNÍ NÁVRH

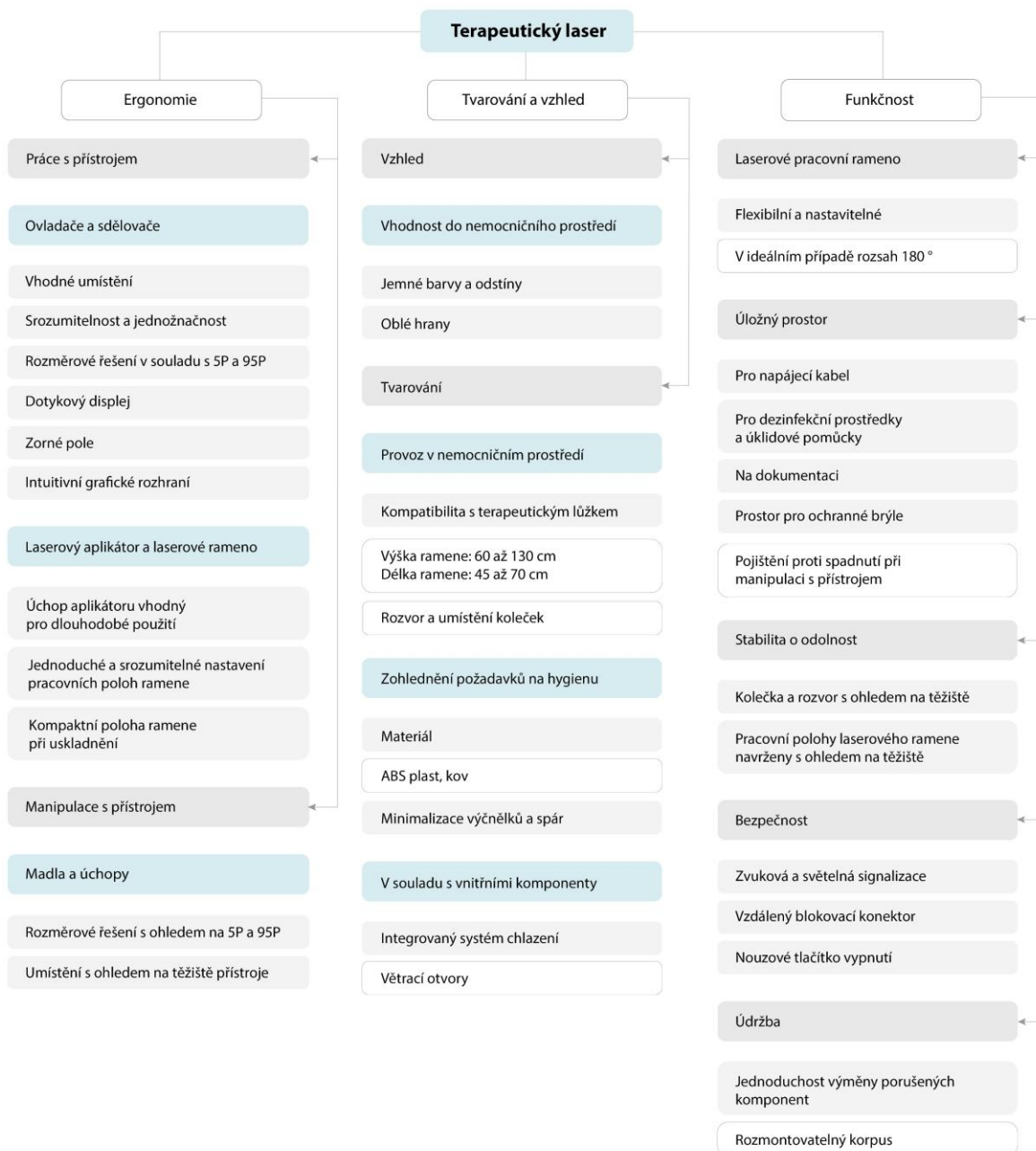
Na základě stanovených cílů v předchozí kapitole byla definována s nimi spojená omezení. Pro názornost byl vytvořen graf popisující vztah mezi cíli a omezeními, který je blíže popsán v následující podkapitole.

Poté byla provedena podrobnější technická analýza s využitím odborné literatury a konzultací s experty v oblasti servisu zdravotnických přístrojů. Dále byly vytvořeny tři varianty návrhů, z nichž každá se vyznačovala odlišnými určujícími parametry, aby bylo možné zohlednit různé možnosti řešení. Tyto varianty byly následně posouzeny a na základě hodnocení byl vybrán nejlepší návrh pro další rozpracování.

4.1 Analýza cílů a specifikace omezení

Cíle popsané v předchozí části práce byly rozděleny do tří hlavních oblastí: ergonomie, tvarování a vzhled a funkčnost. Provedené členění usnadnilo další práci při návrhu, jelikož umožnilo soustředit se na jednotlivé okruhy zvlášť a lépe pochopit souvislosti mezi požadavky. Při vytváření grafu se ukázalo, že funkčnost je nejrozsáhlejší částí, což odpovídá zadání diplomové práce a povaze navrhovaného zařízení.

Každá oblast byla dále rozdělena do menších podskupin, které upřesnily konkrétní požadavky na jednotlivé aspekty zařízení. Ergonomie se zaměřuje především na způsob práce s přístrojem, jeho ovládání, polohu uživatele a manipulaci během provozu. Tvarování a vzhled představuje nejen estetickou stránku, ale i přizpůsobení přístroje nemocničnímu prostředí, výběr materiálů a hygienické nároky. Oblast funkčnosti zahrnovala například požadavky na flexibilitu ramene, bezpečnost, úložný prostor nebo snadnou údržbu. Díky tomuto rozdělení bylo možné jednodušeji definovat omezení a přehledně formulovat podmínky, které musí návrh splňovat.

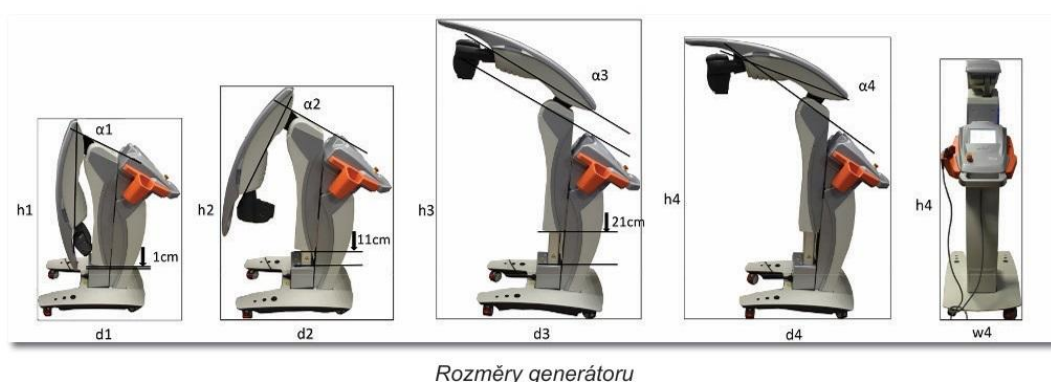


Obr. 4-1 Schéma cílů a omezení

4.2 Technická funkční analýza

4.2.1 Rozměrová analýza

Před zahájením procesu navrhování bylo potřeba stanovit všechny klíčové rozměry, včetně rozměru laserového aplikátoru, pohyblivého ramene a řídicí jednotky. Vzhledem k tomu, že na současném trhu existuje jen málo výrobků kombinujících laserový aplikátor a laserové rameno, bylo posouzení základních rozměrů založeno na referenčním modelu MLS M8 od výrobce ASA Laser. Uživatelská analýza však ukázala (viz kapitola 2.3.), že rozměry tohoto přístroje nejsou ideální a fyzioterapeuti při jeho používání narážejí na obtíže, zejména při přesunu v rámci ordinace nebo při spolupráci s fyzioterapeutickým lůžkem.

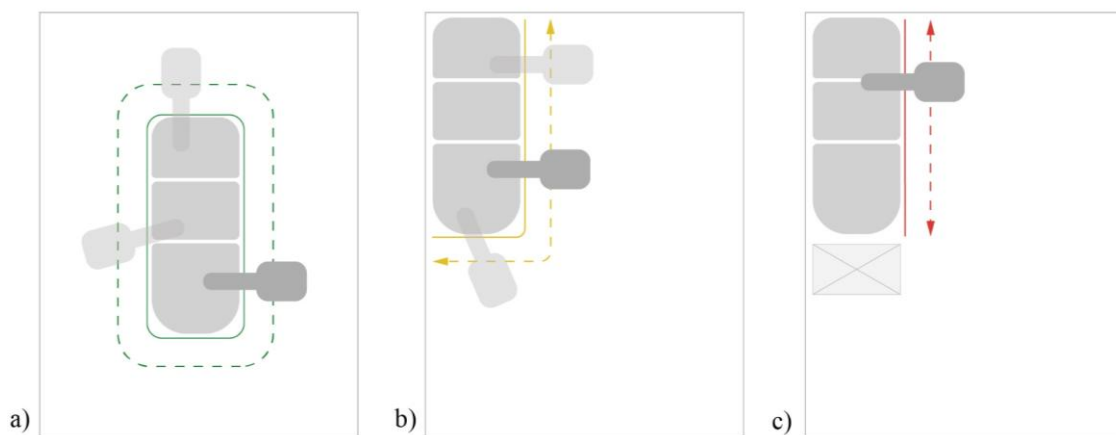


	1	2	3	4
h [cm]	110	123	156	139
w [cm]	43	43	43	43
d [cm]	80	83	104	116
α [°]	110	96	0	16

Obr. 4-2 Tabulka rozměrů MLS8 z uživatelské příručky od výrobce ASA Laser

Pro určení rozměrů, které by umožnily přístroji plnit svou funkci v plném rozsahu, bylo nutné zohlednit požadavky prostředí, ve kterém bude terapeutický laser používán. Vzhledem k tomu, že fyzioterapeutické ordinace nejsou vždy umístěny v nemocnicích, ale často se nacházejí například v soukromých klinikách nebo v bytových domech, bylo důležité analyzovat podmínky začlenění přístroje do různých typů interiérů.

Zatímco nemocniční prostory jsou většinou standardizované, s dostatečně širokými vstupy a pravidelným tvarem ordinací, prostředí soukromých budov a bytových domů může být víc variabilní. Ordinace v takových prostorách se často potýkají s užšími dveřmi, zvýšenými prahy nebo nepravidelným nebo příliš úzkým tvarem místností, což může výrazně snížit pohodlnost při manipulaci s terapeutickým laserem.

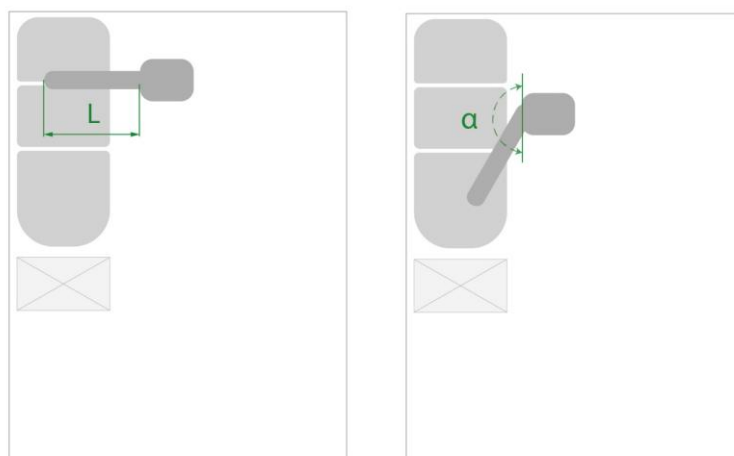


Obr. 4-3 Modelové situace použití laseru v interiéru ordinace; (a) ideální; (b) přijatelná; (c) kritická.

V ideálním případě by mělo být fyzioterapeutické lůžko umístěno uprostřed místnosti, což by umožnilo, aby ošetrující personál měl dostatek prostoru pro volný pohyb s přístrojem kolem všech čtyř stran lůžka. Jako přijatelná je označena situace, kdy je lůžko přístupné alespoň ze dvou stran. Pohyb je již částečně limitován, ale přístroj lze i nadále využívat bez výrazných omezení. Kritická situace nastává tehdy, kdy je přístup k lůžku je značně omezený, například kvůli blízkosti dalšího nábytku nebo menšímu prostoru ordinace, a pohyb s přístrojem je umožněn pouze z jedné strany lůžka.

Při stanovování konkrétních požadavků na rozměry výsledného návrhu byla záměrně zvolena kritická situace, jelikož přístroj musí být navržen tak, aby si zachoval plnou funkčnost i v prostředí s největšími prostorovými omezeními. Na základě kritické modelové situace byl stanoven požadavek na délku laserového ramene, které by mělo přesahovat minimálně přes polovinu šířky lůžka.

Další požadavek byl stanoven na flexibilitu kloubu, který by měl umožňovat pohyb v co největším rozsahu, ideálně až do úhlu 180 stupňů. Stanovené parametry umožní kvalitní a plynulý průběh terapie bez nutnosti obcházení nebo objíždění lůžka z více než jedné strany.



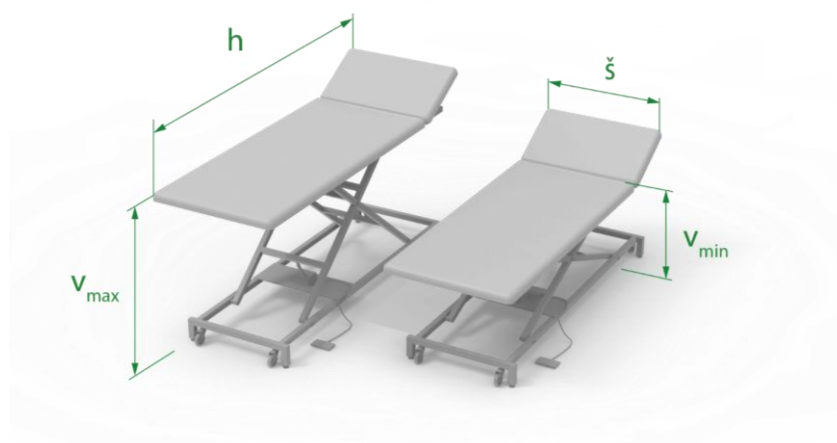
Obr. 4-4 Požadavky na laserové rameno stanovené z kritické situace

Definované požadavky však neurčily konkrétní rozměrovou hodnotu pro návrh ramene, jelikož terapeutická lůžka jsou dostupná v široké škále různých tvarů a velikostí. Z tohoto důvodu byla provedena rozměrová analýza fyzioterapeutických lůžek dostupných na aktuálním trhu. Rešerše byla zaměřena na získání reprezentativních údajů o velikostech různých typů lůžek na základě nabídky výrobců a specializovaných e-shopů.

Z provedené analýzy rozměrů bylo možné definovat tři základní typy terapeutických lůžek běžně používaných v ordinacích: lůžka s největšími rozměry, středně velká a lůžka s nejmenšími rozměry. Pro lepší pochopení prostorových nároků a zajištění kompatibility terapeutického laseru s těmito lůžky byly vytvořeny 3D modely v programu Rhinoceros.

	Šířka (š)	Rozsah výšky (v)	Hloubka (h)
1.	60	45–65	185
2.	70	55–85	195
3.	90	65–105	205

Tab. 4-1 Přehled typových rozměrů lůžek [cm]



Obr. 4-5 Model fyzioterapeutického lůžka

Závěr

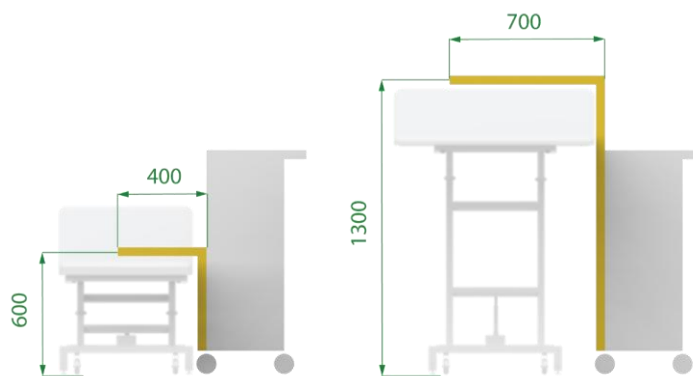
Na základě provedené rozměrové analýzy a vytvořených 3D modelů bylo možné stanovit přesné hodnoty velikostního rozsahu terapeutického laseru. Rozměrové specifikace byly navrženy tak, aby byla zajištěna kompatibilita s různými typy terapeutických lůžek. Stanovené rozměry zároveň umožňují plnou funkčnost přístroje i v kritických situacích definovaných během analýzy. Přehled konkrétních rozměrů je uveden v následujících tabulkách a obrázcích, které zároveň poskytují vizuální představu o prostorovém umístění laseru vůči terapeutickému lůžku. Následně byly brány v úvahu požadované rozměry pro výšku madla a pracovní plochy v souladu s ergonomickými velikostními tabulkami.

	Šířka ramene	Výška ramene
Min	400	600
Max	700	1300

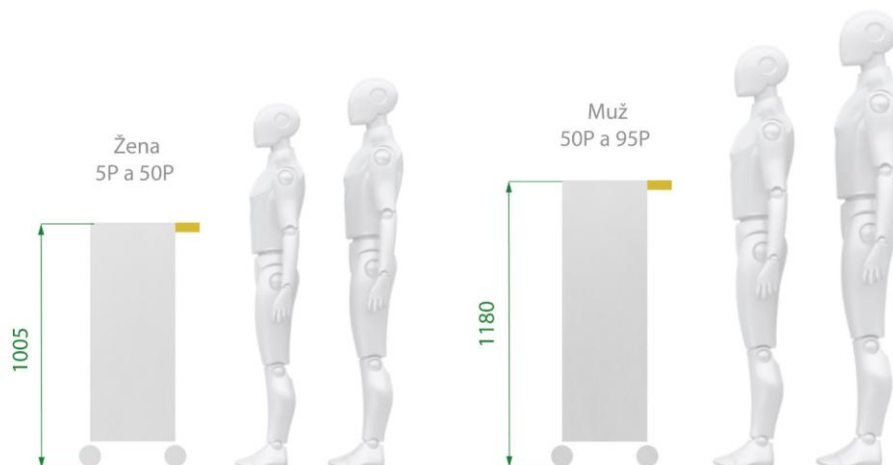
Tab. 4-2 Rozměry laserového ramene [mm]

	Výška korpusu	Výška madla
5P Žena	840	1005
95P Muž	1270	1180

Tab. 4-3 Výška madla a manipulační plochy



Obr. 4-6 Požadavky na výšku a délku ramene



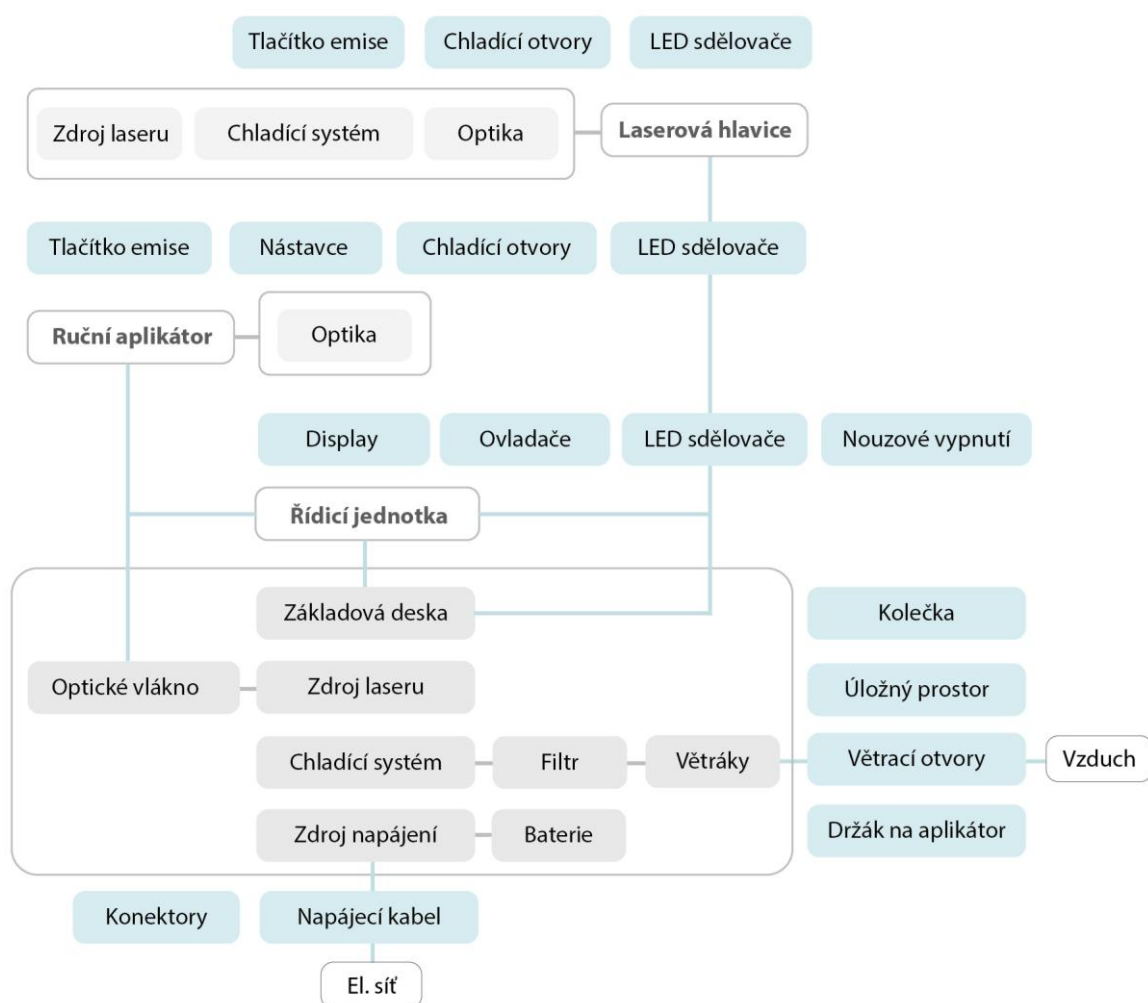
Obr. 4-7 Požadavek na výšku madla přístroje

4.2.2 Specifikace vnitřních komponent

Pro znázornění funkční struktury terapeutického laseru byla zvolena metoda GlassBox, která umožňuje vizuální znázornění vztahů mezi jednotlivými částmi systému.

Vnitřní komponenty zařízení jsou zobrazeny uvnitř oblasti vyznačené šedým obrysem, která představuje vnitřní prostor těla zařízení. Vnější prvky, jako jsou ovládací prvky, chladičí otvory nebo konektory, se nacházejí mimo tuto oblast a jsou zvýrazněny modrým podkladem. Nejvýznamnější funkční propojení mezi jednotlivými částmi jsou znázorněna modrými liniemi, které poukazují na klíčové vazby nezbytné pro zajištění správného fungování terapeutického laseru.

Detailnější popis a funkční zařazení vnitřních komponent bylo zpracováno v kapitole 2.2.3.

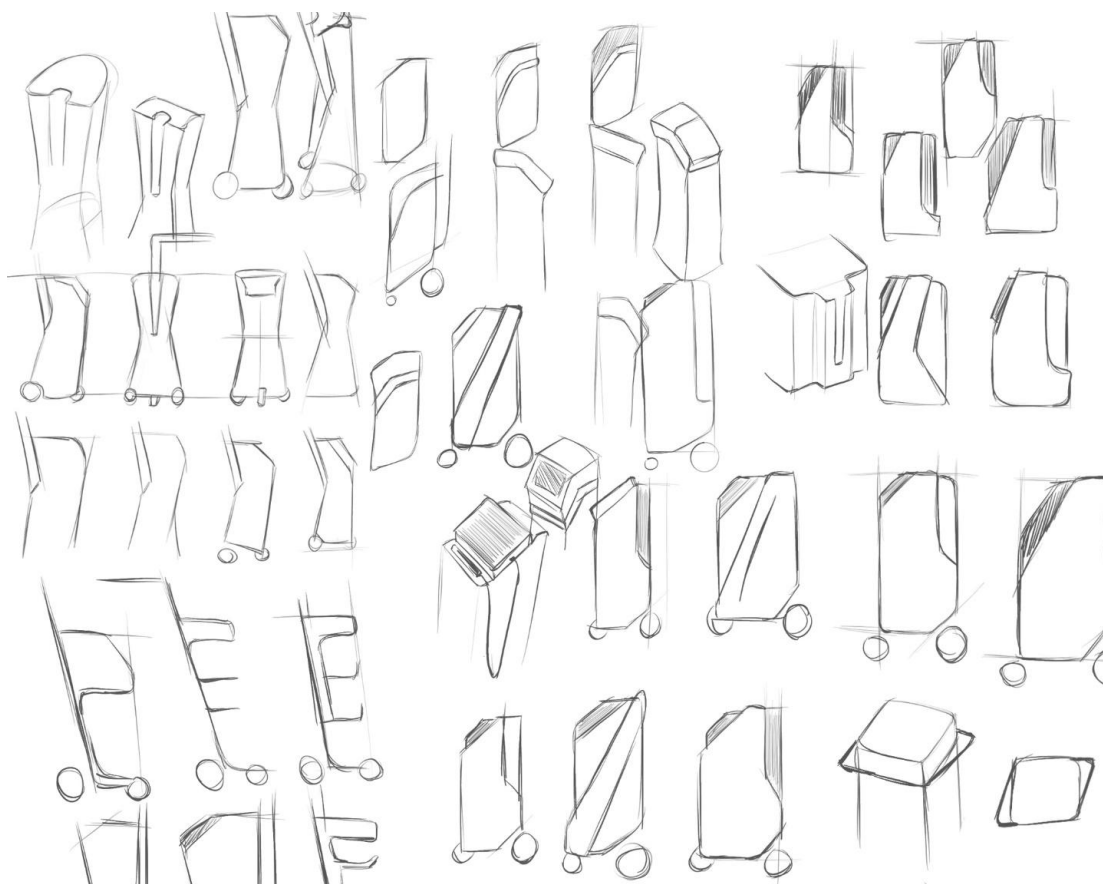


Obr. 4-8 Popis vnitřních komponent metodou GlassBox

4.3 Návrh alternativních řešení

Při návrhu jednotlivých variant bylo důležité zohlednit cíle stanovené v předchozích kapitolách. Také bylo nezbytné navrhnout pro každou variantu odlišné řešení, aby bylo možné posoudit celou škálu přístupů, včetně méně obvyklých, které mohou působit na první pohled inovativně nebo dokonce odvážně.

Za klíčový prvek byl považován návrh ramene a jeho možnosti polohování, a to jak při použití v krajních pozicích, tak i v poloze určené pro uskladnění. Za další důležitý prvek návrhu byl považován způsob odpojení řídicí jednotky, jelikož přítomnost této funkce rozšiřuje možnosti použití zařízení i mimo prostředí ordinace. Mezi další návrhové aspekty patřil úložný prostor, který by měl mít dostatečný objem, madlo navržené s ohledem na ergonomické požadavky a umístění koleček s důrazem na stabilitu celého zařízení.



Obr. 4-9 Skici variantních návrhů

4.3.1 Variantní návrh 1

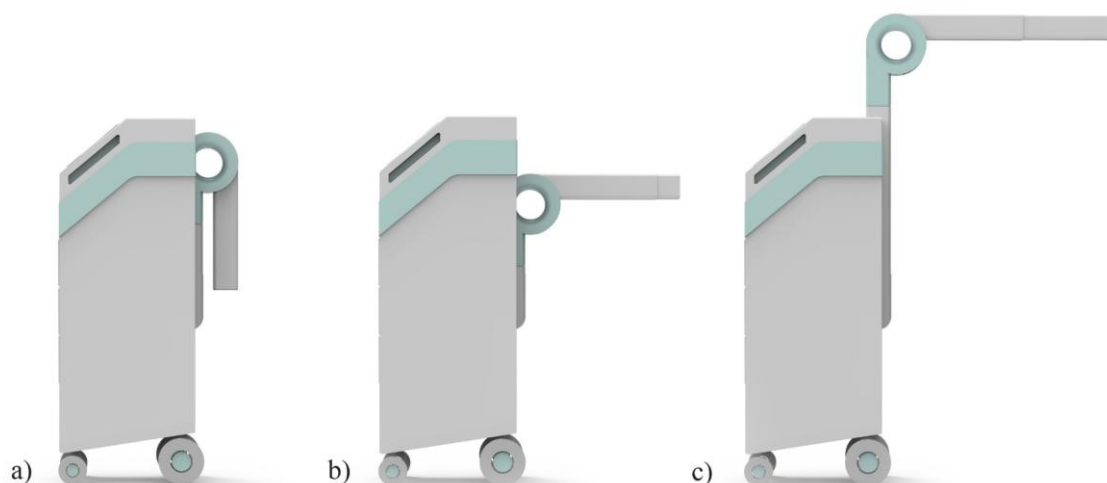


Obr. 4-10 Vizualizace prvního variantního návrhu

První variantní návrh působí na první pohled jako klasický zdravotnický přístroj ve strohém, funkčně pojatém tvarovém řešení. Korpus má převážně obdélníkový tvar, avšak spodní část je mírně zkosená směrem dozadu, což zařízení opticky odlehčuje. Díky tomuto řešení bylo možné v zadní části umístit větší průměr koleček než vepředu, což zajišťuje lepší stabilitu přístroje.

V horní části konstrukce se nachází barevný pás, který opticky rozděluje hmotu na horní a dolní oblasti. Právě pod barevnou plochou je umístěn úložný prostor tvořený třemi zásuvkami, které využívají celou výšku přístroje. Navržené řešení umožnilo efektivně využít celý objem korpusu a zajistit dostatek místa pro uložení příslušenství a provozních pomůcek.

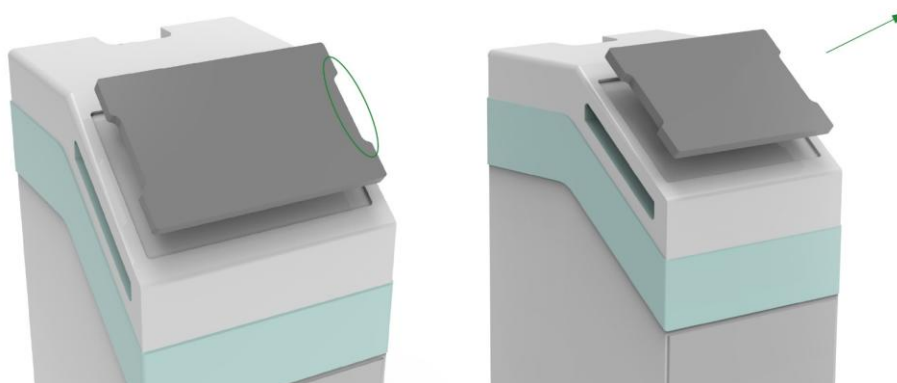
Úchopy jsou integrovány po stranách korpusu ve formě tvarovaných otvorů. Jejich umístění bylo zvoleno záměrně, jelikož čelní strana zařízení již obsahuje výrazné konstrukční prvky, jako jsou zásuvky úložného prostoru a barevný pás, které vizuálně dominují. Umístění dalších prvků na tuto plochu by působilo příliš rušivě.



Obr. 4-11 Postup polohování ramene; (a) složený stav; (b) minimální výška; (c) maximální výška.

Tvarování přístroje je uzpůsobeno tak, aby rameno bylo částečně uloženo do vyhrazeného prostoru na zadní straně zařízení a méně přesahovalo přes obrys zařízení. Dané řešení přispívá k vyšší bezpečnosti ramene při manipulaci a zároveň zlepšuje stabilitu, jelikož těžiště ramene je posunuto blíže ke středu přístroje. Z bočního pohledu navíc zařízení působí kompaktněji a vyváženěji.

Polohování ramene probíhá jednoduchým natočením pohyblivé části konstrukce do vodorovné polohy. V dalším kroku následuje nastavení potřebné výšky dle požadavku laserového ošetření.



Obr. 4-12 Postup odpojení řídicí jednotky

Odpojení jednotky je jednoduchý proces a vyžaduje pouze jeden plynulý pohyb. Po stranách modulu se nacházejí otvory určené pro vložení prstů. Samotné odebrání jednotky probíhá vložení prstů do těchto otvorů a potáhnutím modulu směrem dopředu, díky čemuž dojde k jeho odpojení od vozíku.

4.3.2 Variantní návrh 2



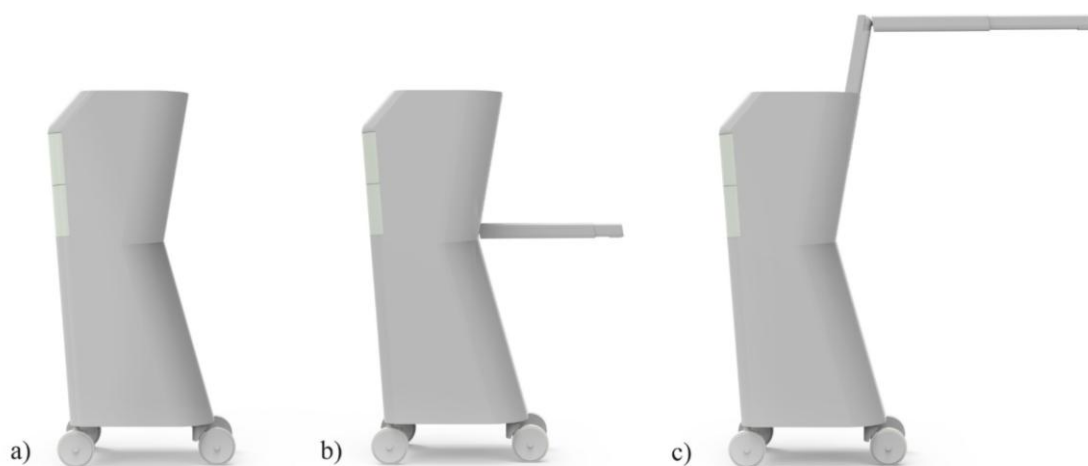
Obr. 4-13 Vizualizace druhého variantního návrhu

Druhá návrhová varianta působí dynamickým a elegantním dojmem. Charakteristickým prvkem je zalomení ve střední části korpusu, které vizuálně rozděluje přístroj na dvě hlavní objemové části.

Úložný prostor je tvořen dvojicí jednoduchých zásuvek se zaoblenými hranami, které plynule navazují na celkové tvarování korpusu a přispívají k jeho propojenému vzhledu. Barevné zásuvky jsou umístěny v horní části přístroje, kde přispívají k osobitému výrazu výrobku a zároveň umožňují rychlý a pohodlný přístup k pomůckám a příslušenství.

Madla pro manipulaci s přístrojem jsou umístěny v zadní části horní plochy a tvoří je dvojice otvorů zapuštěných do korpusu. Přední i boční plochy jsou využité pro funkční části, jako je laserové rameno, řídicí jednotka a úložný prostor, proto se zadní horní část ukázala jako nejvhodnější místo pro umístění úchopů. Umístění a tvar madel navíc nenarušují celkový vzhled zařízení a zároveň zajišťují pohodlný úchop při manipulaci.

Ve složeném stavu je laserové rameno částečně zasunuté do vnitřního prostoru přístroje, zatímco druhá polovina je uložena v otvoru na zadní straně. Díky tomuto uspořádání ve složeném stavu žádná z částí ramene nepřesahuje přes obrys zařízení, což výrazně snižuje riziko poškození během přepravy nebo skladování. Tvarové řešení navíc podporuje kompaktní vzhled přístroje a přispívá k celkové estetické čistotě zařízení.



Obr. 4-14 Postup polohování ramene; (a) složený stav; (b) minimální výška; (c) maximální výška.

Řídicí jednotka je umístěna v horní části přístroje a je navržena jako snadno odnímatelný modul. Po jemném zatlačení na zabudované madlo dojde k jeho uvolnění a vyklopení směrem ven. Následně pomocí madla lze jednotku odpojit plynulým tahem nahoru podél drážky, která kopíruje sklon přední hrany přístroje.



Obr. 4-15 Postup odpojení řídicí jednotky

4.3.3 Variantní návrh 3

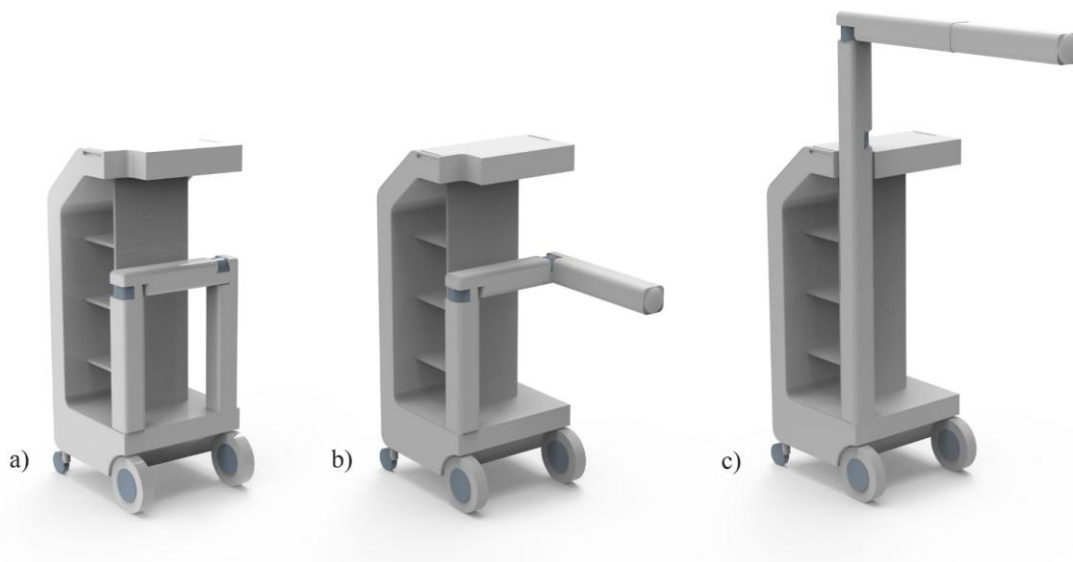


Obr. 4-16 Model varianty 3

Třetí návrhová varianta se odlišuje nejen od předchozích návrhů, ale také od produktů běžně dostupných na současném trhu. Rozdíly jsou patrné v několika detailech, které přístroji dodávají jedinečnost vzhledu.

Jednou z inovací tohoto přístroje je úložný prostor tvořený soustavou tří částečně otevřených polic. Úložné přihrádky jsou umístěny mezi hlavním korpusem a ramenem a jejich boční strany zůstávají záměrně odkryté, aby byl zajištěn snadný a rychlý přístup k odloženým předmětům. Díky tomuto řešení je obsah dobře viditelný, což usnadňuje orientaci a přispívá k přehlednému a efektivnímu uspořádání pracovních pomůcek.

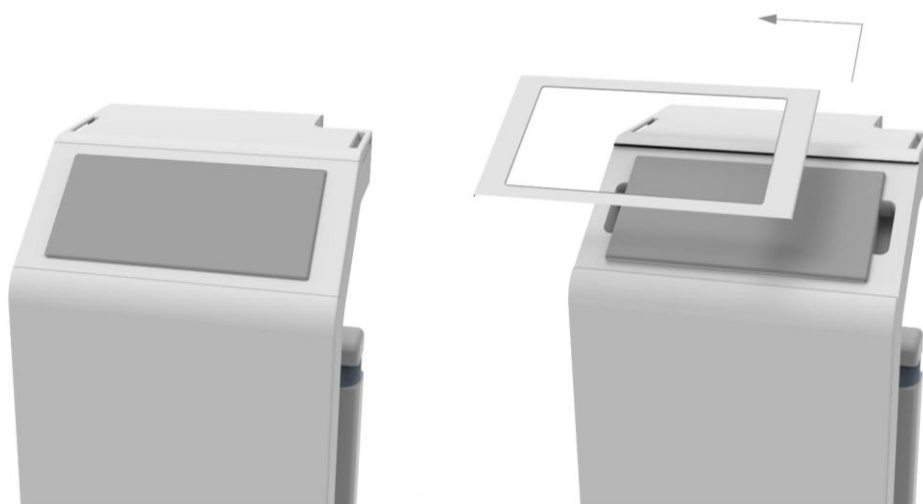
Hlavním inovativním prvkem této varianty je laserové rameno umístěné v zadní části přístroje. Zajímavost spočívá především ve způsobu jeho uložení, rameno se dá ohnout ve dvou kloubech, díky čemuž je jeho koncová část s citlivou laserovou hlavicí může být bezpečně zasunuta do vyhrazeného otvoru v korpusu přístroje. Tím je zajištěna ochrana při manipulaci jedné z nejvíce zranitelných částí systému. Uložení ramene navíc působí neobvykle a dodává přístroji osobitý charakter, který ho odlišuje od běžných řešení.



Obr. 4-17 Postup polohování ramene; (a) složený stav; (b) minimální výška; (c) maximální výška.

Polohování ramene probíhá podobně jako u předchozích variant. Nejprve je potřeba natočit spodní část laserového ramene do vodorovné polohy, čímž se přístroj přizpůsobí požadavkům pro kompatibilitu s nejnižšími rozměry terapeutických lůžek. V dalším kroku se narovná druhý kloub, který umožňuje nastavení výšky, a poté lze rameno pohodlně vysunout podle potřeby konkrétní aplikace.

Řídicí jednotka je umístěna v přední horní části přístroje. Pro její odpojení je nutné nejprve odklopit část krytování, umístěného nad jednotkou a sloužící jako bezpečnostní pojistka. Po jejím odebrání se odkryjí otvory určené pro vložení prstů. Jednotku lze následně jednoduchým pohybem směrem nahoru vysunout čímž se odpojí od korpusu vozíku.



Obr. 4-18 Postup odpojení řídicí jednotky

4.4 Analýza alternativních řešení a výběr nejlepšího

Pro zhodnocení navržených variant byla stanovena klíčová kritéria, která sloužila k posouzení kvality jednotlivých návrhů. Výběr relevantních kritérií vycházel z nejdůležitějších aspektů, které byly definovány v kapitole věnované cílům práce. Na jejich základě byly stanoveny tři hlavní oblasti hodnocení jako je vzhled, ergonomie a funkčnost.

Na základě volených okruhů bylo každé variantě přiděleno maximálně deset bodů. Získané body byly následně sečteny a sloužily k celkovému vyhodnocení návrhů.



Obr. 4-19 Přehled vytvořených variantních návrhů

Kritérium	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Jednoduchost tvarování	7	7	8
Tvarová originalita a vzhled	3	5	10
Kompaktnost přístroje	3	8	8
Úložný prostor	10	8	9
Ergonomické řešení madla	7	4	6
Jednoduchost použití ramene	9	8	8
Tvarové řešení ramene	7	7	8
Způsob odpojení jednotky	8	9	6
Stabilita přístroje	10	8	10
Celkem	64	64	73

Tab. 4-4 Zhodnocení variantních návrhů

Z hodnocení uvedeného v tabulce vyplývá, že nejvyšší počet bodů získal variantní návrh číslo tři. Mezi jeho hlavní přednosti patří tvarová originalita a výrazná vzhledová odlišnost od běžně dostupných produktů. Tento přístup vychází ze zjištění, že vnitřní prostor terapeutických laserů nevyžaduje velké množství technických součástí (viz kapitoly 2.2.3 a 4.2.2). Díky kompaktním rozměrům vnitřních komponent bylo možné vytvořit konstrukci, která působí lehce a esteticky. Z navržených variant tak nejlépe reaguje na poznatky získané během technické analýzy.

Zvolená varianta však vykazuje i určité nedostatky, například složitější způsob rozložení laserového ramene nebo méně praktické odpojení řídicí jednotky, které vyžaduje odklopení krytu přístroje. Laserové rameno nebo odpojení modulu však lze upravit, čímž by se zlepšila celková funkčnost i ergonomická stránka zařízení. Klíčovým prvkem zůstává tvarové řešení, které představuje jeden z nejvýraznějších vizuálních i koncepčních přínosů celé varianty.

První varianta v porovnání se zbývajícimi dvěma návrhy získala nejnižší hodnocení v oblastech tvarové originality a celkové kompaktnosti přístroje. Z vizualizací je patrné, že se jedná o zařízení velmi podobné výrobkům již existujícím na aktuálním trhu. Navíc v této variantě není dostatečně vyřešena mobilita, přístroj působí těžkopádně kvůli velkému a robustnímu vozíku.

Druhá varianta nabízí propracovanější tvarování než první návrh a zároveň vykazuje inovativnější přístup ve způsobu uložení ramene. Rameno se zasouvá pod určitým úhlem do korpusu, což působí zajímavě z pohledu designu. Nevýhodou však může být skutečnost, že tento mechanismus zabírá výraznou část vnitřního prostoru přístroje, což může omezovat další funkční uspořádání, například prostor pro uložení větší baterie nebo jiných vnitřních komponent.

Na základě souhrnného vyhodnocení všech tří variant byla jako nejvhodnější pro další vývoj vybrána varianta číslo tři. Oproti ostatním návrhům vykazovala nejvyváženější poměr mezi estetikou, funkčností a ergonomií. Získala nejvyšší bodové hodnocení a zároveň nabídla největší potenciál pro další tvarové i funkční rozpracování. Z tohoto důvodu byla zvolena jako základ pro tvorbu předběžného návrhu.

5 PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH

Kapitola se věnuje předběžnému návrhu vytvořenému na základě zvoleného variantního návrhu. Třetí varianta byla vybrána díky nejvyššímu hodnocení, kterého dosáhla v tabulce srovnávající různé aspekty variantních návrhů. Součástí kapitoly je také určení vhodných materiálů a volba technologie výroby, včetně odhadované ceny výsledného zařízení.

5.1 Určení tvarů a rozměrů

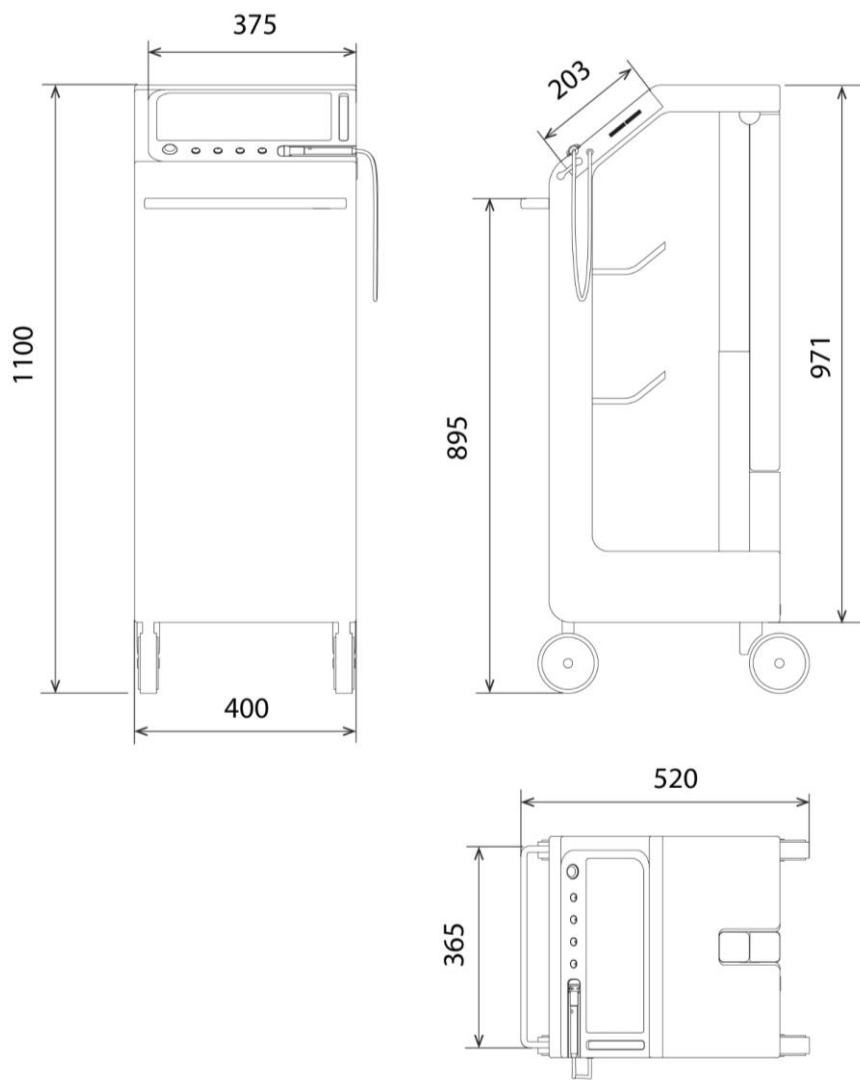
Během vývoje předběžného návrhu došlo k několika významným úpravám oproti původní variantě. Konkrétní změny jsou popsány v následujících podkapitolách.

5.1.1 Určení rozměru přístroje

Volba rozměrů vycházela z provedené rozměrové analýzy a požadavků na kompatibilitu s fyzioterapeutickým lůžkem (viz kapitola 2.2). Na základě těchto podmínek byly základní rozměry určeny takto: $(400 \times 1100 \times 520)$ mm. Důležitou součástí návrhu bylo také madlo, jehož umístění ve výšce 895 mm nad podlahou odpovídá ergonomickým požadavkům a umožňuje komfortní a bezpečnou manipulaci.



Obr. 5-1 Příklad v porovnání s 50P postavami muže a ženy



Obr. 5-2 Základní rozměry předběžného návrhu

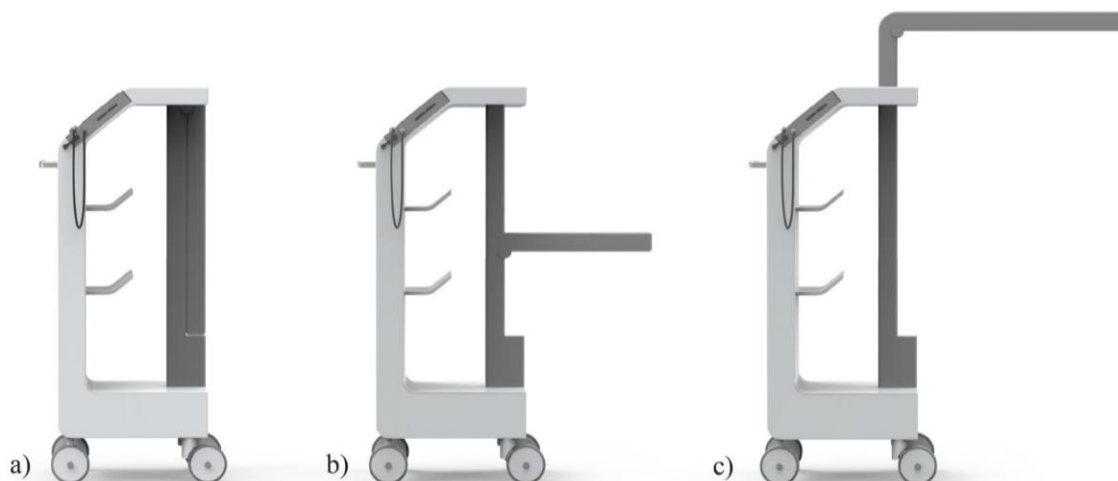
5.1.2 Určení tvaru přístroje



Obr. 5-3 Vizualizace předběžné varianty

Během vývoje předběžného návrhu došlo k výrazným úpravám variantního návrhu, ze kterého tento návrh vychází. Jedna ze změn se týkala úložného prostoru. Počet polic byl snížen ze tří na dvě a byla odstraněna zadní deska umístěná za policemi. Tím se výrazně zlepšil celkový estetický dojem zařízení, jelikož konstrukce působí vzdušněji a méně masivně. Současně se zvýšila i přístupnost k jednotlivým policím, což zjednodušuje každodenní manipulaci s uloženými pomůckami.

Další úpravou úložného prostoru bylo částečné natočení polic, kdy se plocha přibližně ve třech čtvrtinách své hloubky ohýbá pod úhlem zhruba 40 stupňů. Tento způsob tvarování vycházel z požadavků na rozměry ukládaných terapeutických pomůcek, mezi které patří také dokumentace formátu A4. Naklonění části police umožnilo zvětšit její využitelný objem, díky čemuž lze bez problémů uložit i zmiňovanou dokumentaci, která by se do běžné rovné police vzhledem k její menší hloubce nevešla. Naklonění polic navíc odpovídá úhlu sklonu horní části přístroje, čímž přispívá k čistému a estetickému vzhledu zařízení.



Obr. 5-4 Postup polohování ramene; (a) složený stav; (b) minimální výška; (c) maximální výška.

Změny se týkaly také konstrukce laserového ramene. Jeho skládací mechanismus byl oproti variantnímu návrhu zjednodušen, což přispělo k většímu uživatelskému pohodlí. Nastavení ramene nyní probíhá pouze ve dvou krocích: nejprve se jedna z pohyblivých částí natočí do vodorovné polohy a poté se upraví výška podle potřeb konkrétní terapie. Rameno je navíc částečně zasazeno do těla přístroje, což přispívá k bezpečnějšímu skladování a zároveň podporuje plynulou vizuální návaznost konstrukce.



Obr. 5-5 Odpojení řídicí jednotky

Spolu s originálním řešením laserového ramene přináší přístroj inovaci také ve způsobu odpojení řídicí jednotky. Modul se vysouvá směrem doprava a celý proces je koncipován tak, aby byl co nejjednodušší a intuitivní. K odpojení je potřeba vložit prsty do otvorů umístěného na čelní straně jednotky a tahem směrem vpravo ji vysunout.

Na čelní straně jednotky je také integrován prostor pro odložení laserového aplikátoru. Místo k odložení je tvarově přizpůsobeno obrysu aplikátoru a zajišťuje jeho přesné usazení bez nutnosti dodatečného uchycení. Aplikátor při odložení je do korpusu částečně zapuštěn, díky čemuž je během přesunu i běžné manipulace bezpečně uložen. Umístění v horní části přístroje navíc zajišťuje pohodlný a rychlý přístup během používání a přispívá k celkové přehlednosti pracovního prostoru.



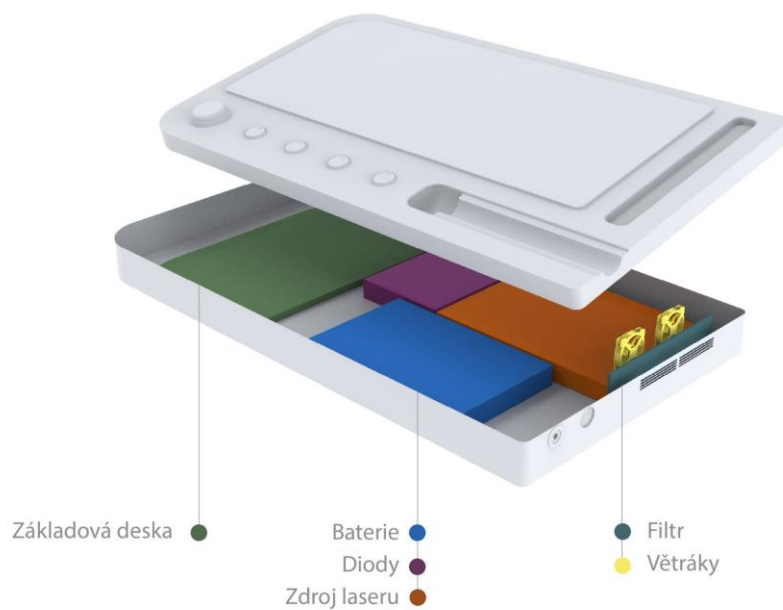
Obr. 5-6 Pohled na řídicí jednotku a uložení aplikátoru

5.1.3 Vnitřní uspořádání

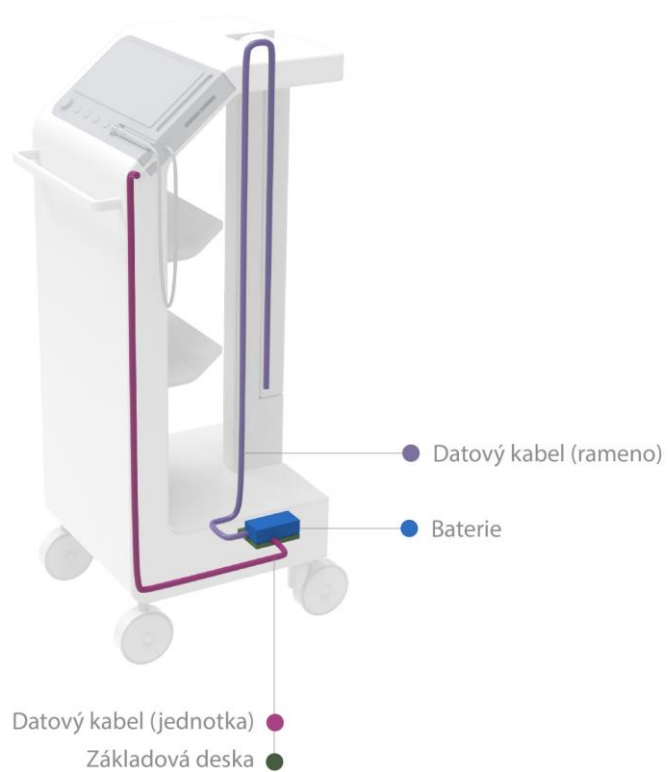
Terapeutický laser je komplexní zařízení, které zahrnuje řadu klíčových vnitřních komponent. Na níže uvedených schématech je znázorněno možné rozmístění těchto komponent v rámci jednotlivých částech přístroje. Pro lepší přehlednost jsou komponenty barevně odlišeny a popsány.

Vnitřní struktura zařízení je rozdělena do čtyř hlavních částí: řídicí jednotky, vozíku a dvou emitovačů. Nejkomplexnějšími prvky jsou řídicí jednotka a laserová hlavice, jelikož obsahují jak samotný laserový zdroj, tak i nezbytné chladičové systémy.

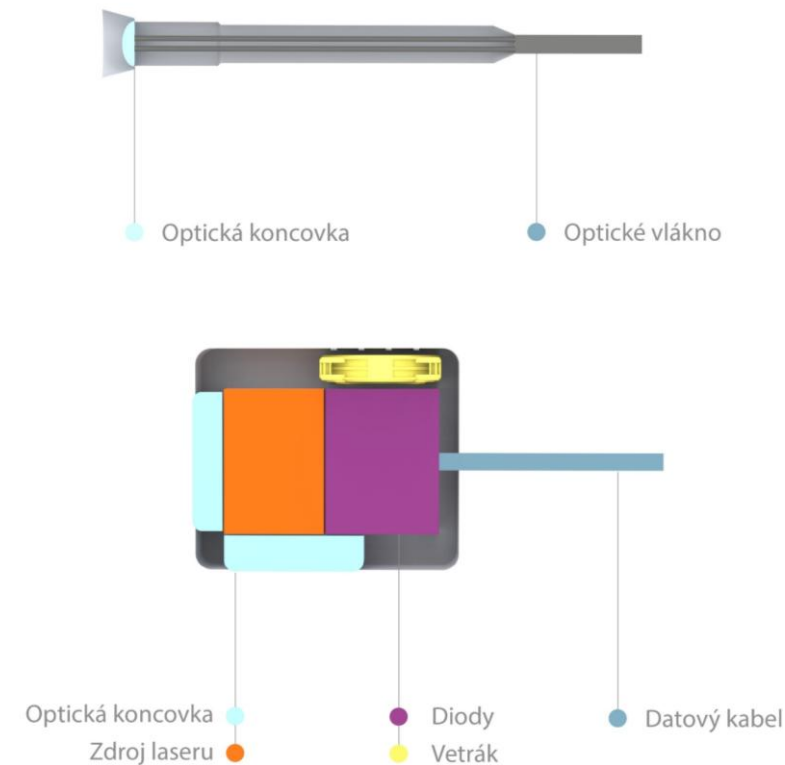
Uvnitř korpusu vozíku je umístěna baterie, která umožňuje provádění terapie i bez připojení k síťovému napájení. Baterie slouží jako záložní zdroj energie například v případě, kdy není dostupná zásuvka, kabelové připojení je příliš krátké, nebo dojde k výpadku elektrické energie. Další důležitou součástí umístěnou uvnitř vozíku je datový kabel, který zajišťuje komunikaci mezi laserovým ramenem a řídicí jednotkou. Přes tento kabel jsou předávány pokyny nezbytné pro správné nastavení a chod laserového ramene během terapie.



Obr. 5-7 Popis vnějších komponent řídicí jednotky



Obr. 5-8 Vnitřní komponenty vozíku



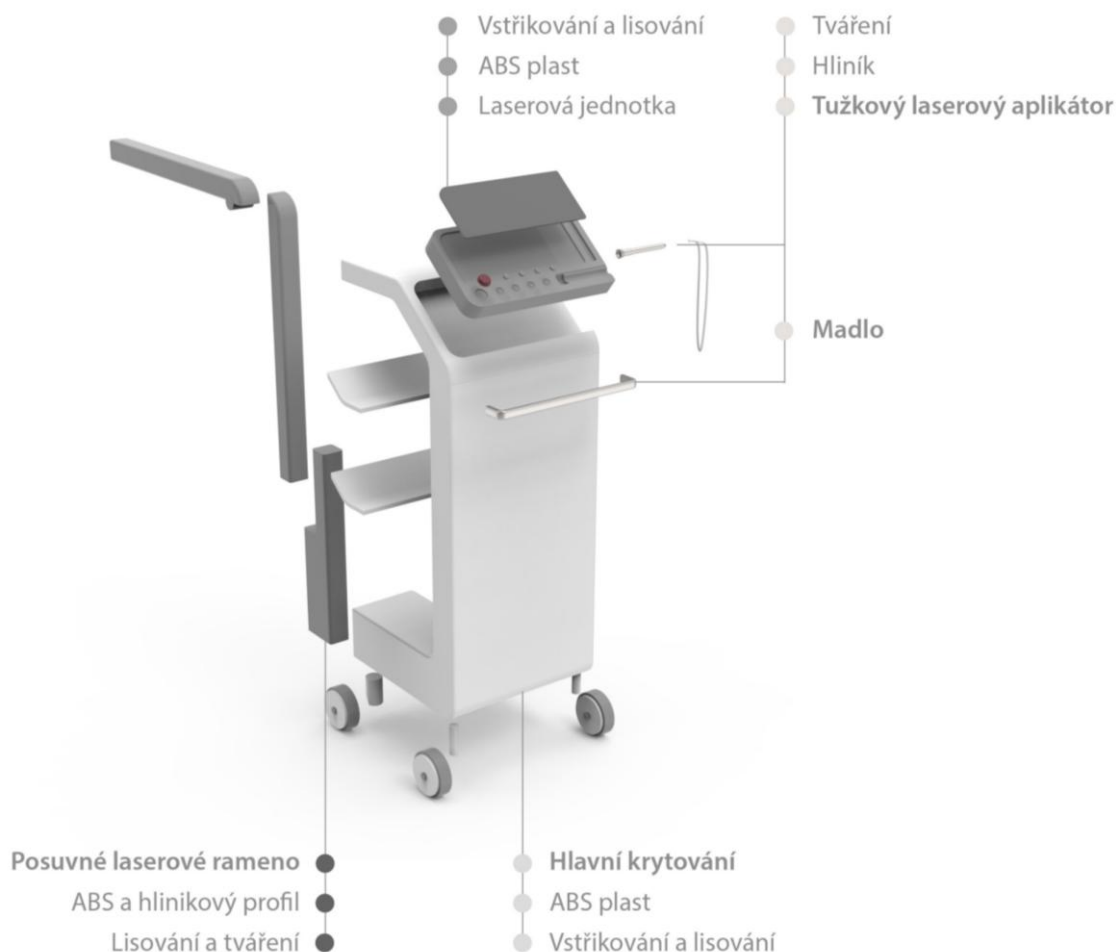
Obr. 5-9 Vnitřní komponenty emitovačů

5.2 Určení technologie výroby a materiálů

Pro realizaci terapeutického laseru byly zvoleny materiály, jejichž vlastnosti odpovídají specifickým požadavkům zdravotnického prostředí, ve kterém se přístroj používá. Hlavními kritérii při výběru materiálu byly:

- odolnost vůči každodennímu čištění a dezinfikování,
- nízká hmotnost zařízení,
- vysoká pevnost a odolnost vůči rázům a úderům,
- estetický vzhled a přizpůsobení podmínkám provozu,
- dlouhá životnost.

Hlavní a zároveň největší částí přístroje je korpus tvořen plochami materiálu jako krytováním. Pro jeho výrobu byl zvolen ABS plast, který se díky své kombinaci mechanických a chemických vlastností ideálně hodí pro použití ve zdravotnickém prostředí. Tento materiál je pevný, odolný vůči nárazům a zároveň lehký, což usnadňuje manipulaci s přístrojem. Navíc je rezistentní vůči chemickým látkám, používaným v běžných dezinfekčních prostředcích.



Obr. 5-10 Popis materiálů a výrobních procesů jednotlivých částí přístroje

Výrobní proces pro výrobu korpusu je proveden pomocí technologie vstřikování nebo lisování plastů, která umožňuje dosažení precizního tvaru a hladkého povrchu, čímž přispívá k estetickému vzhledu i snadné údržbě.

Pro části přístroje, které jsou pravidelně v kontaktu s rukou a vyžadují častou dezinfekci, byl zvolen hliník. Tento materiál se vyznačuje vysokou odolností, nízkou hmotností a snadnou údržbou, což z něj činí ideální volbu pro prvky, jako je madlo přístroje nebo tělo tužkového aplikátoru. Výroba těchto částí probíhá tvářením hliníku, což umožňuje přesné vytvoření požadovaného tvaru s minimálním odpadem materiálu. Finální úprava eloxováním nejen zlepšuje odolnost povrchu proti opotřebení, ale také mu dodává antibakteriální vlastnosti a zvyšuje jeho estetickou i funkční hodnotu.

Přístroj je vybaven laserovou jednotkou s výstupními konektory a porty, které mohou být citlivé na vlhkost a prach. Pro jejich ochranu je vhodné využít silikonové těsnění, jež se vyznačuje vysokou odolností vůči vlhkosti, nečistotám a teplotním výkyvům. Tento materiál spolehlivě chrání elektroniku před vnějšími vlivy a přispívá k prodloužení životnosti zařízení. Těsnění je vyrobeno lisováním, což umožňuje jeho přesné přilnutí k povrchu konektorů a zástrček, čímž je zajištěna maximální ochrana přístroje.

5.3 Odhad výrobních nákladů a objemu výroby

Odhadovaná cena terapeutického laseru činí přibližně 1 350 000 Kč. Tento odhad vychází z údajů získaných během dotazníkového šetření mezi fyzioterapeuty, přičemž cena zahrnuje kompletní zařízení s funkčním laserovým ramenem a posuvným vozíkem. Tato částka se řadí do vyššího cenového spektra produktů dostupných na současném trhu.

Výsledná částka zahrnuje kompletní přístroj, distribuci, servisní manuály a pravidelné servisní kontroly. Servisní inspekce jsou plánovány v intervalu jednou až třikrát ročně, případně dle potřeby, aby byla zajištěna spolehlivost a dlouhá životnost.

Nejvhodnější ekonomický model pro výrobu tohoto zařízení je produkce ve středním objemu v rozsahu 1 000 až 3 000 kusů ročně. Díky distribuci v rámci EU a celosvětově by bylo možné maximalizovat jeho tržní potenciál.

6 DETAILNÍ NÁVRH

Tato kapitola se věnuje popisu finálního návrhu terapeutického laseru. Postupně budou rozebrány klíčové aspekty návrhu jako je vzhled, ergonomie, konstrukce, bezpečnost a další související aspekty. Cílem je představit ucelený pohled na výsledné řešení a jeho jednotlivé prvky. Závěr kapitoly obsahuje návrh logotypu vytvořeného speciálně pro tento výrobek a také alternativní barevná provedení.

6.1 Tvarové řešení

Hlavní vizuální styl finálního návrhu vychází z konceptu předběžného návrhu, avšak během procesu navrhování došlo k několika významným úpravám. Jednou z nejzásadnějších změn byla úprava konstrukce ramene, která je podrobně popsána v podkapitole 6.2. zaměřené na konstrukční řešení přístroje. Další výrazná změna se týkala zadní části korpusu, jehož tvarování bylo upraveno tak, aby vyhovovalo ergonomickým požadavkům pro pohodlné a bezpečné používání. Uzavřený korpus přispívá nejen k jednotnému a elegantnímu vzhledu přístroje, ale zároveň zajišťuje ochranu komponent umístěných uvnitř konstrukce. Díky tomu je zařízení odolnější a uzavřené úložné prostory poskytují větší bezpečnost pro odložené předměty, jelikož nehrozí jejich vypadnutí ani při silných otřesech nebo prudkém pohybu.

Jedním z charakteristických prvků korpusu je jeho boční profil, který je částečně zasunutý dovnitř zařízení. Navržený detail vznikl jako reakce na relativně malý počet vnitřních součástí, což umožnilo konstrukci opticky odlehčit a dodat jí elegantnější vzhled.

Celkový tvar zařízení je navržen tak, aby neobsahoval výrazně vyčnívající části ani ostré hrany, které by mohly být při používání nepohodlné nebo nebezpečné. Štíhlé a vertikálně orientované proporce korpusu dodávají zařízení vyvážený a moderní vzhled a zajišťují jeho pohodlné začlenění do nemocničního prostředí.



Obr. 6-1 Tvarové řešení finálního návrhu

Podstava představuje důležitou součást zařízení jak z konstrukčního, tak i z estetického hlediska. Jejím hlavním úkolem je zajistit stabilitu celého přístroje a zároveň umožnit jeho snadný přesun v rámci místnosti. Díky širokému rozmístění koleček a robustnímu provedení základny je zařízení dostatečně stabilní během provozu a manipulace. Spodní strana podstavy byla navíc konstrukčně posílena vzorem tvořeným soustavou překřížených prvků. Vytvořená pravidelná geometrická síť zvyšuje pevnost a stabilitu celé základny, čímž přispívá k její odolnosti vůči mechanickému zatížení. Tento prvek zároveň napomáhá odlehčení jinak poměrně robustní konstrukci podstavy.

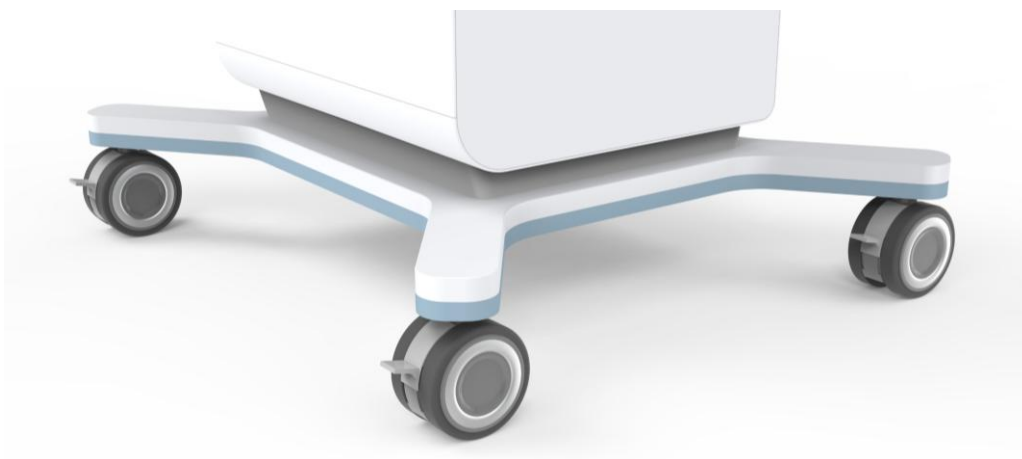


Obr. 6-2 Vzor na spodní straně podstavy

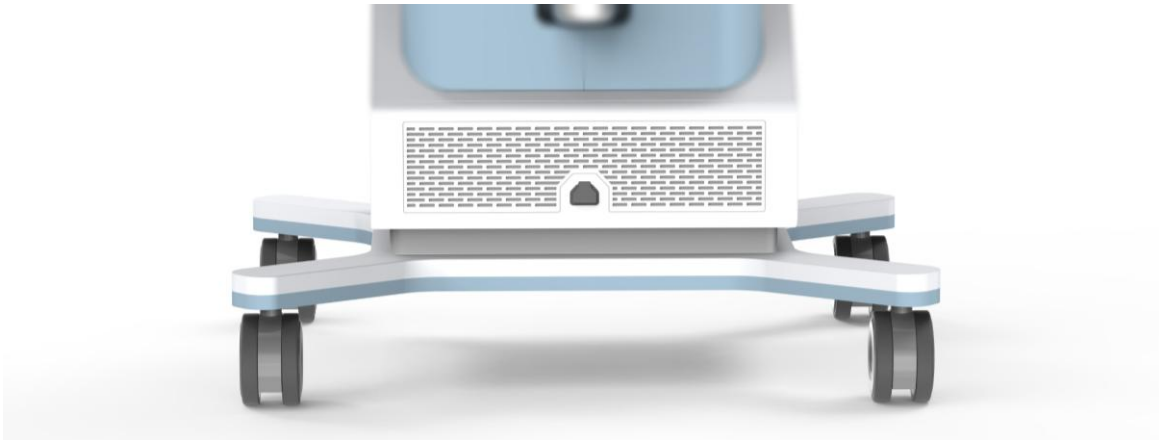
Z hlediska vizuálního sjednocení byla podstava navržena tak, aby barevně navazovala na zbytek přístroje. Kombinace dvou hlavních barev použitých na korpusu zařízení vytváří harmonický a kompaktní vzhled. Zvolený barevný detail zajišťuje, že podstava nepůsobí jako samostatný prvek, ale jako součást celkového designu výrobku.

Podstava je osazena čtyřmi kolečky, která zajišťují plynulý a snadný pohyb zařízení. Díky vhodně zvolené velikosti a použitým materiálům zároveň účinně tlumí rázy, což přispívá k pohodlné a bezpečné manipulaci. Pro zajištění stability během používání je každé kolečko vybaveno samostatnou brzdou, která umožňuje zařízení bezpečně zajistit na požadovaném místě například při provádění terapie nebo uskladnění přístroje.

Pro obohacení vzhledu mají kolečka kovové prvky umístěné na jejich bočních stranách. Tento detail navazuje na vzhled ostatních částí zařízení, které rovněž obsahují kovové komponenty, a přispívá tak k celistvému a sjednocenému vizuálu.



Obr. 6-3 Pohled na kolečka



Obr. 6-4 Větrání a napájecí konektor

Na zadní straně korpusu, těsně nad podstavou se nachází větrací otvory a hlavní napájecí konektor. Pro snadný přístup ke kabelu byl konektor umístěn do středu zadní plochy. Za účelem vizuálního propojení obou prvků bylo tvarování větrací mřížky navrženo tak, aby v oblasti kolem napájecího konektoru navazovalo na jeho tvar. Díky tomu působí oba funkční prvky jako kompaktní a vzájemně provázaný celek.

Větrání zajišťuje regulaci vnitřní teploty korpusu, která může stoupat zejména v důsledku zahřívání baterie umístěné ve spodní části zařízení (blíže popsáno v podkapitole 6.2.). Samotná větrací mřížka využívá jednoduchý vzor tvořený zaoblenými obdélníky, který podtrhuje čistý a moderní vzhled celého přístroje.



Obr. 6-5 Úložný prostor

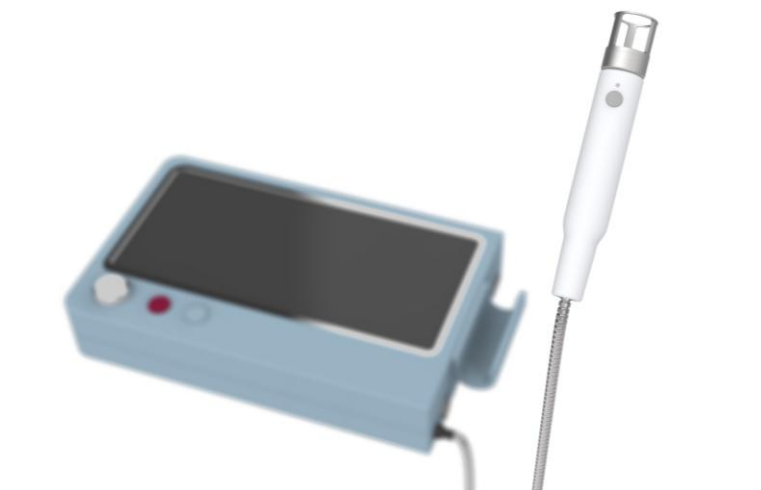
Na přední straně zařízení se nachází úložný prostor tvořený čtyřmi zásuvkovými díly. Horní dvě zásuvky mají nižší výšku, což bylo zvoleno záměrně s cílem vizuálně odlehčit hlavní pohled a dodat zařízení originální a vyvážený vzhled. Otevírání zásuvek je řešeno pomocí jednoduchých otvorů umístěných na čelní hraně úložného prostoru. Jejich tvar navazuje na obrys samotných zásuvek a podporuje vizuální jednotu celkového vzhledu.

Barevné provedení zásuvek se záměrně liší od zbytku korpusu, a to zejména proto, že čelní strana zařízení tvoří jednolitou světlou plochu. Zvolený jemný kontrast mezi zásuvkami a přední částí korpusu vytváří plynulý přechod mezi tělem zařízení a úložným prostorem, aniž by narušil jednoduchost přední hrany přístroje.



Obr. 6-6 Madlo

Dalším funkčním prvkem umístěným v přední části zařízení je madlo, které díky svému tvarování slouží nejen k manipulaci se zařízením, ale také k odkládání drobných předmětů, jako jsou klíče nebo mobilní telefon. Konstrukce madla plynule vystupuje z těla přístroje a tvoří přirozeně integrovaný detail, který nevyžaduje žádné dodatečné montážní prvky. Madlo je řešeno jako tvarové vybrání ve vystouplé části korpusu, přičemž neprochází skrz materiál. Toto řešení přispívá k čistému vzhledu přední strany přístroje bez ostrých hran a zároveň zajišťuje potřebnou konstrukční pevnost. Při bočním pohledu pak tvarování madla plynule navazuje na elegantní křivky celého zařízení.



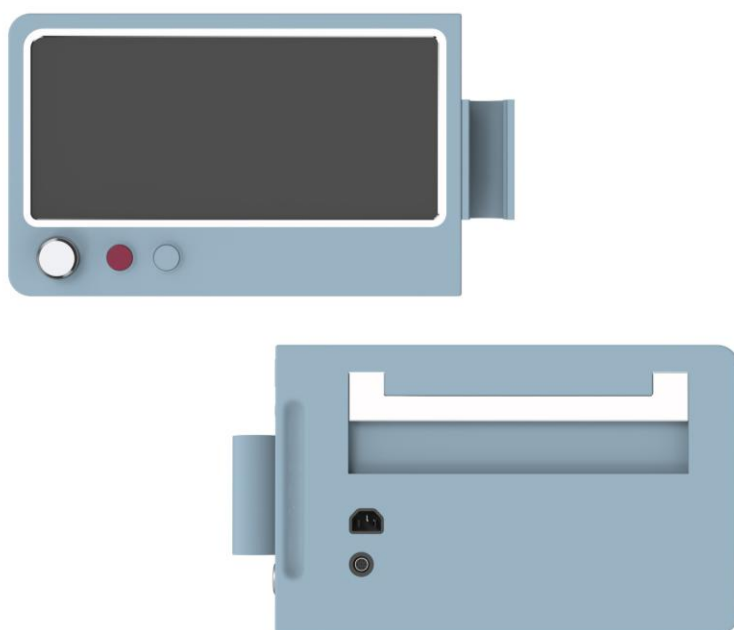
Obr. 6-7 Ruční aplikátor a optický kabel

Jednou z nejdůležitějších částí zařízení je laserová jednotka, která zajišťuje řízení celého přístroje a zároveň propojuje ruční aplikátor se zdrojem laserového záření pomocí optického kabelu. V případě nečinnosti lze aplikátor odložit do držáku umístěného na pravé straně jednotky. Držák je navržen tak, aby bylo možné aplikátor pohodlně vložit jednou rukou. Pružnost použitého materiálu zároveň zajišťuje jeho pevné a bezpečné uchycení.

Tvar ručního aplikátoru je navržen s ohledem na celkový vizuální styl zařízení. Přibližně ve třech čtvrtinách své výšky se aplikátor dělí na dvě části, které se odlišují použitým materiálem. Horní část je ze světlého plastu, stejného jako na korpusu zařízení, zatímco spodní část je kovová. Pro zajištění pohodlného úchopu jsou po stranách aplikátoru umístěny jemně vystouplé kulaté plochy, které napomáhají pohodlnému držení při dlouhodobém použití. Na horní straně aplikátoru se nachází spouštěcí tlačítko pro aktivaci laserového záření, vedle kterého je umístěna signalizační dioda. Při spuštění laseru se dioda rozsvítí a slouží jako vizuální upozornění na probíhající emisi.



Obr. 6-8 Tvarování ručního aplikátoru



Obr. 6-9 Pohledy na jednotku

Tvar laserové jednotky vychází z jednoduchého obdélníku s jemně zaoblenými hranami. Minimalistické řešení bylo zvoleno záměrně, neboť jednotka je většinu času připojena k poměrně výrazně tvarovanému korpusu vozíku. Na přední straně se nachází dotykový displej o velikosti 12 palců, orámovaný kovovým rámečkem a ovládací prvky, které jsou soustředěny do levé části jednotky. Toto uspořádání bylo zvoleno záměrně, neboť pravá strana působí vizuálně masivněji kvůli držáku a aplikátoru v něm odloženém. Přesunutím ovládacích prvků dochází k dosažení vizuální rovnováhy čelní strany jednotky.

Na zadní straně jednotky se nachází konektory a výklopný prvek, který v případě samostatného použití laserové jednotky na rovné ploše umožňuje její mírné naklonění, a tím zajišťuje lepší čitelnost displeje. Součástí zadní hrany je také jemné obdélníkové vybrání v materiálu, které slouží jako otvor pro vložení prstů při odpojování jednotky od korpusu vozíku (viz podkapitola Ergonomické řešení 6.3.).



Jedním z nejdůležitějších prvků je laserové rameno umístěné na zadní straně zařízení. Pro uložení ramene je v korpusu vyhrazeno podélné vybrání, které umožňuje ho bezpečně vložit při jeho nečinnosti. Dané řešení bylo zvoleno jak z estetických, tak z bezpečnostních důvodů. V zasunutém stavu rameno opticky splývá s tělem zařízení a přispívá k čistému a vyváženému vzhledu, zejména při bočním pohledu, jelikož jen minimálně přesahuje obrys korpusu. Zároveň je tak rameno chráněno před poškozením během transportu nebo při delším skladování.

Tvarování ramene vychází z jednoduché pravoúhlé geometrie se zaoblenými hranami. Jednotlivé části ramene mají čisté linie, které nepůsobí rušivě a přirozeně splývají se zařízením. Na koncích obou článků ramene se nacházejí kovové kloubové spoje, které umožňují flexibilní nastavení hlavice a zároveň podporují celkový minimalistický vzhled přístroje.



Obr. 6-10 Laserová hlavice uložená v korpusu

Druhým zdrojem laserového záření je hlavice umístěná na konci flexibilního ramene. Ve složené poloze je bezpečně usazena v zadní části korpusu v prostoru určeném pro uložení ramene. Tvar hlavice vychází z válcové geometrie, která odkazuje na zaoblenou optickou koncovku jako na nejdůležitější funkční část celého prvku. Vizualní řešení tak podporuje logickou návaznost mezi tvarem a funkcí.

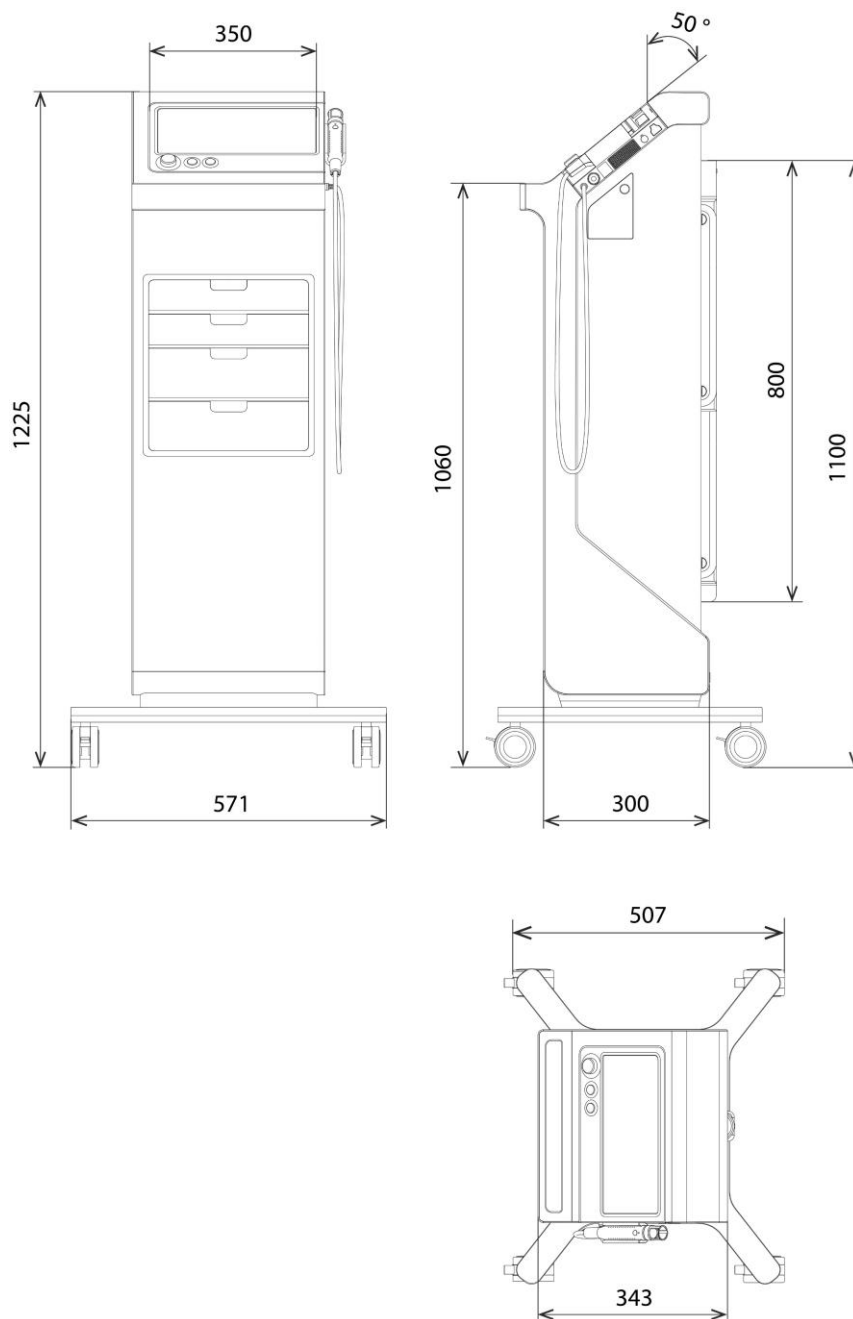
Na přední straně hlavice se nachází tlačítko pro spuštění laserového záření. Z druhé strany jsou umístěny větrací otvory, které napomáhají odvádět přebytečné teplo z vnitřního prostoru (viz podkapitola Technické řešení 6.2.). Tvar větracích otvorů odpovídá motivu větracích otvorů použitému na boční straně jednotky i na korpusu vozíku, čímž se posiluje celková vizuální identita zařízení.



Obr. 6-11 Polohovatelná laserová hlavice

6.2 Konstrukční řešení

Celkové rozměry výrobku odpovídají ergonomickým a technickým požadavkům kladeným na funkčně a uživatelsky přívětivé uspořádání zařízení. Oproti předběžnému návrhu byla optimalizována výška přístroje a také výška madla.

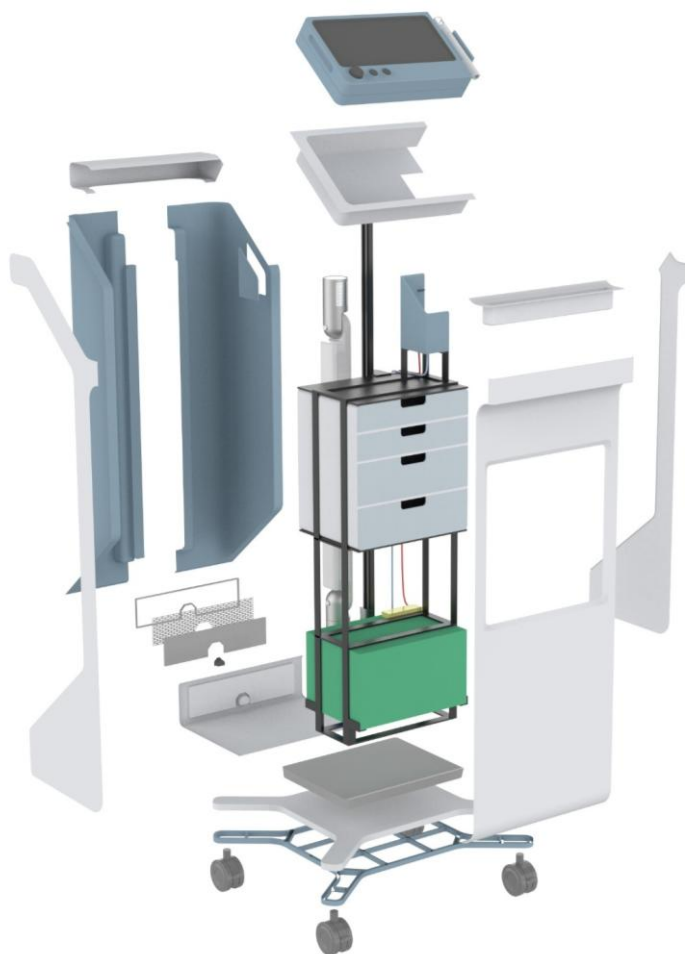


Obr. 6-12 Rozměrové řešení

6.2.1 Konstrukce a vnitřní komponenty

Vnitřní komponenty zůstávají obdobné jako v předběžném návrhu, avšak v rámci konstrukce zařízení došlo k několika změnám. Tyto úpravy se týkaly především úložného prostoru a konstrukce ramene. V následujících podkapitolách budou jednotlivé změny podrobně popsány.

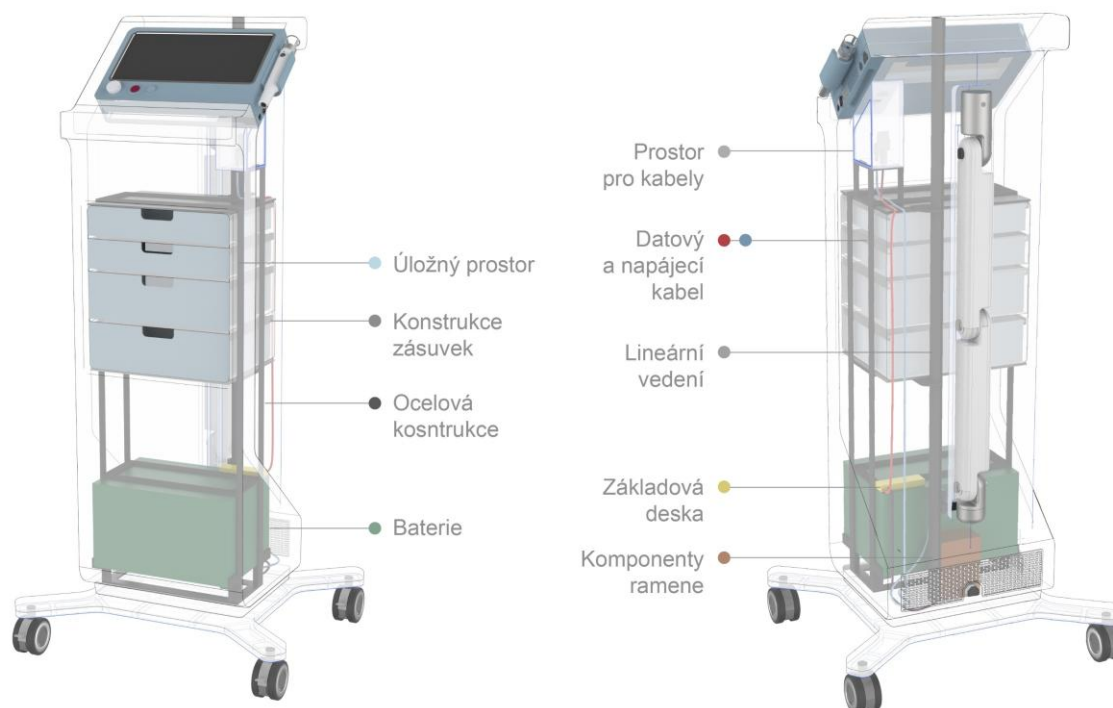
6.2.2 Vozík



Obr. 6-13 Schématický rozpad vozíku na jednotlivé díly

Zařízení je postaveno na základně, která propojuje rám vozíku s kolečky nesoucími celou konstrukci. Kolečka jsou plně otočná, což zajišťuje dobrou manévrovatelnost, a pro zvýšení bezpečnosti je každé z nich vybaveno samostatnou brzdou. Nosná konstrukce je umístěna pod plně rozebíratelným krytem. Jednotlivé části krytu je možné demontovat a znovu sestavit bez složitých zásahů. Díky přesnému lícování, přítomnosti spár mezi panely a kombinaci skrytých šroubových a zacvakávacích prvků je celý proces rychlý a technický nenáročný.

Hlavní korpus vozíku je vyroben z ABS plastu, který je díky svým mechanickým a chemickým vlastnostem vhodný pro použití ve zdravotnickém prostředí. Vzhledem ke složitosti konstrukce je korpus rozdělen do několika segmentů, aby byl zajištěn rychlý přístup k vnitřním komponentům a umožněn pohodlný servis přístroje. S ohledem na tvarovou složitost jednotlivých částí korpusu je pro jejich výrobu vhodná technologie vstřikování plastu.



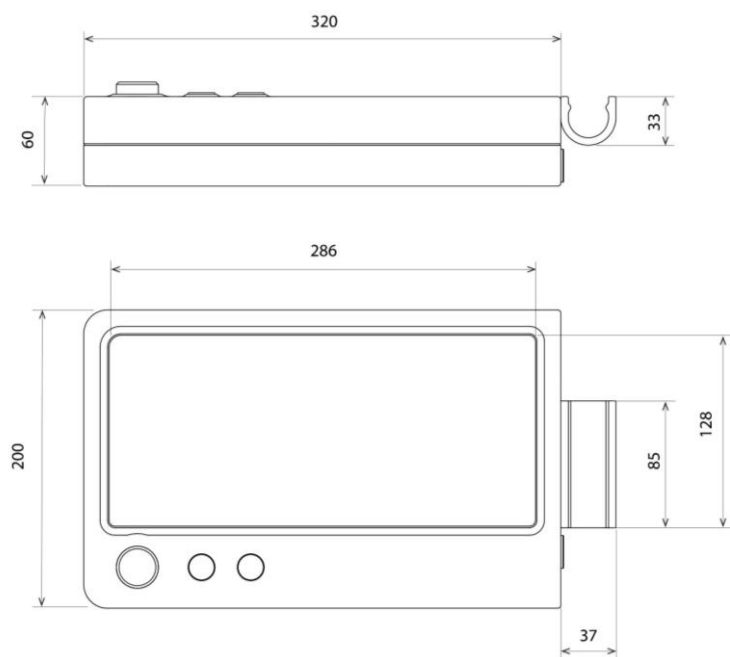
Obr. 6-14 Vnitřní komponenty vozíku

Veškeré komponenty zařízení jsou upevněny na vnitřní hliníkové konstrukci, která slouží ke zpevnění korpusu a zajištění celkové stability přístroje. Vnitřní uspořádání komponent vozíku je navrženo s ohledem na přístupnost jednotlivých částí vyžadujících pravidelnou obsluhu nebo servis. Pro zajištění vhodného těžiště zařízení byl využit volný prostor ve spodní části korpusu, kam byla umístěna baterie. Její hmotnost přispěla k lepšímu vyvážení celého systému. V zadní části zařízení jsou umístěny komponenty sloužící ke správné funkci ramene, které budou podrobněji popsány v následující podkapitole.

Ve střední části korpusu jsou umístěny úložné prostory ve formě výsuvných zásuvek. Úložné prostory jsou zevnitř upevněny ke korpusu pomocí vodicích lišt, po kterých se plynule vysouvají za použití integrovaných úchytů.

Na levé straně zařízení při pohledu zezadu se nachází veškerá kabelová připojení. Umístění na této straně bylo zvoleno záměrně, neboť v této části je volný prostor, který umožnil bezpečné vedení kabelů bez rizika jejich zamotání uvnitř korpusu.

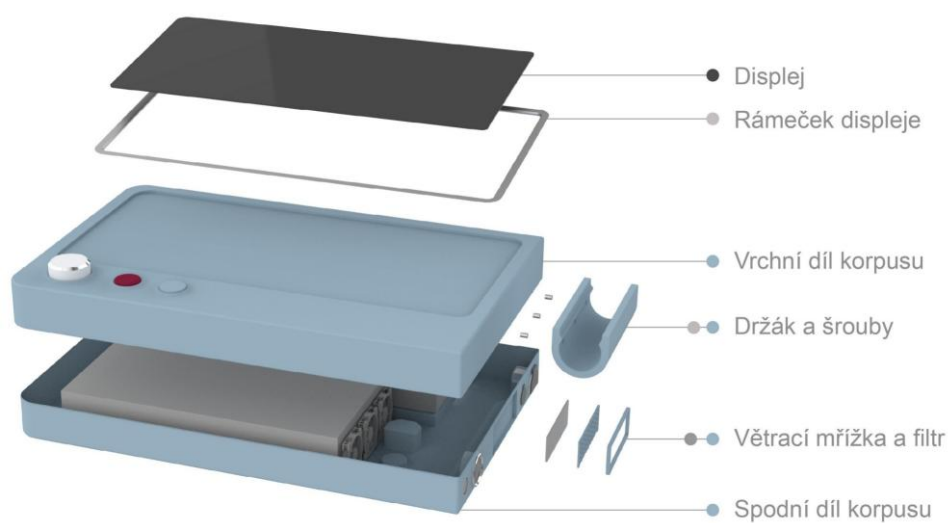
6.2.3 Laserová jednotka a aplikátor



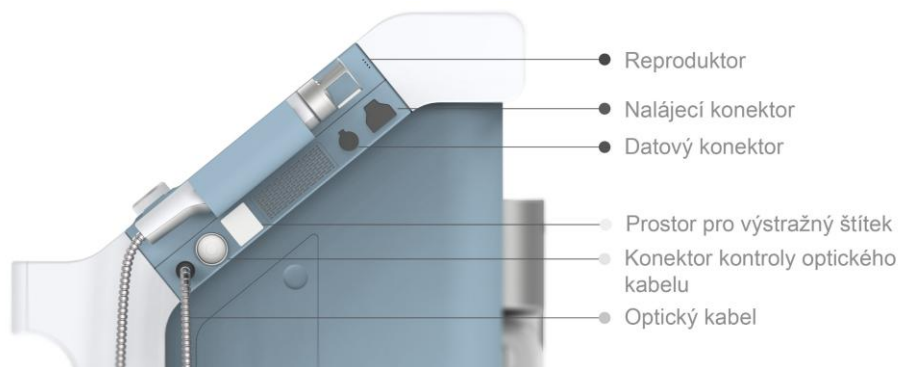
Obr. 6-15 Výkres laserové jednotky

Tvarování korpusu laserové jednotky vychází z jednoduchého obdélníku a obsahuje pouze nejdůležitější prvky nezbytné pro fungování zařízení. Na přední straně se nachází dotykový displej a ovladače. Na pravé straně jednotky je integrován držák určený k odložení laserového aplikátoru.

Korpus jednotky je vyroben z ABS plastu. Vzhledem k nižší tvarové náročnosti tohoto dílu je pro jeho výrobu vhodné využít cenově dostupnější metodu lisování plastu. Spojení držáku s korpusem je řešeno pomocí šroubků, které se upevňují k hornímu plastovému krytu jednotky.



Obr. 6-16 Schématický rozpad jednotky na jednotlivé díly



Obr. 6-17 Popis komponent laserové jednotky

Hlavní konektory laserové jednotky jsou přístupné z pravé strany. Jsou navrženy tak, aby jednotka byla plně funkční jak při připojení k vozíku, tak i při samostatném použití. Na stejné straně se rovněž nachází výstup reproduktoru, který slouží jako jeden z hlavních bezpečnostních prvků přístroje.

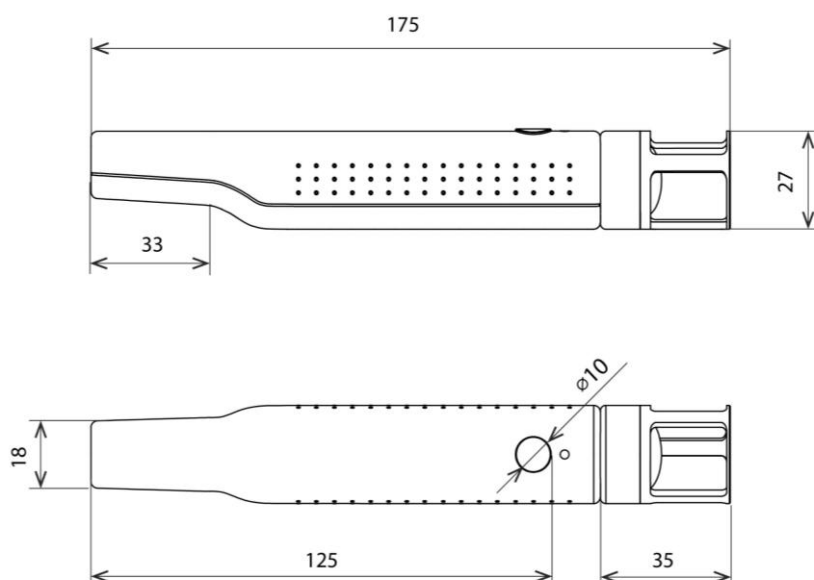
Mezi konektory umístěnými na pravé straně jednotky patří napájecí konektor a konektor pro datový kabel, přičemž oba jsou opatřeny pryžovým těsněním pro případ, kdy nejsou aktuálně využívány. Tyto konektory slouží výhradně pro samostatný provoz jednotky mimo vozík, a proto je důležité, aby byly během nečinnosti chráněny před prachem a vlhkostí. Většinu času je však jednotka připojena k vozíku, a v takovém případě je propojení zajištěno pomocí konektorů umístěných na její zadní straně (viz Obr. 6-29, Obr. 6-32).

Dalším konektorem je vstup pro optický kabel, vedle kterého se nachází kontrolní otvor pro ověření správné funkce aplikátoru. Pro servisní účely je třeba jednou za čas provést kalibraci světla přenášeného z laserového zdroje do optické koncovky. Pro ověření intenzity záření stačí odejmout distanční nástavec z aplikátoru, zasunout jej do kontrolního otvoru a spustit emisi. Ověří se tak shoda mezi skutečně emitovanou intenzitou a nastavenou hodnotou.

Na korpusu se dále nachází ventilační mřížka s filtrem, která pomáhá k odvádění tepla z vnitřního prostoru přístroje. Uvnitř jsou umístěny ventilátory, a proto je nezbytné, aby měl korpus dostatečné větrací otvory. Pro zachování funkčnosti chlazení je nutné filtr v pravidelných intervalech vyjmout a mechanicky vyčistit.

Ostatní vnitřní komponenty laserové jednotky odpovídají řešení použitému v předběžném návrhu (viz Obr. 5-7).

Ruční aplikátor je navržen jako kompaktní a konstrukčně jednoduchý prvek. Jeho hlavní funkcí je přenos laserového paprsku z optického kabelu do výstupní optické koncovky. Vzhledem k této specifické funkci neobsahuje aplikátor žádné nadbytečné elektronické části, což přispívá k jednoduchosti tvarování a nízké hmotnosti (viz Obr. 5-9).



Obr. 6-18 Výkres aplikátoru s nástavcem

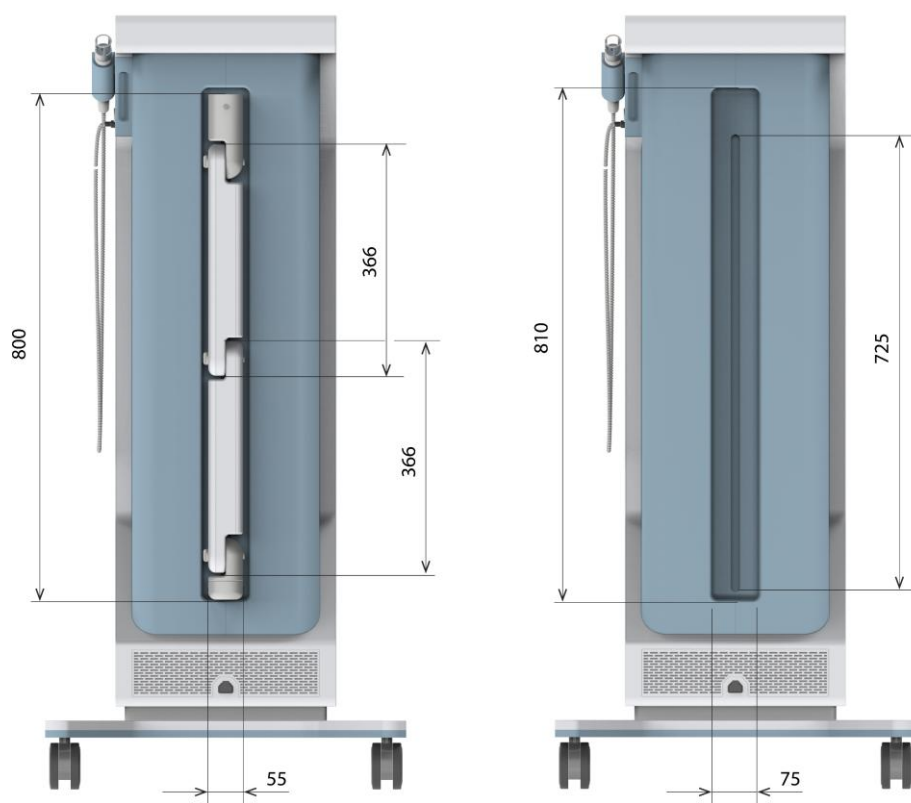
Konstrukce aplikátoru je navržena tak, aby umožňovala snadné připojení různých distančních nástavců, které se používají v závislosti na typu zákroku nebo požadované vzdálenosti od povrchu kůže. Pro upevnění nástavců je využit závitový spoj, který umožňuje jejich rychlé a bezpečné připojení i odpojení bez potřeby náradí nebo větší síly. Zvolený způsob uchycení je zároveň dostatečně pevný a zajišťuje stabilní polohu nástavce v průběhu terapie.

Pro ochranu optického kabelu bylo zvoleno prodloužení korpusu aplikátoru, což zajišťuje, že se optický kabel neohýbá přímo v místě svého výstupu z těla aplikátoru. Optické vlákno je citlivé na ohyby, a proto bylo při návrhu zvoleno takové řešení, které zajišťuje jeho bezpečné a plynulé vedení bez rizika poškození.



Obr. 6-19 Aplikátor s distančním nástavcem

6.2.4 Laserové rameno

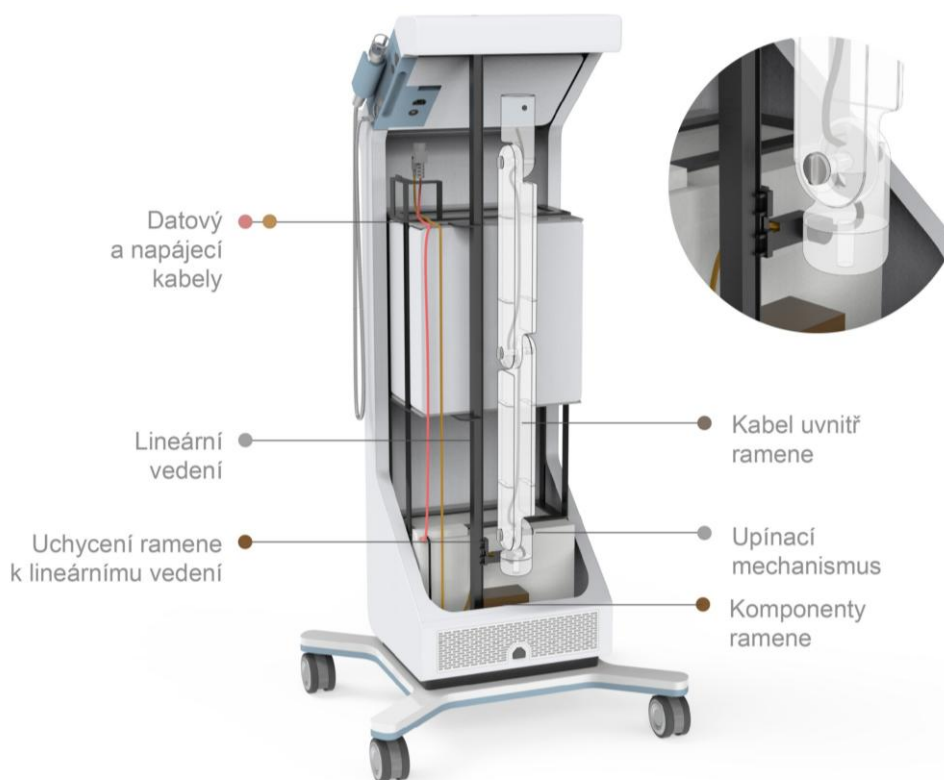


Obr. 6-20 Výkres ramene

Laserové rameno je umístěno v zadní části přístroje, kde je pro něj vytvořeno vybrání v materiálu korpusu. Toto vybrání slouží k bezpečnému odložení ramene a zároveň esteticky zakrývá část jeho konstrukce. Rameno je díky tomuto vybrání zapuštěno do přístroje přibližně ze čtvrtiny své šířky (viz Obr. 6-17, Obr. 6-32).

Vertikální posuv ramene probíhá v drážce o délce 725 mm, která je umístěna na zadní straně otvoru určeného pro vkládání ramene. Nastavitelný výškový rozsah, který tato drážka umožňuje, plně odpovídá požadavkům na terapeutické polohy definované v rámci provedené rozměrové analýzy. Přesný pohyb je zajištěn pomocí lineárního vedení, které se nachází uvnitř korpusu. Rameno je s vedením pevně propojeno prostřednictvím dvoubodového uchycení, které zajišťuje dostatečnou stabilitu i při maximálním vysunutí.

Napájecí a datový kabel je do ramene přiváděn z laserové jednotky a baterie. Do těla ramene vstupuje v místě těsně vedle spojení konstrukce ramene s lineárním vedením, jak je detailněji znázorněno na následujícím obrázku.

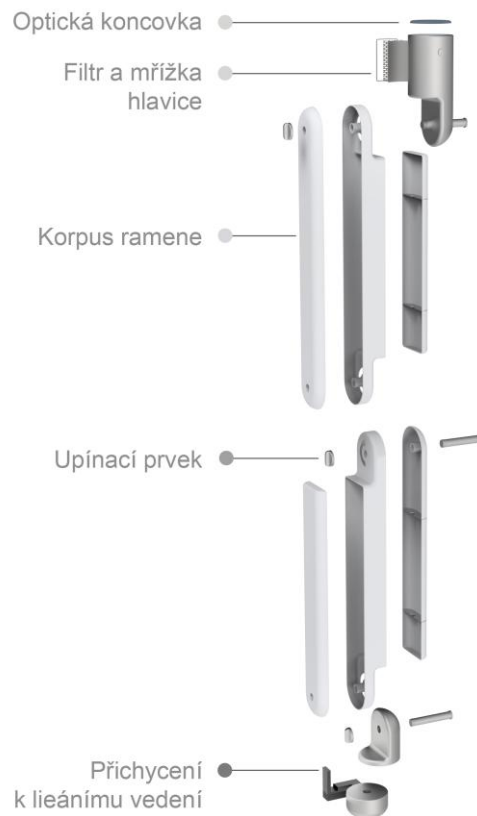


Obr. 6-21 Vnitřní komponenty ramene – pohled bez zadního krytu

Konstrukce ramene je jednoduchá a díky malému počtu vnitřních komponent není zapotřebí dodatečná výztužná struktura, což přispívá k snadné manipulaci a menší hmotnosti. Korpus ramene je rozebíratelný na několik samostatných částí vyrobených z ABS plastu. Jednoduché tvary plastových částí umožňují jejich výrobu technologií lisování, což představuje ekonomicky výhodné řešení a zároveň usnadňuje případnou výměnu jednotlivých dílů.

Naopak vysoce zatížené části, jako je spodní kloub ramene a laserová hlavice, jsou zhotoveny z kovu. Spodní kloub slouží jako nosný bod celého ramene, a proto musí odolávat opakovanému mechanickému zatížení při nastavování polohy. Laserová hlavice pak představuje technicky citlivou a zároveň hodnotnou součást zařízení, proto kovové provedení je vhodnější a zajišťuje ochranu před nárazy. Vnitřní komponenty laserové hlavice odpovídají řešení v předběžném návrhu (viz Obr. 5-9).

Pohyb ramene je zajištěn třemi klouby, které umožňují plynulé nastavení polohy a dostatečnou flexibilitu při terapeutických zákrocích. Polohu ramene lze snadno nastavit ručně, přičemž během terapie dochází k mírnému automatickému pohybu laserové hlavice, který slouží ke skenování zvolené oblasti. Otáčení ramene probíhá ve spodním kloubu a jeho maximální rozsah činí 95° (viz Obr. 6-40).



Obr. 6-22 Rozpad korpusu ramene

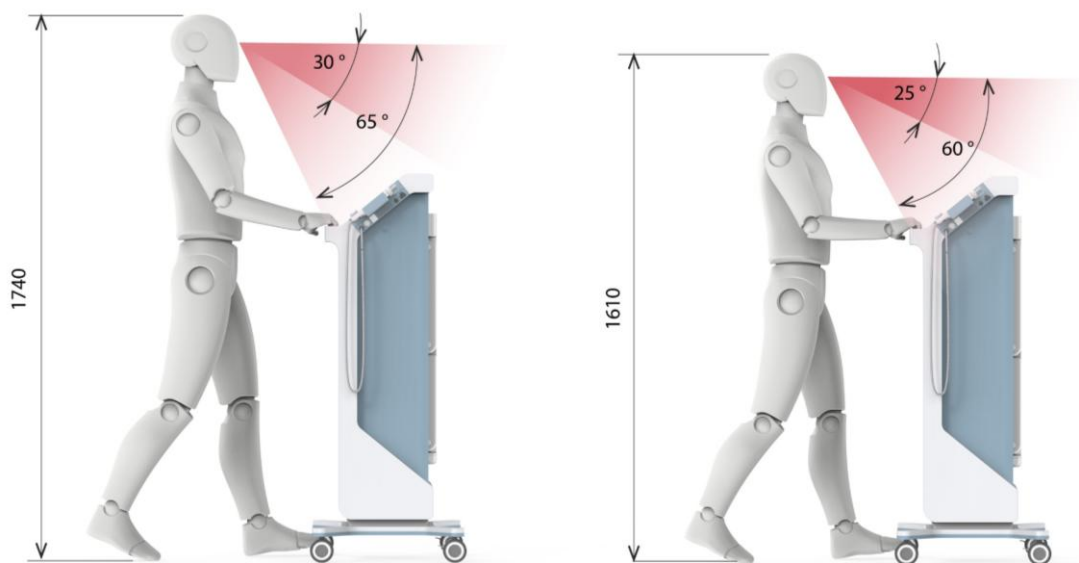
Nastavení různých výškových poloh ramene probíhá jemným zatlačením na část ramene a následným vysunutím jednou rukou směrem nahoru nebo dolů. Uvnitř korpusu je umístěn mechanismus, který reaguje na změnu tlaku a umožňuje uvolnění nebo zajištění výškové pozice ramene. Po nastavení požadované výšky lze rameno dodatečně zafixovat pomocí upínacího prvku s přítlačným čepem, který zajišťuje jeho stabilní polohu. Za běžných podmínek není tento krok nutný, ale při známkách uvolnění kloubového spoje lze tímto způsobem zvýšit celkovou tuhost konstrukce.



Obr. 6-23 Postup polohování ramene

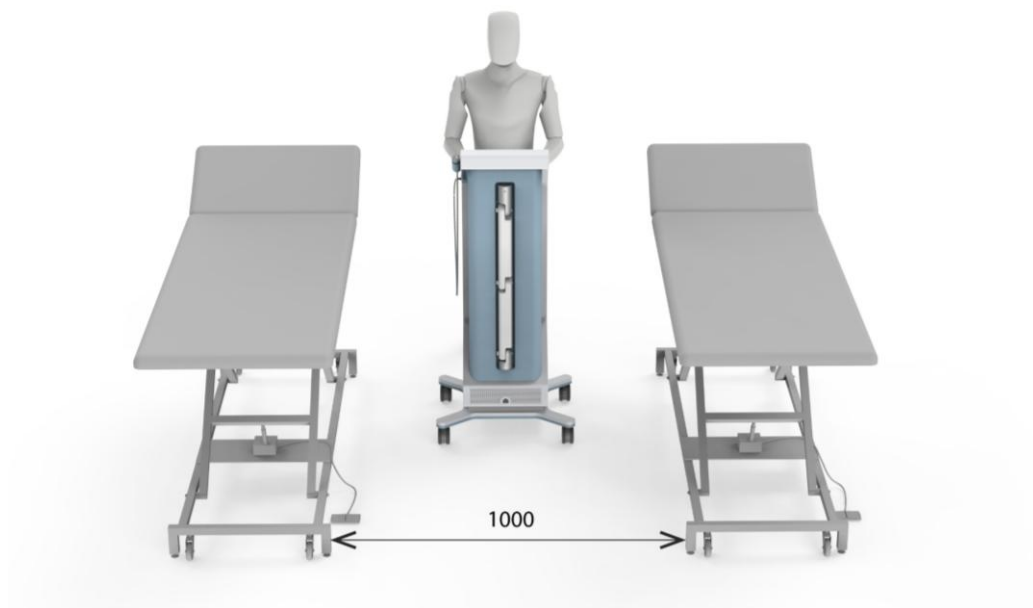
6.3 Ergonomické řešení

Z ergonomických požadavků vycházela značná část návrhových rozhodnutí, což mělo přímý dopad na konečný vzhled zařízení. Relevantní požadavky byly získány zejména prostřednictvím hloubkových rozhovorů s fyzioterapeuty, kteří sdíleli své praktické zkušenosti z každodenní práce. Získané poznatky byly při návrhu respektovány a promítly se například do počtu ovládacích prvků, přístupu k laserovému rameni nebo způsobu jeho manipulace. Návrh zároveň zohledňuje i obecné ergonomické a rozměrové standardy, které by měl splňovat přístroj určený k manuální obsluze člověkem.[53]



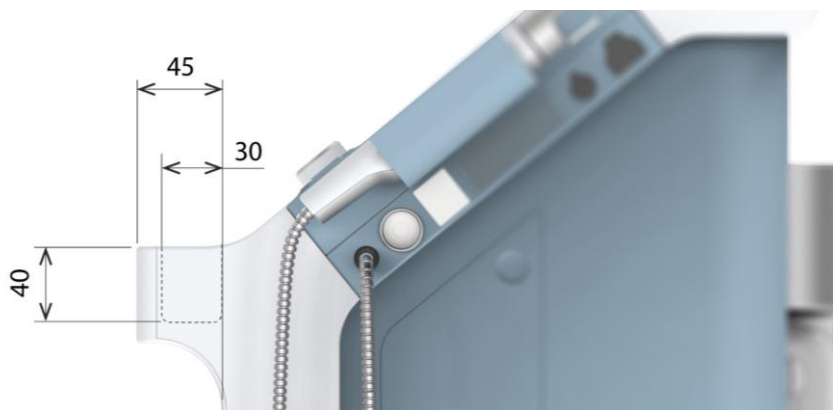
Obr. 6-24 Zorné pole při manipulaci s přístrojem, postava 50P muže a 50P ženy

Základním pracovním procesem se zařízením je přesun a manipulace v prostoru ordinace. V průběhu této činnosti je důležité mít přehled o okolním prostředí, aby nedošlo k poškození přístroje nárazem do nábytku nebo jiných předmětů umístěných v interiéru. Navržená výška laseru zajišťuje pro uživatele ve stoje dostatečný úhel zorného pole a tím i přehled o prostoru před zařízením, což přispívá k bezpečnější manipulaci (viz Obr. 6-14).



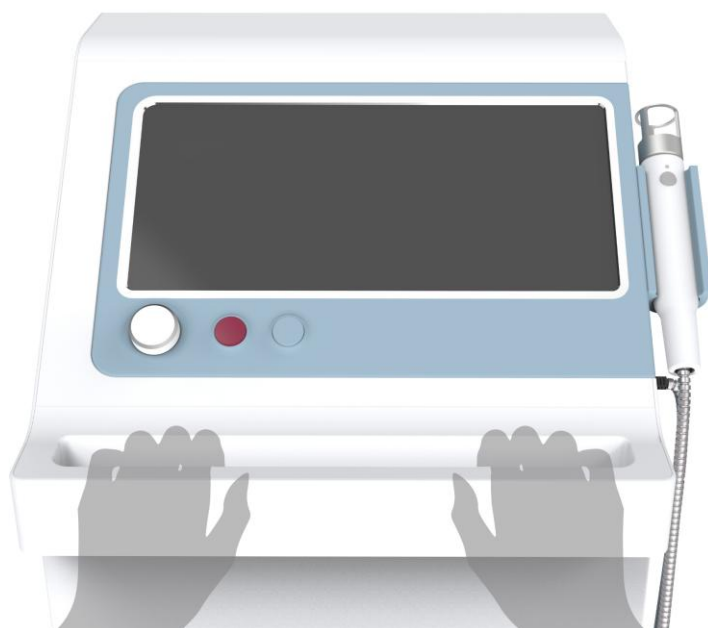
Obr. 6-25 Manipulační prostor

Pohodlná manipulace zároveň vyžaduje dostatečné rozestupy mezi objekty a odpovídající šířku průchodů. S ohledem na rozměry zařízení by měl být volný prostor mezi předměty alespoň jeden metr. Při dodržení těchto podmínek lze předejít kolizi přístroje s okolními objekty a zajistit jeho plynulý a bezpečný průjezd prostorem.



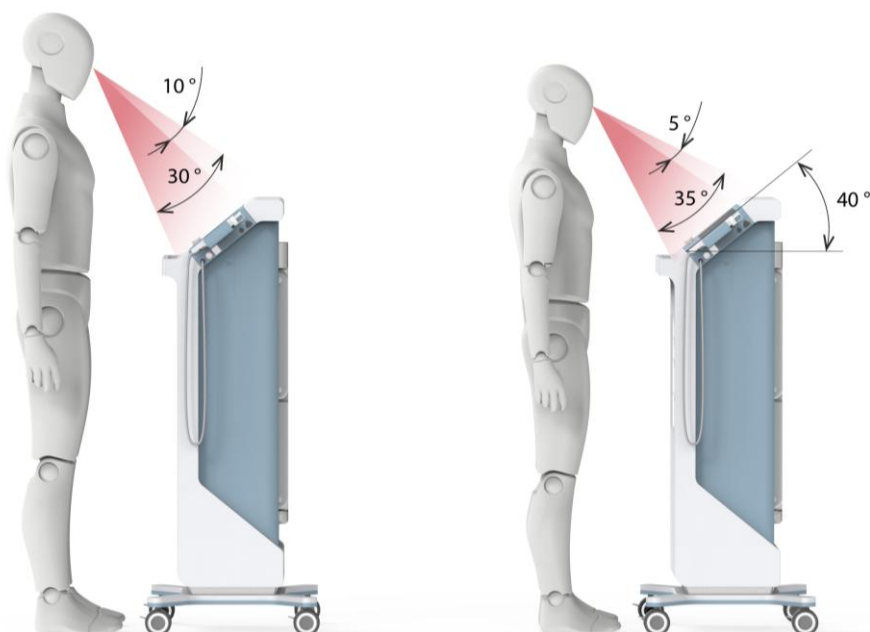
Obr. 6-26 Výkres madla

Rozměry madla umožňují snadné vložení prstů do otvoru a zajišťují tak pohodlný a pevný úchop. Jeho hloubka je dostatečná také k odložení drobných předmětů, jako jsou klíče nebo telefon. Oblast pro úchop má zaoblené hrany, které zvyšují uživatelský komfort a zabraňují nepříjemnému tlaku na dlaně. Je zároveň dostatečně široké pro držení přístroje oběma rukama současně, což zajišťuje rovnoměrný tlak a zabraňuje nežádoucímu otáčení přístroje při manipulaci.

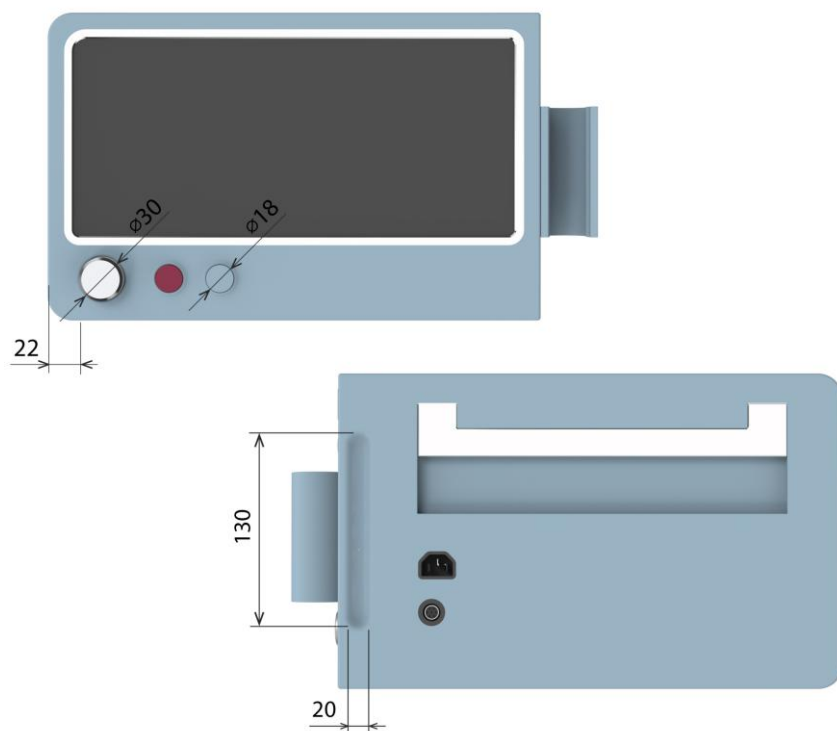


Obr. 6-27 Úchop madla

Řídicí modul umístěný v horní části zařízení je uložen v korpusu vozíku pod úhlem 40° , což umožňuje pohodlnější čtení informací z obrazovky. Displej integrovaný do laserové jednotky má úhlopříčku 12“ a poskytuje dostatečný prostor pro přehledné zobrazení informací souvisejících s terapií.

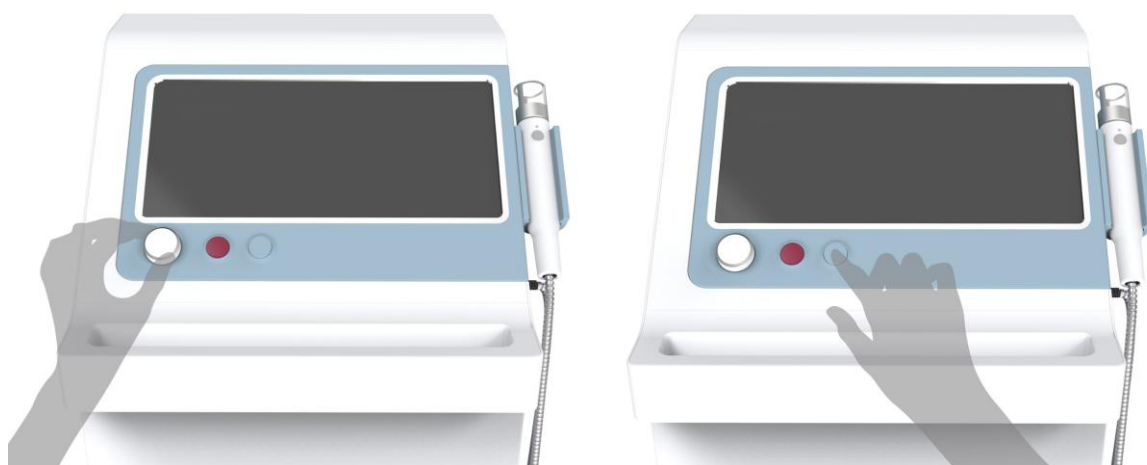


Obr. 6-28 Pohled na displej 50P muže a 50P ženy



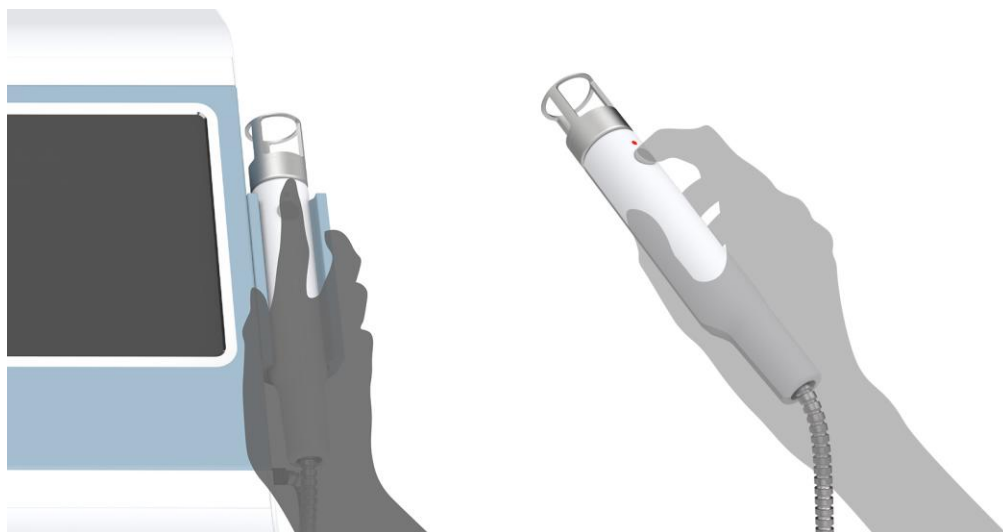
Obr. 6-29 Výkres komponent laserové jednotky

Laserová jednotka obsahuje několik prvků nezbytných pro ovládání přístroje. Většinu čelní plochy zabírá dotykový displej, který slouží jako hlavní ovládací rozhraní. Pod displejem, v levé části jednotky, jsou umístěny tři ovládače. Tvar tlačítek zajišťuje jejich jasnou hmatovou i vizuální odlišitelnost od okolního povrchu, což usnadňuje jejich intuitivní použití.



Obr. 6-30 Ovládací prvky jednotky

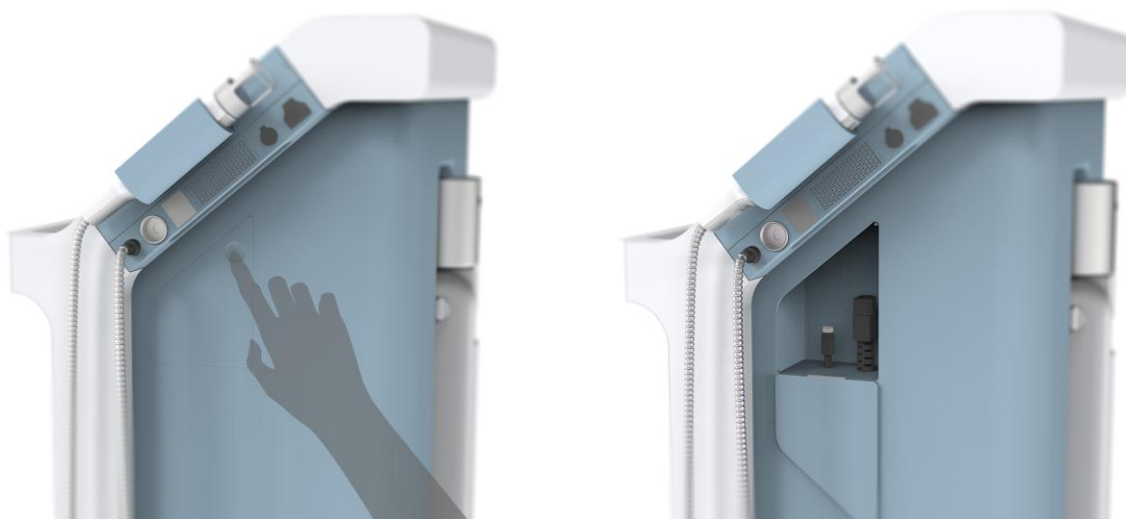
Ovladačem zcela vlevo je velké otočné kolečko, které slouží k výběru programů a ovládání displeje také v případech, kdy není možné využít dotykové ovládání, například při snížené citlivosti displeje způsobené použitím rukavic. Vpravo od něj je umístěno nouzové tlačítko, které je z bezpečnostních důvodů barevně odlišeno pro snadnou a rychlou identifikaci v kritických situacích. Jeho umístění v blízkosti výrazně vystupujícího z korpusu ovládacího prvku bylo zvoleno záměrně, aby se minimalizovalo riziko nechtěné aktivace během použití přístroje. Třetím ovládacím prvkem je tlačítko pro zapnutí a vypnutí zařízení.



Obr. 6-31 Úchop tužkového aplikátoru

S laserovým modulem je propojen laserový ruční aplikátor, jehož úzký a podlouhlý tvar připomíná tužku, což vedlo k zjednodušenému označení „tužkový aplikátor“. Na horní straně aplikátoru se nachází tlačítko, které aktivuje emisi, a signalizační dioda, která informuje o probíhajícím vyzařování laserového světla. Plášť aplikátoru je na bočních stranách opatřen jemně vystouplými kulatými plochami, které napomáhají úchopu a zabraňují jeho vyklouznutí z ruky i při delším používání. Úchop aplikátoru je intuitivní a přirozený, podobný způsobu držení běžné tužky, což zajišťuje jednoduchou a pohodlnou manipulaci během terapeutických zákroků.

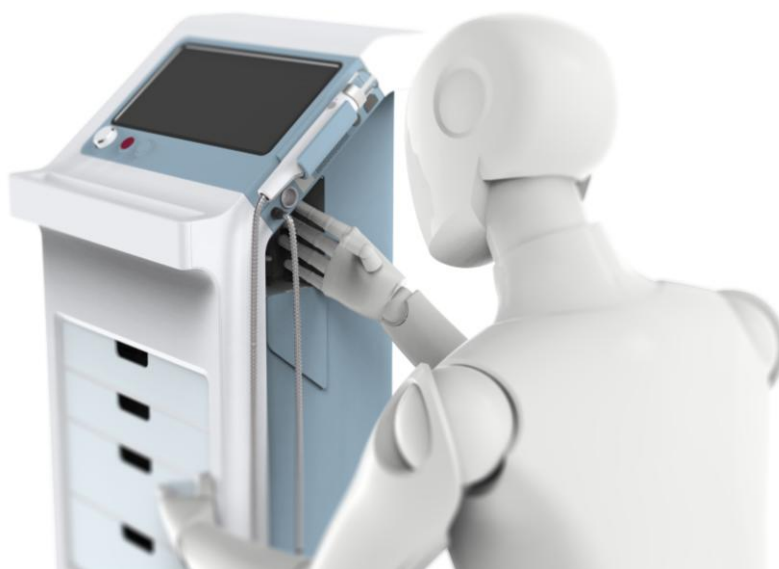
Na pravé straně zařízení je integrován držák určený pro bezpečné uložení aplikátoru. Konstrukce držáku je navržena tak, aby umožňovala jeho pohodlné odložení jednou rukou. Při jemném zatlačení se úchytová část mírně rozevře a následně přizpůsobí tvaru aplikátoru, čímž jej bezpečně zafixuje. Díky tomuto řešení je aplikátor chráněn proti nechtěnému uvolnění během provozu a uskladnění.



Obr. 6-32 Způsob otevření

Jednou z předností navrženého přístroje je možnost odpojení laserové jednotky od hlavního těla zařízení. Proces odpojení a připojení probíhá v několika krocích.

Prvním krokem je otevření dvířek na boční straně zařízení jemným zatlačením na jejich horní část a následné odpojení napájecího a datového kabelu od jednotky. K provedení odpojení není nutné se ohýbat, avšak při zpětném připojení může být potřeba mírně se sehnout, aby bylo možné pohodlně vidět na konektory a správně je zapojit.

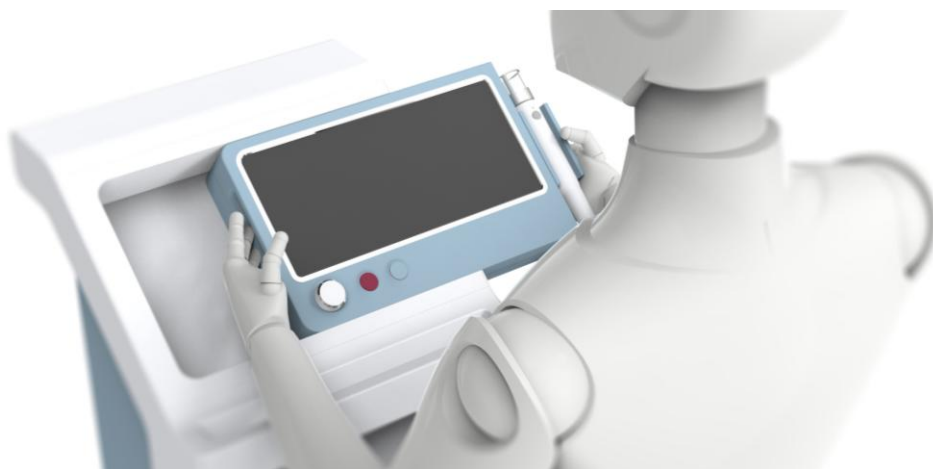


Obr. 6-33 Otvor s kabely

Druhým krokem je samotné vysunutí laserové jednotky. K odejmutí stačí vložit prsty pravé ruky na spodní část jednotky, kde je v materiálu vytvořeno jemné vybrání určené pro úchop. Levou ruku lze následně umístit na levou stranu jednotky, kde se rovněž nachází tvarované vybrání pro prsty, čímž je zajištěn stabilní úchop z obou stran. Poté lze jednotku plynulým pohybem vysunout směrem doprava.



Obr. 6-34 Umístění prstů pravé ruky

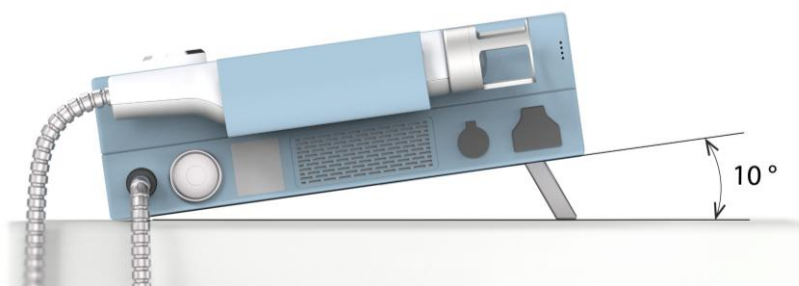


Obr. 6-35 Umístění prstů levé ruky

Po odpojení lze laserovou jednotku spolu s ručním aplikátorem umístit na stůl nebo jinou rovnou plochu, kde mohou být dále používány. Aby bylo zajištěno optimální zorné pole displeje a pohodlná obsluha, je možné na zadní straně jednotky vyklopit integrovanou opěrnou plochu. Tento jednoduchý mechanický prvek umožňuje naklonění jednotky pod úhlem přibližně 10°, čímž se zlepšuje čitelnost informací na displeji a zvyšuje uživatelský komfort při práci.



Obr. 6-36 Odpojená laserová jednotka

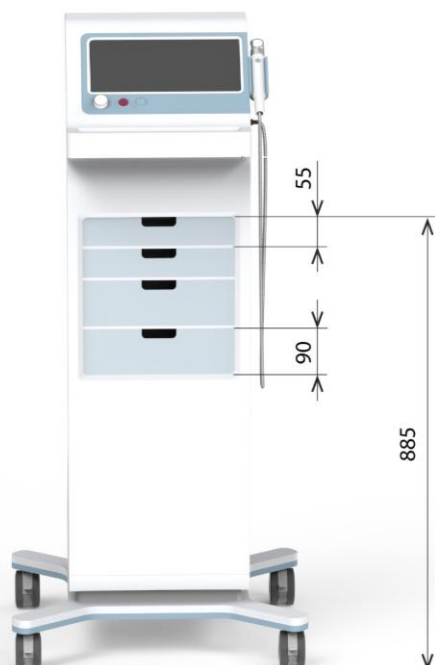


Obr. 6-37 Sklon odpojené laserové jednotky

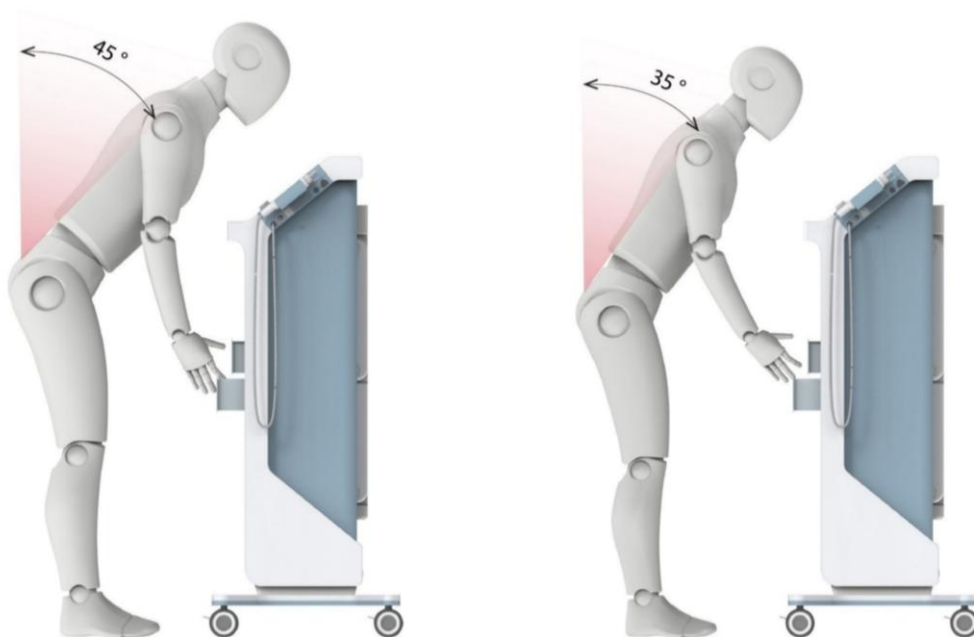
Na přední části zařízení se nacházejí čtyři zásuvkové díly, které jsou vhodné k uložení dokumentace, dezinfekčních prostředků a dalších pomůcek potřebných pro terapii. Úložné prostory mají tvar obdélníku a vysouvají se směrem dopředu. Zásuvky jsou ve dvou výškových provedeních, horní dvě jsou vhodné pro odložení dokumentace, zatímco spodní dvě jsou vyšší a tím pádem jsou vhodnější pro objemnější předměty. Otevření zásuvky probíhá vložením prstů do otvoru v její čelní části a jemným zatažením směrem dopředu.

Vnitřní rozměry (š × v × h)	
Horní	(270 × 50 × 212)
Spodní	(270 × 80 × 212)

Tab. 6-1 Rozměry úložných prostor v mm

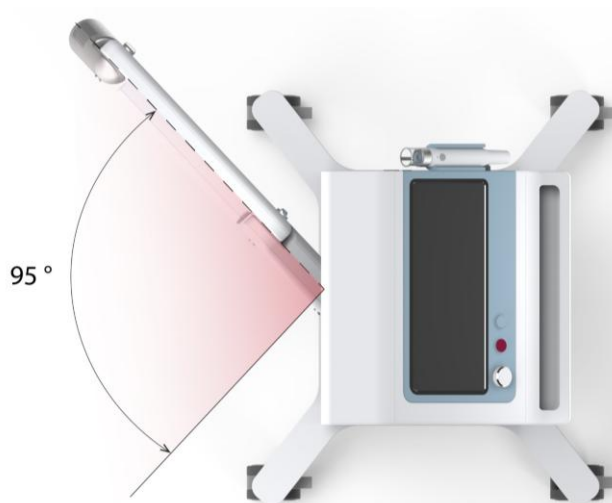


Obr. 6-38 Rozměry úložného prostoru



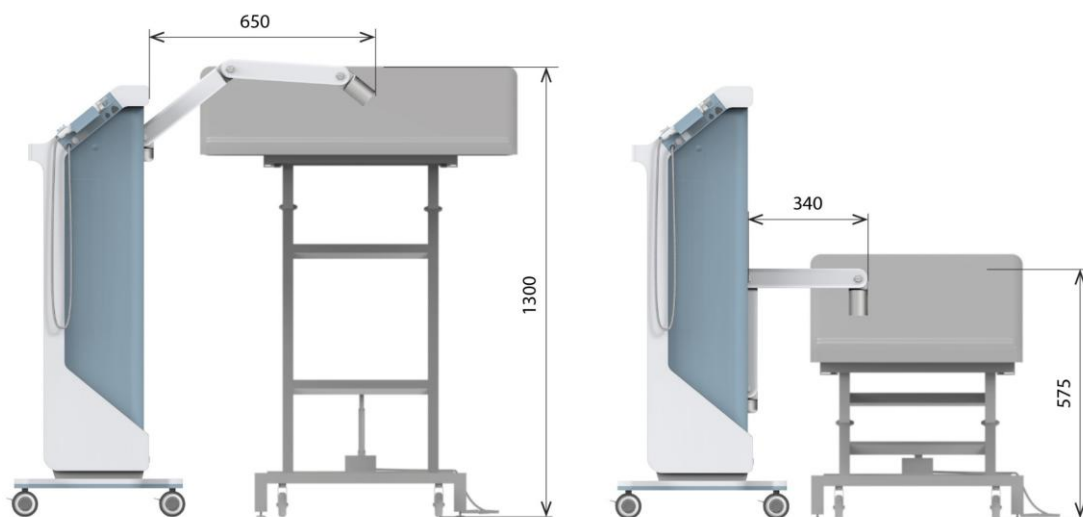
Obr. 6-39 Odložení věcí do zásuvek, postavy 50P muže a 50P ženy

Při používání spodních úložných prostor je nutný mírný předklon, aby bylo možné pohodlně dosáhnout do zásuvky a manipulovat s uloženými předměty. Rozsah pohybu je ergonomicky přijatelný pro osoby průměrné výšky (viz Obr. 6-29), aniž by docházelo k nadměrnému zatížení zad.



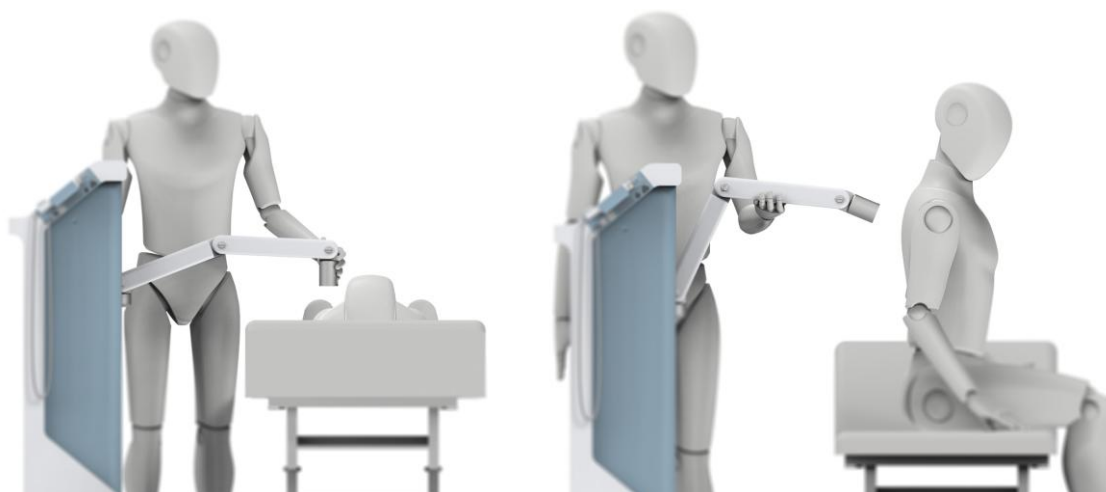
Obr. 6-40 Rozsah ramene

Rozsah otáčení ramene v maximální poloze 95° umožňuje pohodlný přístup k pacientovi na lůžku a zároveň usnadňuje manipulaci se zařízením v prostředí s omezeným prostorem. Navržená konstrukční flexibilita je vhodná pro použití v omezených prostorech a v situacích, které byly v rozměrové analýze označeny jako kritické.



Obr. 6-41 Maximální a minimální poloha ramene

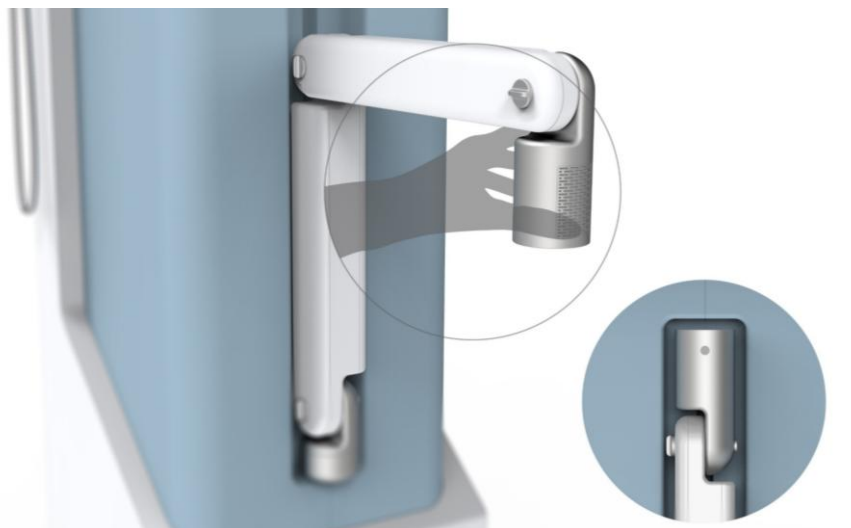
Při použití přístroje ve kombinaci s lůžkem je rameno vhodné jak pro maximální, tak i minimální rozměry lůžek, které byly stanoveny na základě rozměrové analýzy. Pro použití ramene postačuje jeho nastavení buď přímo na ovládacím panelu laserové jednotky, nebo ručně, podle potřeby konkrétního zákroku, tak aby bylo dosaženo co nejvhodnější polohy pro terapii. Konstrukce ramene umožňuje jeho použití jak při terapii u pacientů ležících na lůžku, tak i u pacientů v sedě.



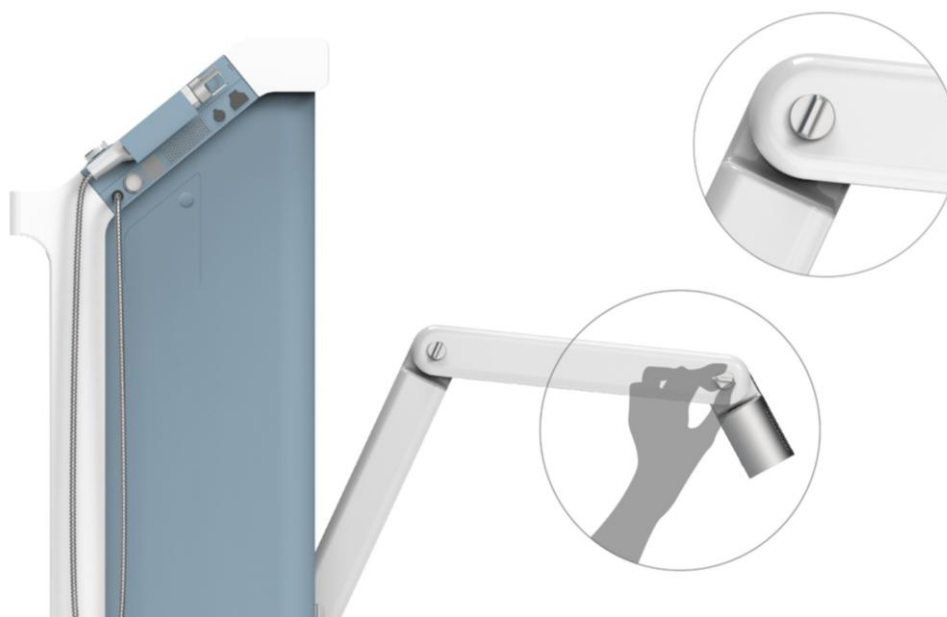
Obr. 6-42 Nastavení ramene během terapie

Ovládání a nastavování ramene je navrženo tak, aby obsluhující personál mohl provádět veškeré úkony přirozeně a bez nutnosti nadměrného předklánění, rotace trupu nebo jiných nepohodlných poloh. Ovládací prvky i mechanické části ramene jsou umístěny v dosahu běžné pracovní výšky, což umožňuje snadné a plynulé nastavení bez nadměrné fyzické námahy.

Postup rozložení ramene spočívá v jednoduchém vyklopení jeho horní části z prostoru vyhrazeného na korpusu vozíku. Následně lze rameno dle potřeby vysunout směrem nahoru a nastavit jeho dva polohovací segmenty do požadované polohy. Pro spuštění emise laserového záření je nutné stisknout tlačítko umístěné na vnější části pláště hlavice. Vzhledem k tomu, že je laserová hlavička při ošetření zpravidla orientována kolmo k tělu pacienta, je ovládací prvek umístěn na její vnitřní straně.



Obr. 6-43 Spouštění laserové hlavičky



Obr. 6-44 Otočné prvky ramene

Pro zajištění polohy ramene během terapie lze dodatečně využít otočné mechanismy, které slouží ke zpevnění kloubových spojů. Přítomnost aretačních komponent v každém kloubu zabraňuje samovolnému pohybu ramene po jeho nastavení, čímž se zvyšuje bezpečnost a přesnost terapeutického zákroku.

6.4 Hygiena a bezpečnost

Nemocnice a kliniky jsou prostředí, která vyžadují přesně definované hygienické postupy. Přestože se v terapeutických ordinacích většinou nevyskytuje velký počet infekčních pacientů, jelikož se zaměřují spíše na terapii fyzického přetížení či chronických bolestí, i tak bylo nezbytné zohlednit hygienické požadavky kladené na zdravotnické přístroje. Navíc fyzioterapeutické ordinace umístěné v nemocnicích musí splňovat požadavky na důkladnou dezinfekci jako všichni ostatní přístroje, aby se minimalizovalo riziko přenosu nákazy.

Hygiena byla při návrhu přístroje zohledněna minimalizací počtu spár a dekorativních prvků na korpusu. Přístroj sice nevyžaduje častou dezinfekci, ale i přesto je plně přizpůsoben každodennímu čištění. Úložný prostor nabízí dostatek místa pro dezinfekční pomůcky, zatímco materiálové řešení a tvarování podporují snadnou a rychlou údržbu.

Při návrhu bylo také nutné zohlednit rizika, která mohou vznikat v pracovním prostředí, zejména v menších ordinacích. Omezený prostor klade nároky na kompaktní tvar přístroje bez výčnělků nebo ostrých hran, které by mohly ohrozit bezpečnost personálu. Dalším potenciálním problémem je možnost zakopnutí o přístroj z nepozornosti, především o masivnější podstavu. Tento aspekt byl při návrhu zohledněn, jelikož díky dostatečně širokému rozvoru podvozku a koleček je pohyb kolem přístroje bezpečný jak při práci zepředu, například při ovládání jednotky, tak i zezadu, při manipulaci s ramenem. Dalším významným bezpečnostním prvkem umístěným na podstavě jsou brzdy na každém kolečku, které zajišťují stabilitu přístroje během používání.

Aby byla zajištěna dostatečná bezpečnost během terapie, je nutné, aby byl ošetřující personál jasně upozorněn na právě probíhající emisi laserového záření. K tomuto účelu slouží signalizační dioda umístěná na přední straně ručního aplikátoru nad spouštěcím tlačítkem, která se při aktivaci laseru rozsvítí červeně. Dalším bezpečnostním prvkem je integrovaný reproduktor v laserové jednotce, který vydává zvukové signály upozorňující například na spuštění terapie, její průběh nebo vznik případné chyby.

6.5 Barevné a grafické řešení

Barevné řešení je jedním z posledních kroků návrhového procesu, avšak hraje zásadní roli v celkovém vizuálním dojmu z produktu. Barevnost ovlivňuje vnímání tvaru a proporcí stejně výrazně jako ostatní designové prvky, a proto je její volba nedílnou součástí celkového estetického i funkčního pojetí zařízení.

Při návrhu pro zdravotnické prostředí je důležité volit barvy, které podporují klidnou a přívětivou atmosféru. Ideální jsou světlé barvy a odstíny, které nepůsobí rušivě ani agresivně. Tyto tóny přispívají k pocitu psychické pohody pacientů i zdravotnického personálu. Zároveň musí barevné provedení respektovat charakter okolního prostředí, které bývá vizuálně neutrální až sterilní. Produkt by tak měl vizuálně zapadat do kontextu ordinace či kliniky, aniž by působil rušivě nebo zahlcoval prostor.

6.5.1 Barevné řešení

Barevné řešení terapeutického laseru je koncipováno s ohledem na zdravotnické prostředí, kde je důraz kladen na čistotu a klidný vizuální dojem. Základ tvoří bílá barva RAL Design 290 93 05, která působí čistě a moderně. Tento odstín zároveň vizuálně odlehčuje celou konstrukci a navozuje dojem profesionality. Pro vytvoření kontrastu a vizuálního oživení celého zařízení byla zvolena modrá barva RAL Design 250 70 10. Tento odstín je použit na zadní části korpusu vozíku, na korpusu laserové jednotky a rovněž jako detail na podstavě, čímž dochází k vizuálnímu sjednocení celku.

Úložný prostor je proveden ve světlejším odstínu modré, konkrétně RAL Design 250 85 05, než zbytek korpusu. Záměrem tohoto řešení bylo minimalizovat optický kontrast mezi modrou a bílou barvou na čelní ploše. Tento přístup podporuje vizuální celistvost zařízení a přispívá k jeho klidnému a vyváženému stylu.



Obr. 6-45 Vybrané barvy vzorníku RAL

Alternativní barevná řešení vycházejí ze stejného bílého základu, který zajišťuje čistý a neutrální vzhled. Hlavní rozdíl spočívá v použití jiných akcentních odstínů, konkrétně světle zelené a béžové.



Obr. 6-46 Barevná varianta – zelená



Obr. 6-47 Barevná varianta – běžova

6.5.2 Logotyp



Obr. 6-48 Logotyp terapeutického laseru

Logotyp byl navržen s důrazem na jednoduchost, čitelnost a přímou vizuální návaznost na název zařízení. Základ tvoří slovo „LASER“, které je doplněno o jemnější výraz „imed“, čímž vzniká srozumitelný odkaz na použití technologie v medicínském prostředí. V logu jsou kombinovány dva kontrastní, ale vzájemně se doplňující fonty. Slovo „LASER“ je zpracován písmem Roboto s rovnými a nezaoblenými hranami, zatímco slovo „imed“ využívá font Quicksand, který díky svým zaobleným tvarům působí přívětivěji a odlehčeněji. Tento kontrast zároveň odráží spojení moderní technologie a lidského přístupu v oblasti zdravotnictví.

Součástí návrhu bylo i vizuální zvýraznění samotné laserové technologie, obrázek logotypu obsahuje paprsek zakončený tečkou, který symbolizuje laserové záření. Tento motiv přidává logu dynamiku a zároveň působí technicky a moderně.

Barevnost loga byla zvolena tak, aby korespondovala s celkovým vzhledem zařízení. Použitý odstín modré barvy je shodný s barevnými prvky přístroje, čímž vzniká jednotný a vizuálně ucelený styl.



Obr. 6-49 Barevné varianty logotypu

6.5.3 Aplikace

Hlavním informačním a ovládacím prvkem přístroje je dotykový displej umístěný na čelní straně laserové jednotky. V rámci jednoduchého návrhu softwaru byly vytvořeny modelové náhledy uživatelského rozhraní, které představují nejběžnější situace spojené s ovládáním zařízení. Cílem bylo vytvořit vizuálně přehledné, intuitivní a snadno ovladatelné rozhraní, které umožní uživateli rychle se zorientovat a bezpečně pracovat s přístrojem. Použity byly jemné, světlé barevné tóny, které působí klidným dojmem a nepřetěžují zrak. Kontrastem tomu je tmavší typografie, která zajišťuje výbornou čitelnost i při různých světelných podmínkách. Grafické prvky jsou zjednodušené a logicky uspořádané, což zjednodušuje navigaci v systému.

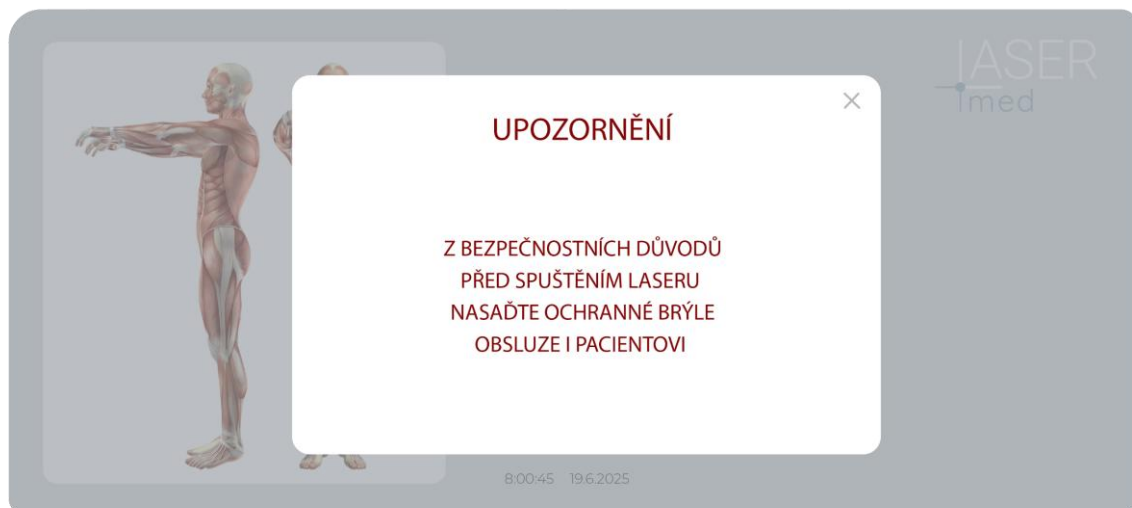
Níže jsou uvedeny příklady nejčastěji zobrazovaných obrazovek, se kterými uživatel přichází do kontaktu při zahájení a ukončení terapie.



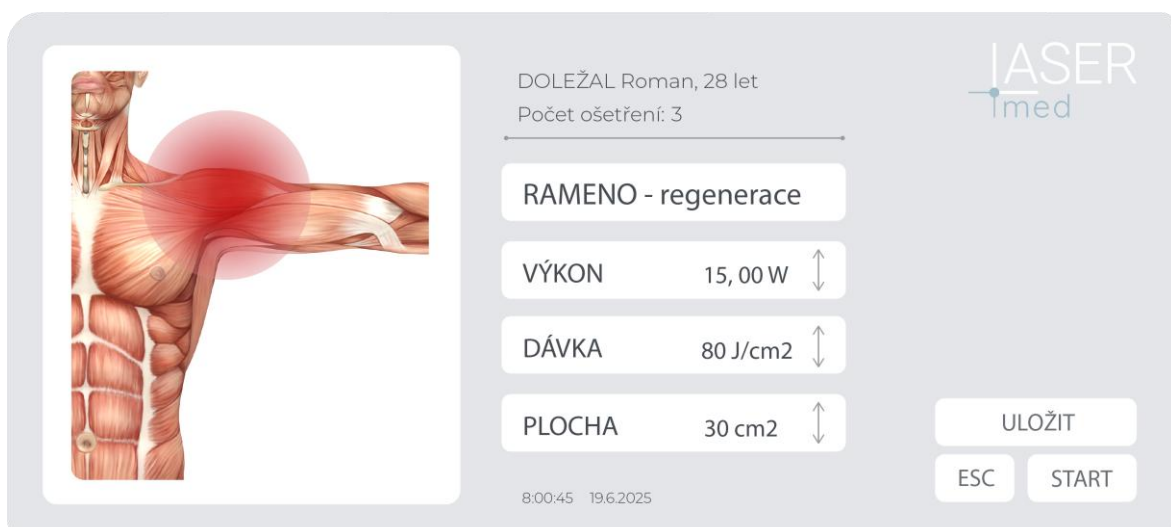
Obr. 6-50 Spouštění přístroje



Obr. 6-51 Úvodní obrazovka



Obr. 6-52 Výstražní upozornění



Obr. 6-53 Nastavení parametru ošetření



Obr. 6-54 Příklad použití displeje

6.6 Udržitelnost produktu

Servisní kontrolu terapeutického laseru je podle doporučení výrobce nutné provádět minimálně jednou za půl roku. Opravy a kontroly laserové jednotky, aplikátoru a ramene smí provádět výhradně autorizovaný servisní pracovník. Opravy podstavy, úložného prostoru a výměnu vnitřních součástek vozíku může provádět běžný personál, jelikož se jedná o nenáročný úkon. Kryt korpusu vozíku lze snadno odklopit bez rizika poškození důležitých nebo citlivých částí laseru a umožňuje tak jednoduchou opravu či výměnu konkrétní součástky.

V průběhu životnosti přístroje může nastat potřeba výměny baterie, která je umístěna pod úložným prostorem ve spodní části korpusu laseru. Konstrukce zařízení byla navržena s ohledem na jednoduchost výměny, pro přístup k této komponentě stačí odklopit pouze přední část krytu. Díky dostatečně velkému prostoru vyhrazenému pro baterii je možné zvolit náhradní variantu s podobnými parametry, aniž by bylo nutné použít přesně stejný typ. Navržený prostor tak poskytuje možnost volby mezi různými typy baterií a zároveň usnadňuje jejich výměnu během provozu.

Nejnáchylnější součástkou k poruše je optický kabel. Výrobci doporučují provádět pravidelnou kontrolu optického kabelu, aby vyzařované laserové světlo odpovídalo parametrům nastaveným na ovládací jednotce. Aktuální stav přenosu světleného paprsku optickými komponenty může obsluhující personál ověřit pomocí kontrolního konektoru, který je umístěn na laserové jednotce. Proces ověření je velmi jednoduchý a pomáhá udržovat správnou konfiguraci laserového paprsku pro efektivnější terapii.

Po ukončení provozu zařízení je také kladen důraz na recyklovatelnost jednotlivých částí. Většina hlavních komponenty je navržena tak, aby bylo možné je snadno demontovat a následně recyklovat. Tento přístup napomáhá snižování environmentální zátěže a je v souladu se současnými nároky na udržitelný produktový design.

6.7 Hodnocení klíčových parametrů

Již v úvodní fázi rešerše se ukázalo, že získávání informací o terapeutických laserech je poměrně obtížné. Tato skutečnost souvisí s neochotou výrobců sdílet interní údaje o vyráběných zařízeních, zejména pokud se týkají vnitřního uspořádání komponent a technologického know-how. Veřejně dostupné zdroje proto neposkytovaly dostatek konkrétních dat, která by mohla sloužit jako základ pro technickou analýzu.

Významným přínosem v této oblasti byl rozhovor se servisním technikem zdravotnických přístrojů, který poskytl cenný pohled na specifika spojená s provozem terapeutických laserů. Následně se klíčovým zdrojem informací staly hloubkové rozhovory s fyzioterapeuty na různých klinických pracovištích. Tyto konzultace přinesly řadu podnětů k zamyšlení a napomohly lépe porozumět potřebám uživatelů i situacím, které nastávají v reálném provozu.

Dalším výrazným omezením při návrhu bylo malé množství existujících výrobků, které by odpovídalo zadání této diplomové práce. Tématem je návrh terapeutického laseru s flexibilním ramenem, zatímco většina přístrojů dostupných na současném trhu má konstrukčně jednodušší řešení. Namísto plně integrovaného ramene tyto produkty obvykle obsahují pouze základní držák pro ruční aplikátor. Tato skutečnost dále komplikovala získávání referenčních dat, například ohledně rozměrových parametrů, orientační hmotnosti nebo konstrukčního řešení jednotlivých částí. Chybějící srovnatelná zařízení neumožnila přímé porovnání a návrh tak musel vycházet především z požadavků uživatelů a technických předpokladů ověřených v rámci rozhovorů a konzultací.

Za problematickou se ukázala také otázka prostorových nároků přístroje. Fyzioterapeutické ordinace se totiž často nenacházejí ve standardizovaných klinických prostorách, ale fungují v pronajatých místnostech různého typu, velikosti i dispozičního řešení. Z tohoto důvodu bylo při návrhu nutné zohlednit i tuto variabilitu a vytvořit takové konstrukční řešení, které bude funkční i v prostorově omezených či jinak náročných podmínkách. Cílem bylo navrhnout přístroj, který obstojí i v nejnáročnějších situacích, jež mohou nastat v rámci interiéru ordinace.

Návrh vycházel z podnětů získaných během rozhovorů a analýz. V jejich průběhu se podařilo shromáždit velké množství informací, avšak nebylo možné všechny zpracovat v rámci této diplomové práce. Proto byly cíle hierarchicky uspořádány a podrobněji popsány (viz Kapitola 3 „Cíle práce“).

Nejdůležitějším požadavkem při návrhu byla flexibilita a pohodlná manipulace s laserovým ramenem. Konkurenční přístroje vykazují řadu nedostatků souvisejících s ergonomií a uživatelskou přívětivostí, které bylo třeba vyřešit.

Dalším problémem byla nevyhovující spolupráce přístroje s terapeutickým lůžkem, jelikož některá zařízení nebyla uzpůsobená pro snadnou manipulaci a docházelo ke kolizím s konstrukcí lůžka nebo k jiným provozním komplikacím. Mnoho fyzioterapeutů také zmiňovalo nedostatek úložného prostoru. Měli potíže najít vhodné místo pro odložení dokumentace nebo ochranných brýlí, které jsou nezbytné pro bezpečné provedení terapie.

Finální návrh proto zahrnuje flexibilní rameno, které umožňuje jednoduché a plynulé nastavení. Tvarování podstavy přispívá k bezproblémové interakci s terapeutickým lůžkem, zatímco minimalistický design je vhodný pro použití v nemocničním prostředí. Promyšlené uspořádání vnitřních komponent navíc zvyšuje celkovou stabilitu zařízení.

Díky těmto konstrukčním vlastnostem se podařilo vytvořit kompaktní přístroj, s nímž lze snadno manipulovat i ve stísněných prostorech. Významnou předností je rovněž úložný prostor umístěný v přední části přístroje, který je vhodný pro odložení dokumentace, dezinfekčních prostředků a ochranných brýlí.

Zajímavostí této práce je možnost odpojení laserové jednotky, což není u současných přístrojů běžné. Tato funkce rozšiřuje možnosti práce s laserem a zároveň zvyšuje jeho bezpečnost. Jednotku lze odpojit v případě, že je potřeba provést ošetření na jiném místě, nebo pokud je nutné přístroj přemístit do jiných prostor. Pro větší bezpečnost lze jednotlivé části přepravovat zvlášť. Výhodou je také to, že v případě poruchy ramene není nutné odesílat celý přístroj do servisu, stačí pouze vozík s ramenem, zatímco laserová jednotka může být nadále používána spolu s tužkovým aplikátorem.

S ohledem na všechny uvedené skutečnosti lze konstatovat, že navržený přístroj splnil všechny stanovené cíle a tím i zadání diplomové práce.

7 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout koncepční řešení vysokovýkonného terapeutického laseru, které by splňovalo požadavky na ergonomii, technickou funkčnost a uživatelskou přívětivost v prostředí fyzioterapeutických ordinací. Vzhledem k omezené dostupnosti podrobných informací ze strany výrobců bylo nutné využít široké spektrum metod získávání dat, od rešerše odborné literatury přes analýzu konkurenčních zařízení až po rozhovory s fyzioterapeuty a konzultace se servisními techniky. Právě zapojení odborníků z praxe se ukázalo jako klíčové pro identifikaci nedostatků stávajících zařízení a specifikaci požadavků na nový návrh.

Na základě těchto poznatků byly vytvořeny tři základní koncepční varianty, přičemž finální návrh byl vybrán s důrazem na praktické využití, snadnou manipulaci, flexibilitu a kompaktní rozměry. Významnou výzvou bylo především navržení flexibilního laserového ramene, které by umožňovalo přesné a pohodlné pozicování při zachování plné stability přístroje. Dále bylo třeba zohlednit prostorové omezení ordinací, nutnost bezkolizní spolupráce s terapeutickým lůžkem a potřebu integrovaného úložného prostoru pro nezbytné pomůcky, jako jsou dokumentace, dezinfekční prostředky či ochranné brýle.

Ve výsledku finální návrh splňuje všechny hlavní a dílčí cíle stanovené v úvodních fázích práce. Přístroj je navržen tak, aby byl snadno ovladatelný a bezpečný. Díky kompaktnímu tvarovému řešení je vhodný i pro prostory s omezeným místem. Flexibilní rameno umožňuje pohodlné a rychlé nastavení během ošetření a zároveň lze snadno složit pro převoz či skladování. Minimalistický design respektuje požadavky na údržbu a začlenění do nemocničního prostředí, zatímco konstrukční uspořádání vnitřních komponent přispívá ke stabilitě a dlouhodobé provozní spolehlivosti.

Jedním z inovativních prvků je možnost odpojení laserové jednotky, která umožňuje její samostatné použití mimo pojízdný vozík. Výhodou je také to, že v případě poruchy ramene není nutné odesílat celý přístroj do servisu, jelikož lze odděleně servisovat konkrétní část, čímž se minimalizují provozní výpadky a náklady.

Práce prokázala, že kvalitní návrh zdravotnického zařízení vyžaduje komplexní přístup kombinující technickou analýzu s důkladným pochopením potřeb koncových uživatelů. Díky propojení teoretických východisek s praktickými poznatky bylo možné vytvořit řešení, které odpovídá nejen aktuálním trendům v oblasti designu a ergonomie, ale zároveň reflektuje specifické požadavky fyzioterapeutické praxe.

Závěrem lze konstatovat, že navržený přístroj splňuje zadání této diplomové práce a zároveň otevírá prostor pro jeho další vývoj, například v oblasti integrace inteligentních funkcí, vzdáleného ovládání. Navržené řešení terapeutického laseru může sloužit jako podnět pro další vývoj zdravotnických přístrojů nejen ve fyzioterapii, ale i v dalších oblastech medicíny.

8 VÝSLEDKY VÝZKUMU PODLE RIV

Druh výsledku	Funkční vzorek
Název výsledku	Terapeutický laser
Autoři	Bc. Mariam Halchynska
Místo uložení výsledku	VUT Brno

Tab. 8-1 výsledek výzkumu podle RIV

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ČESKÁ TELEVIZE. *Události v regionech (Praha)*. Online. IVysílání. 2021. Dostupné také z: <https://www.ceskatelevize.cz/porady/10118379000-udalosti-v-regionech-praha/221411000140119/>.
- [2] Barometr zdravotnictví 2023 mezinárodní průzkum mezi řediteli nemocnic v České a Slovenské republice. Online. *Healthcare Institute*. S. 28. Dostupné z: <https://www.hc-institute.org/cz/projekty/barometr/barometr-zdravotnictvi-2023-priloha-tiskove-zpravy.html>. [cit. 2024-05-07].
- [3] *Barometr zdravotnictví 2023: Pocitujete nedostatek určitého typu personálu ve Vaší nemocnici?* Online. In: HEALTHCARE INSTITUTE. HCI. 2013. Dostupné také z: https://www.hc-institute.org/userfiles/Baro%20ředitelė/2023/PPT/PPT_plna_velikost/BR23_9.jpg.
- [4] KIM, G. a CHOI, J. The effects of high intensity laser therapy on pain and function in patients with knee osteoarthritis. Online. *Journal of Physical Therapy Science*. 2016, roč. 28, č. 11, s. 3. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5140828/>. [cit. 2024-05-07].
- [5] YILMAZ, M. The effectiveness of high-intensity laser therapy on pain, range of motion, functional capacity, quality of life, and muscle strength in subacromial impingement syndrome. Online. *Lasers in Medical Science*. 2021, roč. 37, s. 10. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10103-020-03224-7>. [cit. 2024-05-07].
- [6] *MPhi 75.5*. Online. KARDIO - LINE SPOL. S R.O. Kardioline. Dostupné z: <https://www.kardioline.cz/produkty/mphi-755/>. [cit. 2025-04-13].
- [7] PENHAKER, Marek. *Lékařské terapeutické přístroje*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1558-9.
- [8] ROZMAN, Jiří. *Elektronické přístroje v lékařství*. Praha: Academia, 2006. ISBN 80-200-1308-3.
- [9] *Přístrojová technika v rehabilitaci pro biomedicínské techniky*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2006. ISBN 80-248-1130-8.

- [10] BUBNÍK, Lukáš; KLAJBL, Jiří a MAZUCH, Petr. *Optoelektrotechnika*. Brno: Code Creator, 2014. ISBN 978-80-88058-20-5.
- [11] *MLS M8*. Online. ASA S.R.L. ASA Laser. Dostupné z: <https://www.asalaser.com/en/mlsr-laser-therapy/m8>. [cit. 2025-04-13].
- [12] *MLS M8, ASA Laser: perspektiva*. Online. In: ASA S.R.L. Kardioline. Dostupné z: https://www.kardioline.cz/media/M8-2_low.jpg. [cit. 2025-04-13].
- [13] *MLS M8, ASA Laser: zepředu*. Online. In: KARDIO - LINE SPOL. S R.O. ASA Laser. Dostupné z: https://www.kardioline.cz/media/M8-3_low.jpg. [cit. 2025-04-13].
- [14] *MLS M8, ASA Laser*. Online. In: KARDIO - LINE SPOL. S R.O. Kardioline. Dostupné z: https://www.kardioline.cz/media/M8-Monitor-2_high.jpg. [cit. 2025-04-13].
- [15] *Mphi 75.5: vozík*. Online. In: KARDIO - LINE SPOL. S R.O. Kardioline. Dostupné z: https://www.kardioline.cz/media/Výkonový%20laser%20Mphi75.5_ON.jpg. [cit. 2025-04-13].
- [16] *Mphi 75.5: jednotka*. Online. In: KARDIO - LINE SPOL. S R.O. Kardioline. Dostupné z: https://www.kardioline.cz/media/mphi75_1000_x_1000_1400x.jpg. [cit. 2025-04-13].
- [17] *Mis ASA Laser*. Online. KARDIO - LINE SPOL. S R.O. Kardioline. Dostupné z: <https://www.kardioline.cz/produkty/mis/>. [cit. 2025-04-13].
- [18] *Mis ASA Laser: vozík*. Online. In: KARDIO - LINE SPOL. S R.O. Kardioline. Dostupné z: <https://www.kardioline.cz/media/vysokovýkonný%20mls%20laser%20neuropatie.png>. [cit. 2025-04-13].
- [19] *Mis ASA Laser: jednotka*. Online. In: KARDIO - LINE SPOL. S R.O. Kardioline. Dostupné z: https://www.kardioline.cz/media/mis_manip_def.jpg. [cit. 2025-04-13].
- [20] *M-Hi ASA Laser*. Online. KARDIO - LINE SPOL. S R.O. Kardioline. Dostupné z: <https://www.kardioline.cz/produkty/m-hi/>. [cit. 2025-04-13].
- [21] *M-Hi ASA Laser: vozík s držákem*. Online. In: Heal with Laser. Dostupné z: <https://www.healwithlaser.com.au/wp-content/uploads/2024/05/MHi-1.jpg>. [cit. 2025-04-13].

- [22] *M-Hi ASA Laser: jednotka*. Online. In: KARDIO - LINE SPOL. S R.O. Kardioline. Dostupné z: https://www.kardioline.cz/media/cuppb244/vysokofrekvenční-laser-m-hi_laser_therapy_device.jpg. [cit. 2025-04-13].
- [23] *Hiro ASA Laser*. Online. KARDIO - LINE SPOL. S R.O. Kardioline. Dostupné z: <https://www.kardioline.cz/produkty/hiro/>. [cit. 2025-04-13].
- [24] *Hiro ASA Laser: perspektiva*. Online. In: KARDIO - LINE SPOL. S R.O. Kardioline. Dostupné z: <https://www.kardioline.cz/media/jegphvn1/hiro-hilterapia.png>. [cit. 2025-04-13].
- [25] *Hiro ASA Laser: pohled shora*. Online. In: KARDIO - LINE SPOL. S R.O. Kardioline. Dostupné z: <https://www.kardioline.cz/media/kj5fsuvj/vysokointenzivní-laser-hilt.jpg>. [cit. 2025-04-13].
- [26] *BTL-6000 High Intensity Laser and BTL Scanning System*. Online. In: BTL. Dostupné z: <https://www.btl.cz/produkty-fyzioterapie-roboticky-laser>. [cit. 2025-04-13].
- [27] *BTL-6000 High Intensity Laser and BTL Scanning System: zepredu*. Online. In: BTL. Dostupné z: https://files.btlnet.com/cor/gallery_items/71b01dfe-840e-4035-ac1c-39cf5cde0897/HIL-II_GAL_500x750_01_1651671886_original.jpg. [cit. 2025-04-13].
- [28] *BTL-6000 High Intensity Laser and BTL Scanning System: jednotka*. Online. In: BTL. Dostupné z: https://files.btlnet.com/cor/gallery_items/2b938680-44b0-4e18-90a4-3667a0e43bbd/BTL_HIL_gal_750x500_07_1560418265_original.jpg. [cit. 2025-04-13].
- [29] *Ixyon XP Mecmedix Mectronic*. Online. MECTRONIC MEDICALE S.R.L. Mecmedix Mectronic. Dostupné z: <https://www.mecmedix.com/en/healthcare/devices/ixyon-xp>. [cit. 2025-04-13].
- [30] *Ixyon XP Mecmedix Mectronic: perspektiva*. Online. In: MECTRONIC MEDICALE S.R.L. Dostupné z: <https://www.mecmedix.com/en/media/device-page/images/1000-1000-fix/a9f9da7c-a71c-49c9-99ef-47e56e930bbf>. [cit. 2025-04-13].
- [31] *Ixyon XP Mecmedix Mectronic: jednotka*. Online. In: MECTRONIC MEDICALE S.R.L. Dostupné z: <https://www.mecmedix.com/en/media/device-page/images/500-374-crop/4af270a9-dab7-4b89-9846-0b2ac68f9a78>. [cit. 2025-04-13].

- [32] *ILUX PLUS Mecmedix Mectronic*. Online. MECTRONIC MEDICALE S.R.L. Dostupné z: <https://www.mecmedix.com/en/healthcare/devices/ilux-plus>. [cit. 2025-04-13].
- [33] *ILUX PLUS Mecmedix Mectronic: perspektiva*. Online. In: MECTRONIC MEDICALE S.R.L. Dostupné z: <https://www.mecmedix.com/en/media/device-page/images/600-600-fix/f2b05b00-4919-4919-9cb6-189c3c9bf5ae>. [cit. 2025-04-13].
- [34] *ILUX PLUS Mecmedix Mectronic: jednotka*. Online. In: MECTRONIC MEDICALE S.R.L. Dostupné z: <https://www.mecmedix.com/en/media/device-page/images/630-630-fix/fa281cf9-dfe2-4df5-ac3c-e8c0c128d20b>. [cit. 2025-04-13].
- [35] *Ixyon XP Mecmedix Mectronic: úložný prostor*. Online. In: TERA-MED. Dostupné z: https://www.tera-med.cz/sites/default/files/styles/1280x960/public/product_images/iLux%20Light%20Plus%20Sanro%20Electromedicina%283%29.jpg.webp?itok=e29dKIEK. [cit. 2025-04-13].
- [36] *Lumix Ultra Fisioline*. Online. FISIOLINE S.R.L. Dostupné z: <https://fisioline.com/medical/lumix-plus-ultra/?lang=en>. [cit. 2025-04-13].
- [37] *Lumix Ultra Fisioline: perspektiva*. Online. In: FISIOLINE S.R.L. Dostupné z: <https://fisioline.com/wp-content/uploads/2022/03/LUMIX-PLUS-ULTRA-MENU.png>. [cit. 2025-04-13].
- [38] *Lumix Ultra Fisioline: jednotka*. Online. In: FISIOLINE S.R.L. Dostupné z: <https://fisioline.com/wp-content/uploads/2022/03/LUMIX-PLUS-ULTRA-CON-BRACCIO-CHIARA.jpg>. [cit. 2025-04-13].
- [39] *LUMIX® 2 HIGH FREQUENCY POWER LASER*. Online. FISIOLINE S.R.L. Dostupné z: <https://fisioline.com/medical/lumix-2/?lang=en>. [cit. 2025-04-13].
- [40] *LUMIX® 2 HIGH FREQUENCY POWER LASER: vozík*. Online. In: FISIOLINE S.R.L. Dostupné z: https://fisioline.com/wp-content/uploads/2023/10/LUMIX2_trolley_display_en.jpg. [cit. 2025-04-13].
- [41] *LUMIX® 2 HIGH FREQUENCY POWER LASER: jednotka*. Online. In: FISIOLINE S.R.L. Dostupné z: https://fisioline.com/wp-content/uploads/2023/10/LUMIX2_portable_laser-1030x1030.jpg. [cit. 2025-04-13].

- [42] *Zdravotnické prostředky*. Online. Registr Zdravotnických Prostředků. Dostupné z: <https://eregpublicsecure.ksrzis.cz/Registr/RZPRO/ZdravotnickyProstredek>. [cit. 2025-04-13].
- [43] *Registr zdravotnických prostředků*. Online. Státní ústav pro kontrolu léčiv. Dostupné z: https://sukl.gov.cz/prumysl/zdravotnicke-prostredky/informacni-systemy/registr-zdravotnickych-prostredku/?utm_source=chatgpt.com. [cit. 2025-04-13].
- [44] *MLS M8 ASA Laser Uživatelská příručka*. Online. Registr Zdravotnických Prostředků. Dostupné z: <https://eregpublicsecure.ksrzis.cz/Registr/RZPRO/ZdravotnickyProstredek/Detail/191338>. [cit. 2025-04-13].
- [45] *MPhi 75.5 ASA Laser Uživatelská příručka*. Online. Registr Zdravotnických Prostředků. Dostupné z: <https://eregpublicsecure.ksrzis.cz/Registr/RZPRO/ZdravotnickyProstredek/Detail/69192>. [cit. 2025-04-13].
- [46] *MLS Multiwave Locked System Laser*. Online. KEEBOMED, INC. KEEBOMED. Dostupné z: <https://www.keebomed.com/products/mls-multiwave-locked-system-laser-manufactured-3-2013>. [cit. 2025-04-13].
- [47] *MPhi 75.5 ASA Laser: uložení ramene*. Online. In: KEEBOMED. Dostupné z: <https://www.keebomed.com/cdn/shop/products/20211111141341a.jpg?v=1636859386>. [cit. 2025-04-13].
- [48] ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI [ČAS]. ČSN EN 60825-1, *Bezpečnost laserových zařízení - Část 1: Klasifikace zařízení a požadavky*. Ed. 3. Praha, 2022.
- [49] ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI [ČAS]. ČSN EN 207, *Osobní prostředky k ochraně očí - Filtry a prostředky k ochraně očí proti laserovému zařízení (ochranné brýle proti laseru)*. Praha, 2017.
- [50] ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI [ČAS]. ČSN EN 60601-1, *Zdravotnické elektrické přístroje - Část 1: Všeobecné požadavky na základní bezpečnost a nezbytnou funkčnost*. Ed. 2. Praha, 2007.

- [51] ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI [ČAS]. ČSN EN IEC 60601-2-22, *Zdravotnické elektrické přístroje - Část 2-22: Zvláštní požadavky na základní bezpečnost a nezbytnou funkčnost chirurgických, kosmetických, terapeutických a diagnostických laserových přístrojů*. Ed. 3. Praha, 2021.
- [52] ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI [ČAS]. ČSN EN ISO 13485, *Zdravotnické prostředky - Systémy managementu kvality - Požadavky pro účely předpisů*. Ed. 2. Praha, 2017.
- [53] PHEASANT, Stephen a HASLEGRAVE, Christine M. *Bodyspace : anthropometry, ergonomics, and the design of work*. 3rd ed. Boca raton : Taylor & Francis, 2006. ISBN 0-415-28520-8.

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

°	stupeň
∅	průměr
“	palce
%	procento
<i>mm</i>	milimetry
<i>cm</i>	centimetry
<i>kg</i>	kilogram
<i>mm</i>	milimetry
<i>cm</i>	centimetry
<i>ABS</i>	akrylonitrilbutadienstyren
<i>Kč</i>	koruny české

11 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 2-1 PRISMA diagram	17
Obr. 2-2 Rozdělení použitých zdrojů podle typu.....	18
Obr. 2-3 Rozdělení zdrojů podle země původu.....	18
Obr. 2-4 Statistika zvýšení deficitu zdravotnického personálu v České republice [3]	19
Obr. 2-5 Popis vnějších komponent vozíku a řídicí jednotky.....	21
Obr. 2-6 Popis vnějších komponent tužkového aplikátoru a laserové hlavice	22
Obr. 2-7 Schéma vnitřních komponent řídicí jednotky	23
Obr. 2-8 Schéma vnitřních komponent tužkového aplikátoru a laserové hlavice (v řezu) 23	
Obr. 2-9 Schématické zobrazení zdroje laseru	24
Obr. 2-10 Schématické zobrazení vnitřní struktury optického vlákna.....	25
Obr. 2-11 MLS M8 od firmy ASA Laser Laser [12][13]	27
Obr. 2-12 Řídicí jednotka laseru MLS M8 [14]	28
Obr. 2-13 Přístroj Mphi 75 s rozloženým ramenem [15].....	29
Obr. 2-14 Odpojitelná řídicí jednotka přístroje Mphi 75 [16]	30
Obr. 2-15 MiS od firmy ASA Laser [18]	31
Obr. 2-16 Řídicí jednotka MiS, upraveno [19].....	31
Obr. 2-17 Přístroj M-Hi od ASA Laser [21].....	33
Obr. 2-18 Řídicí jednotka přístroje M-Hi [22]	34
Obr. 2-19 HIRO od ASA Laser [24].....	35
Obr. 2-20 Pohled shora na přístroj HIRO od výrobce ASA Laser [25]	35
Obr. 2-21 BTL-6000 se skenovacím systéme [27]	37
Obr. 2-22 Řídicí jednotka přístroje BTL-6000 [28].....	37
Obr. 2-23 Přístroj IXYON XP od firmy Mecmedix Mectronic, upraveno [30]	38
Obr. 2-24 Řídicí jednotka přístroje IXYON XP [31]	39
Obr. 2-25 ILUX Plus s pojízdným vozíkem, upraveno [33]	40
Obr. 2-26 Řídicí jednotka přístroje Ilux Plus [34]	40
Obr. 2-27 Odložení pomůcek na vozík přístroje [35].....	41
Obr. 2-28 Přístroj Lumix Ultra s držákem na ruční aplikátor [37].....	42

Obr. 2-29 Řídicí jednotka přístroje [38]	43
Obr. 2-30 Přístroj LUMIX 2 [40]	44
Obr. 2-31 Řídicí jednotka přístroje LUMIX 2 [41]	45
Obr. 2-32 Výstrižek z manuálu přístroje MLS M8 od ASA Laser na str. 46 [44]	46
Obr. 2-33 Výstrižek z manuálu přístroje Mphi 75.5 od ASA Laser na str. 123 [45]	46
Obr. 2-34 Výstrižek z manuálu přístroje Mphi 75.5 od ASA Laser na str.128 [45]	47
Obr. 2-35 Způsob uložení ramene přístroje Mphi 75.5 ASA Laser [47]	47
Obr. 2-36 Scanning system přístroje BTL 6000 High intensity laser [27]	48
Obr. 2-37 Příklad rozbitých ochranných brýlí (vlastní foto, upraveno)	51
Obr. 2-38 Přehled hlavních nedostatků	52
Obr. 4-1 Schéma cílů a omezení	62
Obr. 4-2 Tabulka rozměrů MLS8 z uživatelské příručky od výrobce ASA Laser	63
Obr. 4-3 Modelové situace použití laseru v interiéru ordinace; (a) ideální; (b) přijatelná; (c) kritická	64
Obr. 4-4 Požadavky na laserové rameno stanovené z kritické situace	64
Obr. 4-5 Model fyzioterapeutického lůžka	65
Obr. 4-6 Požadavky na výšku a délku ramene	66
Obr. 4-7 Požadavek na výšku madla přístroje	66
Obr. 4-8 Popis vnitřních komponent metodou GlassBox	67
Obr. 4-9 Skici variantních návrhů	68
Obr. 4-10 Vizualizace prvního variantního návrhu	69
Obr. 4-11 Postup polohování ramene; (a) složený stav; (b) minimální výška; (c) maximální výška.	70
Obr. 4-12 Postup odpojení řídicí jednotky	70
Obr. 4-13 Vizualizace druhého variantního návrhu	71
Obr. 4-14 Postup polohování ramene; (a) složený stav; (b) minimální výška; (c) maximální výška.	72
Obr. 4-15 Postup odpojení řídicí jednotky	72
Obr. 4-16 Model varianty 3	73
Obr. 4-17 Postup polohování ramene; (a) složený stav; (b) minimální výška; (c) maximální výška.	74

Obr. 4-18 Postup odpojení řídicí jednotky	74
Obr. 4-19 Přehled vytvořených variantních návrhů	75
Obr. 5-1 Přístroj v porovnání s 50P postavami muže a ženy.....	77
Obr. 5-2 Základní rozměry předběžného návrhu.....	78
Obr. 5-3 Vizualizace předběžné varianty	79
Obr. 5-4 Postup polohování ramene; (a) složený stav; (b) minimální výška; (c) maximální výška.	80
Obr. 5-5 Odpojení řídicí jednotky	80
Obr. 5-6 Pohled na řídicí jednotku a uložení aplikátoru	81
Obr. 5-7 Popis vnějších komponent řídicí jednotky.....	82
Obr. 5-8 Vnitřní komponenty vozíku.....	82
Obr. 5-9 Vnitřní komponenty emitovačů	83
Obr. 5-10 Popis materiálů a výrobních procesů jednotlivých částí přístroje	84
Obr. 6-1 Tvarové řešení finálního návrhu	87
Obr. 6-2 Vzor na spodní straně podstavy	88
Obr. 6-3 Pohled na kolečka	88
Obr. 6-4 Větrání a napájecí konektor.....	89
Obr. 6-5 Úložný prostor.....	89
Obr. 6-6 Madlo.....	90
Obr. 6-7 Ruční aplikátor a optický kabel	91
Obr. 6-8 Tvarování ručního aplikátoru	91
Obr. 6-9 Pohledy na jednotku.....	92
Obr. 6-10 Laserová hlavice uložená v korpusu	94
Obr. 6-11 Polohovatelná laserová hlavice	94
Obr. 6-12 Rozměrové řešení.....	95
Obr. 6-13 Schématický rozpad vozíku na jednotlivé díly	96
Obr. 6-14 Vnitřní komponenty vozíku.....	97
Obr. 6-15 Výkres laserové jednotky	98
Obr. 6-16 Schématický rozpad jednotky na jednotlivé díly	98
Obr. 6-17 Popis komponent laserové jednotky	99

Obr. 6-18 Výkres aplikátoru s nástavcem.....	100
Obr. 6-19 Aplikátor s distančním nástavcem	100
Obr. 6-20 Výkres ramene	101
Obr. 6-21 Vnitřní komponenty ramene – pohled bez zadního krytu	102
Obr. 6-22 Rozpad korpusu ramene	103
Obr. 6-23 Postup polohování ramene.....	103
Obr. 6-24 Zorné pole při manipulaci s přístrojem, postava 50P muže a 50P ženy	104
Obr. 6-25 Manipulační prostor.....	105
Obr. 6-26 Výkres madla.....	105
Obr. 6-27 Úchop madla	106
Obr. 6-28 Pohled na displej 50P muže a 50P ženy	106
Obr. 6-29 Výkres komponent laserové jednotky	107
Obr. 6-30 Ovládací prvky jednotky	107
Obr. 6-31 Úchop tužkového aplikátoru	108
Obr. 6-32 Způsob otevření	109
Obr. 6-33 Otvor s kabely.....	109
Obr. 6-34 Umístění prstů pravé ruky	110
Obr. 6-35 Umístění prstů levé ruky	110
Obr. 6-36 Odpojená laserová jednotka.....	110
Obr. 6-37 Sklon odpojené laserové jednotky	111
Obr. 6-38 Rozměry úložného prostoru.....	111
Obr. 6-39 Odložení věci do zásuvek, postavy 50P muže a 50P ženy	112
Obr. 6-40 Rozsah ramene.....	112
Obr. 6-41 Maximální a minimální poloha ramene	113
Obr. 6-42 Nastavení ramene během terapie	113
Obr. 6-43 Spouštění laserové hlavice.....	114
Obr. 6-44 Otočné prvky ramene.....	114
Obr. 6-45 Vybrané barvy vzorníku RAL.....	116
Obr. 6-46 Barevná varianta – zelená.....	117
Obr. 6-47 Barevná varianta – béžová.....	117

Obr. 6-48 Logotyp terapeutického laseru	118
Obr. 6-49 Barevné varianty logotypu	118
Obr. 6-50 Spouštění přístroje.....	119
Obr. 6-51 Úvodní obrazovka	120
Obr. 6-52 Výstražní upozornění.....	120
Obr. 6-53 Nastavení parametru ošetření.....	120
Obr. 6-54 Příklad použití displeje	121

12 SEZNAM TABULEK

Tab. 2-1 Technické parametry přístrojů z designerské analýzy	53
Tab. 3-1 Vymezení cílů (C), omezení (O), funkce (F) a prostředků (P)	59
Tab. 4-1 Přehled typových rozměrů lůžek [cm]	65
Tab. 4-2 Rozměry laserového ramene [mm].....	66
Tab. 4-3 Výška madla a manipulační plochy	66
Tab. 4-4 Zhodnocení variantních návrhů.....	75
Tab. 6-1 Rozměry úložných prostor v mm	111
Tab. 8-1 výsledek výzkumu podle RIV	125

13 SEZNAM PŘÍLOH

Zmenšené postery:

- zmenšený sumarizační poster A4
- zmenšený ergonomický poster A4
- zmenšený technický poster A4
- zmenšený designérský poster A4

Samostatné přílohy:

- sumarizační poster A1
- ergonomický poster A1
- technický poster A1
- designérský poster 100 × 70 cm
- fyzický model v měřítku 1:3

ZMENŠENÝ SUMARIZAČNÍ POSTER

LASER
med

DESIGN TERAPEUTICKÉHO LASERU SUMARIZAČNÍ POSTER

Cílem diplomové práce bylo navrhnout konceptní řešení vysokovýkonného terapeutického laseru, které odpovídá současným technickým i ergonomickým požadavkům pro použití ve fyzioterapeutických ordinacích. Návrh vycházel z důkladné analýzy současných zařízení dostupných na trhu, řešení odborné literatury, konzultací se servisními techniky a šetření mezi uživateli, díky kterému byly identifikovány nejčastější problémy při každodenním používání těchto přístrojů.

Celkový tvar zařízení je navržen tak, aby neobsahoval výrazně výtlnivající části ani ostré hrany, které by mohly být při používání nepohodlné nebo nebezpečné. Štíhlé a vertikálně orientované proporce korpusu dodávají zařízení vyzrání a moderní vzhled a zajišťují jeho pohodlné zařazení do nemocničního prostředí.

Finální návrh přináší nejen funkční a estetické řešení, ale zároveň reflektuje reálné potřeby zdravotnického personálu. Přístroj je navržen tak, aby podporoval pohodlný a plynulý každodenní provoz v ordinacích a přispíval ke zlepšení kvality poskytované péče. Díky svým vlastnostem má navržený terapeutický laser potenciál stát se konkurenceschopným produktem na trhu a zároveň inspirací pro budoucí vývoj v této oblasti.



DESIGN TERAPEUTICKÉHO LASERU / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Mariam Halčyňská / Vedoucí práce: Ing. Dana Rubínová, Ph.D. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 06.2025

VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA STROJNÍHO
TECHNICKÉ INŽENÝRSTVÍ
V BRNĚ

ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

odbor
průmyslového
designu

MH

ZMENŠENÝ ERGONOMICKÝ POSTER



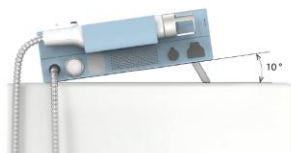
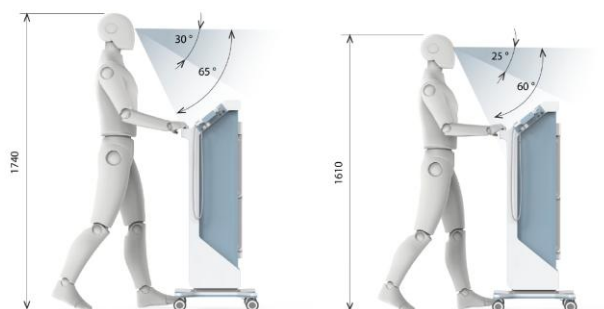
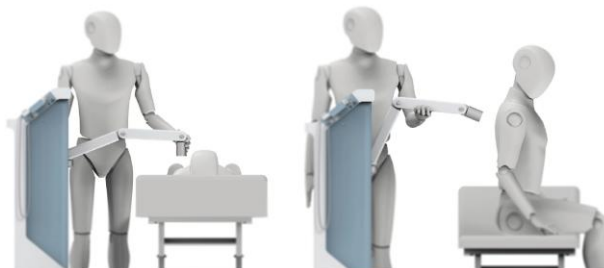
DESIGN TERAPEUTICKÉHO LASERU ERGONOMICKÝ POSTER

Ergonomie přístroje vychází z provozních potřeb zdravotnického personálu a reaguje na nedostatky zařízení dostupných na současném trhu. Všechny komponenty laseru byly navrženy tak, aby umožňovaly pohodlnou obsluhu bez nutnosti nepřirozeného předklonu, rotace trupu nebo nadměrného zvedání paží.

Laserová jednotka, jako hlavní ovládací prvek, je integrována do pojízdného vozíku a nakloněna směrem k uživateli. Dané uspořádání zajišťuje dobrou čitelnost displeje a snadnou dostupnost ovládacích prvků. Pracovní výška přístroje odpovídá požadavkům pro práci ve stoje a zohledňuje rozdílnou tělesnou výšku uživatelů, což přispívá k dlouhodobému komfortu při obsluze.

Klíčovým prvkem je flexibilní rameno, které lze snadno polohovat jednou rukou. Jeho konstrukce umožňuje přesné a stabilní nastavení, čímž snižuje fyzickou zátěž při práci. Rameno je zároveň lehké a kompaktní, takže neomezuje pohyb v okolí terapeutického lůžka.

Celkový design přístroje podporuje přirozené držení těla, minimalizuje potřebu opakovaných pohybů a snižuje fyzickou náročnost obsluhy. To vše přispívá k vyšší efektivitě, bezpečnosti a komfortu při každodenním provozu.



DESIGN TERAPEUTICKÉHO LASERU / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Mariam Halchynska / Vedoucí práce: Ing. Dana Rubínová, Ph.D. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 06.2025



ZMENŠENÝ TECHNICKÝ POSTER

LASER
tmed

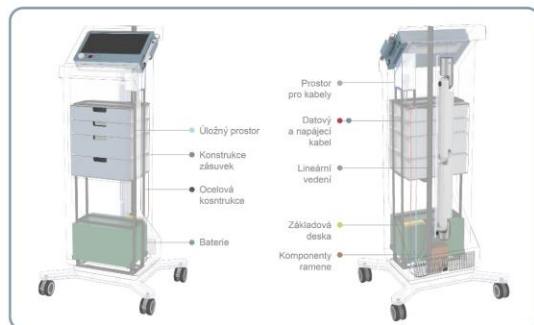
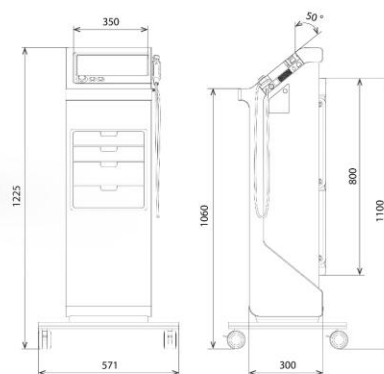
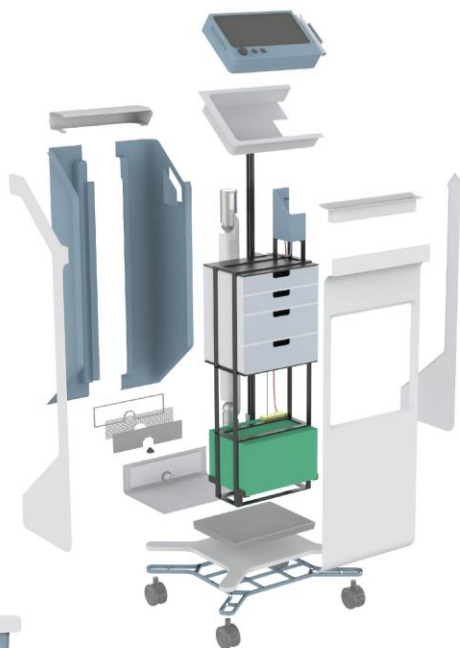
DESIGN TERAPEUTICKÉHO LASERU TECHNICKÝ POSTER

Celkové rozměry výrobku odpovídají ergonomickým a technickým požadavkům kladeným na funkčně a uživatelsky přívětivé uspořádání zařízení. Zařízení je postaveno na základně, která propojuje rám vozíku s kolečky nesoucími celou konstrukci. Kolečka jsou plně otočná, což zajišťuje dobrou manévrovatelnost, a pro zvýšení bezpečnosti je každé z nich vybaveno samostatnou brzdou.

Nosná konstrukce je umístěna pod plně rozebiratelným krytem. Jednotlivé části krytu je možné demontovat a znovu sestavit bez složitých zásahů. Díky přesnému lícování, přítomnosti spár mezi panely a kombinaci skrytých šroubových a zacvakávacích prvků je celý proces rychlý a technicky nenáročný.

Hlavní korpus vozíku je vyroben z ABS plastu, který je díky svým mechanickým a chemickým vlastnostem vhodný pro použití ve zdravotnickém prostředí. Vzhledem ke složitosti konstrukce je korpus rozdělen do několika segmentů, aby byl zajištěn rychlý přístup k vnitřním komponentům a umožněn pohodlný servis přístroje. S ohledem na tvarovou složitost jednotlivých částí korpusu je pro jejich výrobu vhodná technologie vstřikování plastu.

Veškeré komponenty zařízení jsou upevněny na vnitřní hliníkové konstrukci, která slouží ke zpevnění korpusu a zajištění celkové stability přístroje. Vnitřní uspořádání komponent vozíku je navrženo s ohledem na přístupnost jednotlivých částí vyžadujících pravidelnou obsluhu nebo servis.



M 1:7

DESIGN TERAPEUTICKÉHO LASERU / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Mariam Halchynska / Vedoucí práce: Ing. Dana Rubínová, Ph.D. / VUT v Brně / FSI / UK / OPD / 06.2025

T VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ

FAKULTA STROJNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

odbor
průmyslového
designu

MH

ZMENŠENÝ DESIGNÉRSKÝ POSTER

Terapeutický laser

2025

Mariam Halchynska

vedoucí: Ing. Dana Rubínová Ph.D.

Tématem diplomové práce je návrh terapeutického laseru určeného pro použití ve fyzioterapeutických ordinacích. Cílem práce bylo vytvořit zařízení, které odpovídá současným ergonomickým a technickým požadavkům zdravotnického prostředí. Návrh vychází z uživatelské analýzy, rešerše trhu a konzultací s odborníky z praxe.

Design přístroje klade důraz na snadnou obsluhu, kompaktní proporce a bezpečný provoz. Flexibilní rameno, odpojitelná laserová jednotka a integrované úložné prostory tvoří celek, který zohledňuje prostorové i provozní nároky fyzioterapeutických pracovišť. Hlavním přínosem návrhu je spojení funkčního řešení s vizuálně čistým a ergonomicky promyšleným přístupem.

