ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

Katedra biomedicínské techniky

Vybavení inteligentního operačního sálu zdravotnickou technikou

Facilities intelligent operating theatre by medical technology

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika
Studijní obor: Biomedicínský technik

Autor bakalářské práce: Viktorija Galinyte
Vedoucí práce: doc. Ing. František Dohnal, CSc.

Kladno, květen 2016

Zadání práce

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství

Katedra biomedicínské techniky

Akademický rok: 2015/2016

Zadání bakalářské práce

Student:	**Viktorija Galinyte**
Obor:	Biomedicínský technik
Téma:	**Vybavení inteligentního operačního sálu zdravotnickou technikou**
Téma anglicky:	Facilities intelligent operating theatre by medical technology

Zásady pro vypracování:

Cílem bakalářské práce je návrh vybavení inteligentního neurochirurgického operačního sálu zdravotnickou technikou ve FN Motol. Popište koncept inteligentního neurochirurgického operačního sálu a navrhněte jeho vybavení zdravotnickou technikou. Proveďte analýzu neurochirurgického operačního sálu ve FN Motol z hlediska požadavků na inteligentní operační sál. Navrhněte vybavení a požadované parametry jednotlivých přístrojů pro modernizaci tohoto operačního sálu, tak aby odpovídal požadavkům na inteligentní operační sál. Proveďte též studii (navrhněte varianty) umístění jednotlivých přístrojů. Součástí bakalářské práce je i doprovodná dokumentace modernizovaného operačního sálu v podobě půdorysu v měřítku včetně veškerého vybavení a příslušenství.

Seznam odborné literatury:

[1] Lindner et al., Intelligent system solutions for operating theatres, 2015, [Revidováno 2015], [Citováno 1.10.2015], http://pdf.medicalexpo.com/pdf/lindner-group/intelligent-system-solutions-operating-theatres/79598-125351.html

[2] Garbey M., Joerger G., Huang A., Salmon R., Kim J., Sherman V., Dunkin B., Bass B., An intelligent hospital operating room to improve patient health care, Journal of Computational Surgery: Computing, Robotics, and Imaging for the Surgical Platform, ročník 2, číslo 3, 2015, DOI: 10.1186/s40244-015-0016-7, http://computationalsurgery.springeropen.com/articles/10.1186/s40244-015-0016-7#Sec4

[3] Takashi Suzuki et al., 3. Intelligent Operating Theater: Technical Details for Information Broadcasting and Incident Detection System, Journal of Medical and Biological Engineering, ročník 33, číslo 1, 2011, Prosinec, 69-78 s., doi: 10.5405/jmbe.982, http://www.jmbe.org.tw/files/1561/public/1561-4162-1-PB.pdf

zadání platné do:	30.09.2017
Vedoucí:	doc. Ing. František Dohnal, CSc.
Konzultant:	Ing. Josef Špůr (FN Motol OZTI OBMI)(externí)

.....
vedoucí katedry / pracoviště

.....
děkan

V Kladně dne 22.02.2016

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Vybavení inteligentního operačního sálu zdravotnickou technikou“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k závěrečné zprávě.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V ……. dne …… ……

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala doc. Františku Dohnalovi za pomoc při vedení mojí bakalářské práce, konzultantům z oddělení zdravotnické techniky ve FN Motol Ing. Josefu Špůrovi a Ing. Kláře Hiřmanové za cenné konzultace a podpůrné materiály, Ing. Petru Kudrnovi, Ph.D. za cenné rady a pomoc při řešení konceptu inteligentního operačního sálu, asistentu Aleši Guttnerovi z Transkontakt-Medical s.r.o. za podpůrné materiály pro návrh vybavení operačního sálu, mým rodičům za podporu během studia a mému příteli Bc. Aliaksandru Kuchunovi za pomoc během mého tříletého studia a morální oporu.

Název bakalářské práce:

Vybavení inteligentního operačního sálu zdravotnickou technikou

Abstrakt:

Cílem dané práce je navrhnout úpravy existujícího neurochirurgického sálu ve FN Motol pro větší podporu chirurgického týmu, pacientů a členů rodiny pacienta, zvýšení bezpečnosti, preciznosti a rychlosti chirurgických zákroků. Práce zahrnuje přehled současného stavu neurochirurgického sálu vč. zařízení, koncept inteligentního operačního sálu a výzkum směrovaný na návrh vybavení novou komplexnější zdravotnickou technikou, aby se mohl co nejvíce přiblížit existujícím řešením v jiných zemích a aby odpovídal požadavkům lékařů ve FN Motol. Výsledkem práce je seznam vybraných přístrojů, které odpovídají požadavkům na inteligentní operační sál, a doprovodná dokumentace ve formě půdorysů současného stavu sálu a navrženého inteligentního sálu spolu s umístěnými zdravotnickými prostředky.

Klíčová slova:

Inteligentní operační sál, vybavení, zdravotnická technika, FN Motol, neurochirurgie, integrace zdravotnické techniky

Bachelor´s Thesis title:

Facilities intelligent operating theatre by medical technology

Abstract:

The aim of this thesis is to propose an upgrade the existing neurosurgical operating room at hospital Motol in order to increase the level of support of surgical team, patients and family members of the patient, increase safety, precision and speed of surgical procedures. The thesis includes theory about intelligent operating theatre, its concept, an overview of current neurosurgical operating room's state and research, aimed on creating the draft of a new complex theatre with the newest medical equipment in order to get closer to the existing solutions in other countries and fulfill the definition of an intelligent neurosurgical operating theatre. The result is presented as the list of selected equipment being accompanied by documentation in the form of graphical drafts of the theatre's current state and proposed future intelligent theatre along with medical equipment's layout.

Key words:

Intelligent operating room, medical equipment, facilities, hospital Motol, neurosurgery, integration of medical devices

Obsah

Seznam symbolů a zkratek 9
Úvod 12
1 Teoretická část 13
1.1 Přehled současného stavu 13
1.2 Cíle práce 16
1.3 Neurochirurgický operační sál 17
1.4 Operace na neurochirurgickém sále 17
1.5 Zákonné požadavky na vybavení operačního sálu 18
1.6 Zvláštní požadavky na neurochirurgický operační sál 19
1.7 Konfigurace neurochirurgického operačního sálu 19
1.8 Zásuvkové vývody a rozvod plynů 20
1.9 Umístění zdravotnické techniky na operačním sále 21
1.10 Inteligentní operační sál 22
1.11 Integrace dat v inteligentním operačním sále 22
1.12 Nemocniční a klinické informační systémy 25
1.13 Připojení zdravotnické techniky do serveru 26
1.14 Serverové centrum v nemocnici 27
1.15 Distribuce videa a obrazů 27
1.16 Komunikační Standard Health Level 7 28
1.17 Hlasové a gestové ovládání techniky 29
2 Metody 30
3 Praktická část 31
3.1 Neurochirurgický sál pro dospělé ve FN Motol 31
3.2 Přístrojové vybavení na současném operačním sále 31
3.2.1 Anesteziologický přístroj 31
3.2.2 Pojízdný RTG systém 33
3.2.3 Chirurgické lampy 34
3.2.4 Elektrochirurgický generátor 35
3.2.5 Operační mikroskop 36
3.2.6 Monitor vitálních funkcí 37
3.2.7 Odsávací systém 37
3.2.8 Ohřívače krve, infuzních roztoků a pacientů 38

3.2.9 Operační stůl 38
3.2.10 Ultrazvukový chirurgický aspirátor 39
3.2.11 Monitor 40
3.2.12 Neuronavigační systém 40
3.3 Shrnutí nedostatků současného sálu 41
3.4 Požadavky na inteligentní operační sál 41
3.4.1 Požadavky na zdravotnickou techniku 41
3.4.2 Požadavky na stavební řešení inteligentního operačního sálu 43
3.5 Shrnutí požadavků 44
4 Výsledky 45
4.1 Návrh technického vybavení inteligentního sálu ve FN Motol 45
4.2 Výkres navrženého inteligentního operačního sálu 51
5 Diskuze 54
Závěr 56
Seznam použité literatury 58
Seznam obrázků 67
Seznam tabulek 68
Seznam příloh 69
Přílohy 70

Seznam symbolů a zkratek

AAC	Advanced Active Cooling, pokročilé aktivní chlazení
ANSI	American National Standards Institute, Americký národní standardizační institut
AEPs	Auditory evoked potentials, sluchové evokované potenciály
BIS	Bispectral index. bispektrální index
CCD	Charge-coupled device, zařízení s vázanými náboji
CD	Compact disk, kompaktní disk
ČSN	Československá norma
DAP	Dose-area product, dopadová dávka
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine, Digitální zobrazování a komunikace v medicíně
DVD	Digital versatile disc, digitální versatilní disk
DVI	Digital visual interface, digitální zobrazovací rozhraní
EHR	Electronic Health Records, elektronické zdravotní záznamy
EKG	Elektrokardiogram
EMR	Electronic Medical Records, elektronické lékařské záznamy
FN	Fakultní nemocnice
HD	High Definition, vysoké rozlišení
HDD	Hard disk drive, pevný disk
HDMI	High-definition multimedia interface, multimediální rozhraní s vysokým rozlišením
HD-SDI	High-definition serial digital interface, sériové digitální rozhraní s vysokým rozlišením
HEPA	High efficiency particulate arrestance, zachytávání mikročástic s vysokou účinností
HL7	Health level 7
IBP	Invasive blood pressure, invazivní krevní tlak
ICP	Intracranial pressure, intrakraniální tlak
IMV	Intermittent Mandatory Ventilation, intermitentní zástupová ventilace

IOpS	Inteligentní operační sál
ISO/HL7	International Organization for Standardization, Mezinárodní organizace pro normalizaci
IT	Informační technologie
KIS	Klinický informační systém
LAN	Local area network, lokální datová síť
LCD	Lyquid-crystal display, displej z tekutých krystalů
LED	Light emitting diode, dioda emitující světlo
MSF	Multi-Stage Filter, několikastupňový filtr
MZ ČR	Ministerstvo zdravotnictví České republiky
NI	Narcotrend Index
NIBP	Non invasive blood pressure, neinvazivní krevní tlak
NIS	Nemocniční informační systém
NTSC	National Television System(s) Committee, komise celostátního televizního systému
OpS	Operační sál
PACS	Picture archiving and communication system, systém pro archivaci obrázků a komunikaci
PCV	Pressure-Controlled Ventilation, tlakově řízená ventilace
PSI	Patient State Index, pacientský stavový index
PSV	Pressure Support Ventilation, tlakově podporovaná ventilace
RAM	Random Access Memory, paměť s náhodným přístupem
RTG	Rentgen
SDI	Serial Digital Interface, sériové digitální rozhraní
SIMV	Synchronized Intermittent Mechanical Ventilation, synchronizovaná intermitentní mandatorní ventilace
SpO_2	Peripheral capillary oxygen saturation, saturace periferní kapilární krve kyslíkem
S-video	Separate video, rozdílné zobrazení
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol, primární přenosový protokol/protokol síťové vrstvy

TFT	Thin-film transistor, tranzistory typu tenký film
UDP	User datagram procotol, uživatelský datagramový protokol
UPS	Uninterruptible power source, nepřerušitelný zdroj energie
USB	Universal Serial Bus, univerzální sériová sběrnice
VGA	Video Graphics Array, videografické pole
VoIP	Voice over Internet Protocol, protokol přenosu hlasu přes internet
WAN	Wide area network, rozsáhlá datová síť
WLAN	Wireless local area network, bezdrátová lokální síť
ZIS	Zdravotnická izolovaná soustava

Úvod

V současné době nemocnice po celém světě disponují operačními sály, které mohou být použité pro operace s určitou chirurgickou specializací, například neurologickou, kardiologickou, urologickou, gynekologickou, plastickou, oftalmologickou, ortopedickou atd. Kromě obecných přístrojů společných pro veškeré operační sály mohou být dle zákona požadované specifické lékařské přístroje, které tvoří nutné minimum pro provoz daného specializovaného operačního sálu.

V poslední době se ale začínají aktivně vyvíjet nové trendy ve zdravotnictví, které přímo souvisí s globální modernizací a rychlým vývojem technologií. Nemocnice získávají moderní přístroje, které jsou schopné nejen perfektně vykonávat svoje primární funkce, ale i komunikovat s nemocniční infrastrukturou, digitalizovat a posílat výsledky svojí práce na jiný konec světa. Z nemocnice se stává inteligentně propojený systém, který umožňuje nejen rychlý přístup k jakýmkoliv datům, ale také se odlišuje snadnou, rychlou a efektivní prací. Důraz při projektování je kladen na IT infrastrukturu a systémové inženýrství.

Tomuto trendu se nevyhnuli ani operační sály. Dnes už operační sál není jen prostor, kde chirurgický tým bojuje o život pacienta jen pomocí svých dovedností a nástrojů. Moderní operační sál je systém, který obsáhle asistuje chirurgickému týmu pomocí monitorů s vysokým rozlišením, kamer, speciálních stolů atd. - všechno je vytvořeno tak, aby pomáhalo chirurgovi vykonat úspěšný zákrok, minimalizovat lékařské chyby, kontinuálně sledovat stav pacienta a kontrolovat a ovládat takové parametry na sále, jako je teplota i vlhkost. Tím ale modernizace nekončí - možnosti poskytnuté internetem dovolí sledování a asistenci během operace v reálném čase. Takový operační sál, který odpovídá těm nejkritičtějším požadavkům na užitečnost, propojení s infrastrukturou a ovladatelnost, se dá nazvat inteligentním operačním sálem.

Inteligentní operační sály patří k nejmodernějším řešením v oboru medicínských systémů. Spojují v sobě vysoce pokročilé přístroje, které umí spolu komunikovat a které lze ovládat přes jednotné rozhraní, obsahují zobrazovací, nemocniční a informační systémy. Vytvoření návrhu vybavení starého operačního sálu moderní zdravotnickou technikou tak, aby to odpovídalo definici inteligentní OpS, je komplexní procedurou, která se týká všech aspektů projektování a implementace – od kreslení půdorysů současného a navrhovaného stavu sálu až po řešení IT aspektů. Musí se brát v úvahu úplně všechno - zdravotnická technika a její parametry, komunikace mezi technikou a podpora translace obrazových a video dat, RTG (rentgen) kompatibilita některých přístrojů, vzduchotechnika, operační svítidla, která nebrání laminárnímu proudění, podlahy, stěny a stropy ze speciálních látek, přívod médií a vývody elektřiny.

Hlavním úkolem této bakalářské práce byl návrh vybavení inteligentního operačního sálu, specifikace parametrů přístrojů a vytvoření jeho půdorysu. Měla by se ve výsledku zvýšit bezpečnost, účinnost a rychlost a v něm prováděných chirurgických zákroků.

1 Teoretická část

1.1 Přehled současného stavu

Operační sál je místnost v rámci nemocnice, která poskytuje sterilní, bezpečné a pohodlné prostředí pro provedení chirurgických operací. Mezi hlavní úkoly operačního sálu patří realizace komplexu opatření: příprava a provádění anestezie před operačním výkonem za účelem obnovení a udržení narušených funkcí životně důležitých orgánů a sledování pacienta v pooperačním období.

V minulosti však operační sály vypadaly úplně jinak než v dnešní době. Dnes se s rozvojem technologie na trhu objevila složitější zdravotnická technika, která by měla sloužit nejen pacientovi, ale i lékaři. Inteligentnější přístroje povolily rozvoj mikrochirurgii díky rozvoji instrumentária a zobrazovacích systémů, jako jsou např. endoskopy, neuronavigační systémy, mikroskopy a jiné zobrazovací systémy, které pomáhají určit přesné místo nezdravých tkání. [1]

Nedávno se ve vyspělých státech začaly stavět operační sály (OpS), které dostaly název inteligentní operační sály. [2] Jejich hlavním cílem je zvýšení bezpečnosti během chirurgického výkonu, poskytnutí vysoce kvalifikované zdravotní péče účinnými zdravotnickými prostředky, zmenšení únavy lékařského týmu díky vysoké integritě zařízení a uživatelsky přívětivých rozhraní, pomoc operatérovi v průběhu operace. Důležité je i to, že pomocí inteligentního operačního sálu (IOpS) se může zvýšit rychlost a jednoduchost neurochirurgických zákroků. [2]

OpS se nazývají inteligentní, protože tyto sály umožňují sběr pacientských dat, poskytování vynikající zdravotní péče nemocnému a pomoc chirurgickému týmu díky použití pokročilé medicínské techniky [3], která zahrnuje nejen všechny nutné přístroje podle vyhlášky č. 92/2012 Sb. o minimálním věcném vybavení na obyčejných neurochirurgických sálech, ale i moderní integrovanou techniku, jako jsou dotykové monitory, videokamery, počítače atd. Nejnovější technika na IOpS umožňuje vyšší kvalitu přenosu obrazu a integrovanou kontrolu chirurgické techniky, což velice pomáhá lékaři během operace a může pomoct přestat se odvracet od práce, jak bylo zjištěno v práci „Operating room of the future“ od autorů Rasiah Bharathan, Rajesh Aggarwal a Ara Darzi [4]. Tyto přístroje umožňují snímání a zachovávání videa a zvuku v době chirurgického zákroku, posílání obrazových dat externímu lékaři pozorujícímu danou operaci nebo do poslucháren. [2] Kdykoliv může chirurg najít potřebné informace o pacientovi včetně jeho snímků a anamnézy a zobrazit si je na monitorech během své práce. Důležitou součástí IOpS je také vzduchotechnika, která umožňuje snímat nutná data na sále, jako jsou například teplota, vlhkost a počet částic ve vzduchu, která pak posílají do velínu a při výchylce nějakého parametru spouštějí ventilátory, aby se vychýlený parametr vrátil zpět do normy. [5]

Na obrázku č. 1, který je převzat z informační brožury od Rein Medical GmbH a upraven [6], je uvedené vzorové schéma inteligentního operačního sálu včetně vnějších elementů, které s ním komunikují anebo slouží pro komunikaci a reprodukci obrazů a zvuku. U daného řešení kamery a endoskop z IOpS odesílají obrazové

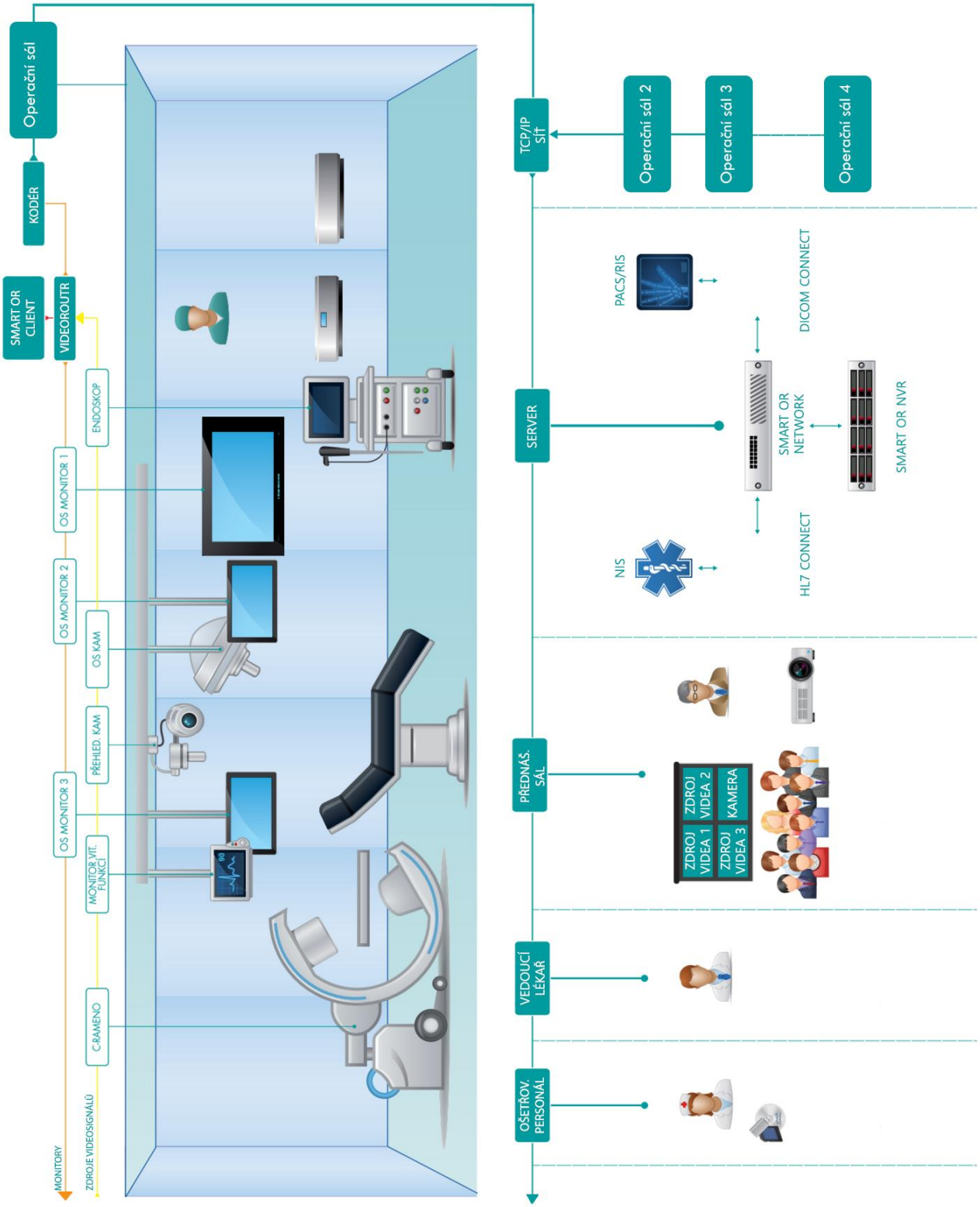
a videozáznamy do videorouteru, který to vysílá buď do lokálních (jako např. monitoru) anebo vzdálených přijímačů (monitory asistenčního lékaře, projektory v posluchárně atd.) využitím globální sítě. Stejným způsobem se uskutečňuje i zpětná komunikace.

IOpS je vybaven datovým centrem, jež propojuje endoskopické nástroje, obrazy z C-ramena, mikroskopu nebo kamer ve světlech na stropě, a umožňuje řízení sálu: nastavení teploty, vlhkosti, ovládání některé techniky. [6] Chirurgický tým může přenášet lékařské snímky a video v reálném čase z endoskopu nebo stropní videokamery do pracovních stanic na operačním sále. Pomocí IOpS je možné kontaktovat ostatní chirurgy pro konzultace v reálném čase a posílat videa se zvukem o momentální situaci na OpS a přijímat informace nebo rady od externisty. Někdy je nutné posílat video a audio informace do posluchárny se studenty pro vědecké účely.

Dalšími specifickými vlastnostmi IOpS jsou možnost shromažďovat údaje o pacientovi, schopnost nahlížet do požadovaných dat a snímků v průběhu operace, ovládání zdravotnické techniky přes jednotné rozhraní. Díky tomu se operatér může soustředit na zdokonalování své chirurgické techniky spíše než na řízení různých částí vybavení. [2] Právě díky těmto vyjmenovaným bodům se podobné sály nazývají inteligentní.

Většina inteligentních operačních sálů je soustředěna ve vyspělých státech, ale jsou určitě i výjimky. Tyhle operační sály mohou mít různé specializace jako kardiochirurgie, neurochirurgie, obecná chirurgie atd. Nejvýznamnější reference jsou Children's Hospital v Bostonu [7] (pediatrická neurovaskulární chirurgie), The Cleveland Clinic v Clevelandu [8] (kardiovaskulární chirurgie), Brigham and Women's Hospital [9] (neurochirurgie) v USA. Dále existuje CEA-Clinatec v Grenoblu, Francie [10], University Hospital Tübingen, Německo. [11] V Austrálii se nachází Canberra Hospital (neurochirurgie). [12] Jako jeden příklad v České republice lze uvést neurochirurgický inteligentní sál pro děti ve fakultní nemocnice Motol. [13]

Jako příklad lze uvést operační sál nemocnice ve městě Aalst, Belgie. [14] Během srovnatelně krátkého období byl její zastaralý operační sál z roku 1989 za těsné spolupráce s firmami BOECKX a Maquet transformován do inovativního komplexu péče, který má v sobě sedm ultramoderních operačních sálů.



Obrázek č. 1: Inteligentní operační sál

Tahle stavba kombinuje použití nejmodernějších digitálních přístrojů s nejpromyšlenější logistikou péčí a také vysoce kvalitních, bezpečných jednotek přístrojů se zvláštním důrazem na hygienu a úpravu vzduchu. Každý operační sál byl vybaven novými operačními stoly a lampami, dvěma počítači, pracovní stanicí s 42" monitory, dvěma menšími asistenčními monitory. Přenos dat a jiných nutných informací z přístrojů nebo klinického informačního systému (KIS) se uskutečňuje pomocí rychlé datové sítě s rychlostí 10 Gb/s a za použití optického vlákna. [14]

Na obrázku č. 2 vidíme daný inteligentní operační sál, který je centrem celého operačního komplexu. [14] Tento sál je víceúčelový - může být použit jak pro kardiochirurgii a endovaskulární chirurgii, tak i pro neurochirurgii. Na IOpS se nachází speciální RTG systém od firmy Philips, který se může pohybovat kolem operačního stolu pomocí speciálního železničního systému.

Obrázek č. 2: Digital Operating Theatre, Aalst

1.2 Cíle práce

V roce 1999 Institut medicíny ve svém reportu „To Err is Human: building a safer health system“ uvedl, že lékařské chyby způsobují mezi 44 000 a 98 000 úmrtí v amerických nemocnicích ročně. [15] Vzhledem k takové statistice se otázka minimalizace počtu lékařských chyb stává kritickou. V článku „Operating Room Integration and Display Systems“ autora Sung Fang je uvedeno, že jedním z možných způsobů snížení této statistiky je integrace operačního sálu. [16] Proto je cílem bakalářské práce návrh vybavení inteligentního neurochirurgického operačního sálu ve FN Motol moderní zdravotnickou technikou, která by snížila možná rizika během neurochirurgických výkonů. Pacienti by dostávali co nejkvalitnější zdravotní péči.

Ve FN Motol se nachází relativně zastaralý neurochirurgický sál pro dospělé a nedávno zrekonstruovaný operační sál pro děti. Jako objekt dané práce byl vybrán první sál. Cíle této práce jsou:

1. Definice pojmu „inteligentní operační sál“, jeho podstaty, cíle, funkcionality a specifické požadavky, blokové schéma konceptu IOpS.
2. Soupis zařízení nacházejících se na neurochirurgickém sále pro dospělé ve FN Motol, uvedení jejich parametrů.
3. Posouzení, zda existující OpS odpovídá definici inteligentního operačního sálu.
4. Návrh techniky a jejích parametrů pro operační sál ve FN Motol, aby odpovídal požadavkům na inteligentní OpS.
5. Půdorys stávajícího sálu a navrženého IOpS s návrhem umístění techniky v AutoCADu včetně veškerého vybavení a příslušenství.

1.3 Neurochirurgický operační sál

Neurochirurgie je relativně nové odvětví chirurgie zabývající se léčbou onemocnění nervového systému: mozku, periferního nervového systému, míchy a páteři. Neurochirurgické operace jsou prováděny na neurochirurgickém operačním sále, který je vysoce rizikovým, dynamickým a technologicky pokročilým prostředím, v němž lékařské týmy provádí složité úkoly pro poskytnutí co nejbezpečnější a nejúčinnější léčby. Díky pokročilým zobrazovacím systémům, mikrochirurgickým technikám, instrumentáriu a antisepsi mohou dnes chirurgové snadněji lokalizovat mozkové nádory a vybrat následnou terapii pro jejich léčení. [17]

Uspořádání neurochirurgického sálu je standardizováno s cílem zajistit bezpečné a účinné provozní podmínky pro komplexní neurochirurgické procedury a zdravotní péči. Normy pro konfiguraci operačního sálu jsou stanoveny hlavně zákonem státu, ve kterém se nachází neurochirurgické pracoviště, a také nemocnicí. [18] Existuje několik právních norem, které operační sál v nemocnici musí splňovat. Zákony přesně definují nezbytné požadavky pro jeho správné fungování, konkrétně se jedná o vyhlášku č. 92/2012 Sb., o požadavcích na minimální technické a věcné vybavení zdravotnických zařízení. [19] V této vyhlášce jsou popsány společné požadavky na operační sály v nemocnicích, jejich věcné vybavení a také zvláště na operační sály v oboru neurochirurgie. Jsou tam dále popsány minimální i optimální prostorové podmínky operačních sálů podle jejich specializace. Podle manuálu ministerstva zdravotnictví České republiky (MZ ČR), kde jsou uvedeny stavebně-bezpečnostní požadavky, OpS musí být umístěn v místnosti vybavené autonomním systémem vzduchotechniky, který poskytuje normované parametry mikroklimatu a laminárního proudění vzduchu pro zajištění mikrobiologické čistoty vzduchu. [20]

1.4 Operace na neurochirurgickém sále

Všechny operace, které se konají na neurochirurgickém OpS, se dají roztřídit do dvou skupin: akutní a plánované. Akutní operace jsou ty, které vyžadují okamžitou chirurgickou pomoc a jsou důsledkem úrazu nebo nemoci a jejích symptomů, kvůli nimž

se pacient dostal do akutního stavu. Na rozdíl od akutních nejsou plánované operace vynucenou mírou akutního stavu, pacient a lékaři jsou tedy připraveni k výkonu.

Do skupiny operačních výkonů na hlavě a nitrolebních strukturách patří kraniotomie. Při kraniotomii je otevřena lebeční dutina a lékaři řeší nitrolební patologie, jako je aneurysma, nádory a záchvaty. Do této skupiny patří také cévní operace, například posouzení průchodnosti cév po výstřihu. Poloha pacienta je dle výkonu na zádech, na boku, břiše nebo vsedě a hlava je uchycena v tříbodové fixaci. [21]

Mezi operační výkony na páteři patří operace na lumbální, cervikální, torakální páteři z předního i zadního přístupu a jsou řešena degenerativní onemocněni meziobratlových plotének a nádory. Běžné páteřní patologie zahrnují kýly disků, spinální stenózu, degenerativní artritidu, vrozené deformity, zlomeniny, nádory, abscesy a hematomy. Operace jsou vedeny v celkové anestézii, poloha pacienta je na zádech, boku a břiše. [21]

Operační výkony na periferních nervech zahrnují výkony na horní nebo dolní končetině, jako jsou například deliberace nervu v karpálním nebo kubitálním kanálu, transplantace části nervu při poranění periferního nervu nebo jeho spojení při přerušení. Cílem těchto operací je uvolnit tlak vyvinutý na nerv od okolních struktur, které způsobují jeho poškození. Operace mohou být vedeny v místní, svodné nebo celkové anestézii. Poloha pacienta u výkonů na horní končetině je většinou na zádech s horní končetinou umístěnou od těla na přídavném stolku. Poloha u výkonů na dolní končetině je na boku, na břiše nebo na zádech. [21]

1.5 Zákonné požadavky na vybavení operačního sálu

Chirurgické sály použité pro neurochirurgii musí být navrženy tak, aby byly přizpůsobeny celé řadě různých typů operačních zákroků. Vybavení neurochirurgického operačního sálu se dá rozdělit do dvou skupin: obecné zařízení, které je společné pro všechny typy operačních sálů, a speciální zařízení, které je charakteristické pro neurochirurgické OpS. Dané seznamy se povinně řídí podle vyhlášky č. 92/2012 Sb. o požadavcích na minimální technické a věcné vybavení zdravotnických zařízení a kontaktních pracovišť domácí péče k zákonu č. 372/2011 Sb. o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování. [19] V dané vyhlášce jsou analyzované požadavky na vybavení operačních sálu a jsou popsány minimální nutné přístroje. Seznam nutných přístrojů z dané vyhlášky je uveden v tabulce č. 1.

Podle vyhlášky č. 92/2012 Sb. se na operačním sále také musí nacházet instrumentační stolek, kontejnery na sterilní materiál a nástroje, kontejner na použitý operační materiál, instrumentárium a úložné plochy a pojízdné stolky pro instrumentarium a přístroje. [19]

Tabulka č. 1: Minimální věcné vybavení OpS

Operační stůl
Operační lampa a satelit
Anesteziologický přístroj
Defibrilátor
Monitor vitálních funkcí
Elektrochirurgický generátor
Elektrický odsávací systém
Infuzní pumpa
Dávkovač stříkačkový
Zdroj medicinálního kyslíku a tlakového vzduchu

1.6 Zvláštní požadavky na neurochirurgický operační sál

V části II vyhlášky č. 92/2012 Sb. jsou podrobněji rozebrány zvláštní požadavky na vybavení neurochirurgického operačního sálu přístroji, které jsou uvedené v tabulce č. 2. [19]

Tabulka č. 2: Zvláštní požadavky na neurochirurgický operační sál

Elektroencefalograf
Elektromyograf
Zařízení pro zvlhčování dýchacích cest
Operační mikroskop
Tříbodový držák hlavy
Vysokorychlostní vrtačka
Kavitační chirurgický aspirátor
Jednotka ohřívací
Neurologické kladívko

1.7 Konfigurace neurochirurgického operačního sálu

Při plánování operačního sálu pro neurochirurgii je nutno uvažovat rozměr prostoru, lokaci a požadavky pro daný neurochirurgický zákrok. Podle vyhlášky č. 92/2012 Sb. by měl operační sál splňovat několik důležitých požadavků: jeho minimální plocha musí být 20 m^2, ale doporučená plocha pro obyčejné sály je 36 m^2,

plocha pro specializované neurochirurgické sály činí 42 m^2. [19] Operační sál musí být umístěn tak, aby co maximálně byly omezeny rušivé vlivy z okolí. [20]

OpS se skládá ze samotného operačního sálu, umývárny lékařů, anestetické místnosti, místnosti pro dekontaminaci instrumentária, skladu sterilního materiálu, přípravny pacienta, skladu kontejnerů a chodby pro odvoz pacienta. Společné prostory pro několik sálů jsou: filtr pro personál, chodba pro personál/pro převoz pacientů, překladiště pacienta, denní místnost pro personál, sociální zařízení, lékařský protokol, sklady přístrojů, sklady sterilního materiálu, sklady nesterilního materiálu, dospávací pokoj, úklidová místnost a místnost pro skladování odpadu. [22]

Ze stavebních standardů MZ ČR vyplývá, že operační sál by měl mít jednolité podlahy s antistatickou úpravou, aby nevznikal elektrostatický výboj, a hladké stěny a stropy, které lze snadno dezinfikovat. [20]

Vzduchotechnika operačního sálu zajišťuje kvalitu vzduchu podle směrnice ČSN EN ISO 14644-1 pomocí HEPA filtrů (filtry s vysokou účinností zachytávají mikročástice). [23] Celý komplex by měl být vzduchotěsný a přetlakovým režimem, aby vzduch proudil do méně čistých prostorů. [20] Zpravidla se používá ochranná pásma 3m x 3m, realizována pomocí výstupu laminárního proudění. [23]

Prezence náhradního zdroje elektrické energie je velice důležitým požadavkem, jako např. dieselagregátu nebo nepřerušitelného zdroje energie (UPS) pro poskytování elektrické energie v případech výpadku elektřiny. [25] Na operačním sále jsou také přítomné vývody elektřiny a medií. Ty jsou uvedené v tabulce č. 3 spolu s jejich doporučeným počtem. [20]

Tabulka č. 3: Vývody medicinálních plynů a zdrojů elektrického napětí na sále.

Operační sál, vývody	Počet
Vakuum	2
Zdroj elektrického napětí, zásuvky	10
Zdroj elektrického napětí pro RTG	2
Kyslík	2
Oxid dusný	2
Stlačený vzduch	2

Ochranu proti rentgenovému záření (obvykle pomocí speciálních skel nebo plechů z olova) lze použít ve stěnách, dveřích a oknech. [24]

1.8 Zásuvkové vývody a rozvod plynů

Dle normy ČSN 33 2140 jsou kvůli rozlišení jednotlivých sítí zásuvkové vývody v medicínských místnostech barevně odlišeny. Zásuvky se zeleným krytem slouží důležitým obvodům, k nim se připojuje technika, která při výpadku energie neohrozí život pacienta. Při poruše dodávky elektřiny startuje dieselagregát, který dodává proud do dvou

minut po výpadku. K zásuvkám se žlutým krytem se připojují zdravotnické přístroje, které při výpadku mohou ohrozit život pacienta. Síť se nazývá zdravotnická izolovaná soustava (ZIS), má zálohu v podobě dieselagregátu, který také zálohuje síť s časovým zpožděním do dvou minut. Rysem této sítě je oddělení s oddělovacím transformátorem - pokud dojde k nějaké závadě na izolaci, lékař bude schopen dokončit operační výkon. Velice důležité obvody mají oranžové zásuvky. Je u nich realizováno napájení pomocí UPS. Ten dodává elektrický proud do 15 sekund po výpadku, poskytuje tím samým způsobem krátkodobé napájení do dvou minut, než se rozjede dieselagregátu. K tomuto obvodu lze připojovat životně důležité přístroje, např. plicní ventilátor. Pro označení méně důležitých obvodů určených např. pro RTG se používá hnědá barva zásuvek. Mají zvýšenou ochranu proudovými chrániči, nejsou ale zajištěny proti výpadkům proudu. [26]

Centrální rozvody medicinálních plynů jsou v současnosti nejčastějším způsobem zásobování zdravotnických pracovišť plyny. Patří sem primární, sekundární a rezervní zdroj plynu nebo podtlaku, tlakové stanice, redukční panely a redukční skříně, ventilové skříně a záložní vstupy, snímače fyzikálních veličin s napojením na vyhodnocení alarmů a nakonec zdravotnické napájecí jednotky s terminálními jednotkami. [27]

Primární zdroj plynu pro centrální rozvod se rozlišuje podle druhu plynu, zdrojem stlačeného medicinálního vzduchu je ale vždy kompresor. Oxid dusný a oxid uhličitý se dodávají výhradně v tlakových lahvích v kapalném stavu. Tento tlak je před přivedením plynu na místo jeho spotřeby redukován v redukčním panelu na provozní tlak. Zdrojem podtlaku v daném případě jsou vakuové pumpy funkčně podobné kompresoru, ale v obraceném směru. [27]

Redukční panel je zařízení, sloužící pro redukci tlaku dodávaného plynu na použitelnou úroveň. Obsahuje snímače tlaku pro příslušný rozvod plynu, vstupy pro napojení záložních lahví, uzávěry, kterými je možno v případě potřeby uzavřít přívod plynu do celého oddělení, a vyhodnocovací panel poruch. [27]

Všechny výše uvedené komponenty rozvodů jsou mezi sebou spojeny pevným měděným potrubím. V prostorách u primárních zdrojů bývají vedeny na povrchu, v léčebných částech nemocnic pak pod povrchem zdí nebo stropů. Vyústění rozvodů na povrch je vždy provedeno tzv. rychlospojkou. [27]

1.9 Umístění zdravotnické techniky na operačním sále

Základní konfigurace operačního sálu se musí přizpůsobit jakémukoliv neurochirurgickému zákroku, vyžadujícímu pozici vleže, vsedě, na břiše nebo boku. Doprostřed sálu je dodán operační stůl, který musí mít kolem sebe dostatečný prostor nejen pro chirurgy a asistenční personál, ale také i další zařízení. Některé chirurgické zákroky vyžadují přidání tříbodového držáku hlavy pro fixaci. [18] Operační mikroskop obvykle stojí u hlavy pacienta, jeho binokulární tubus je sterilně zabalen, aby ho lékaři mohli používat. Mikroskop lze přemístit podle potřeb během chirurgických výkonů na páteři. [18]

Prostorové a institucionální zvyky často diktují, které zařízení je mobilní: může to být např. anesteziologický přístroj monitor vitálních funkcí, neuronavigační systém. [18]

Odsávací kanystry, odpadkové kontejnery a pojízdné vědro jsou běžně umístěny podél dolní části stolu. Je doporučeno, aby se některé přístroje nacházely na stropních závěsech, např. elektrochirurgický generátor a defibrilátor. [20] Operační lampy jsou umístěné na stropě operačního sálu.

Instrumentační stolek s instrumentáriem a vrtačka se nachází u hlavy pacienta. [18] Nábytek jako stolky na odkládání nástrojů, dvojitý stojan na misky atd. může být během operace polohován podle potřeb chirurgů a zdravotních sester. Ohřívač infuzních roztoků také stojí v nesterilní části sálu. Některé přístroje mohou být dodány do větší vzdálenosti. Jsou to například monitory sestavené v systému monitorových rámů (buď z jedné, anebo z obou stran). [28]

1.10 Inteligentní operační sál

Operační sál současnosti může být teoreticky brzy nahrazen operačním sálem budoucnosti, to znamená inteligentním OpS, který má k dispozici systémy s rozšířenými počítačovými systémy a sítěmi lékařských přístrojů, které jsou mezi sebou propojeny a ovládány přes jednotné rozhraní. Inteligentní OpS umožní nové, minimálně invazivní chirurgické postupy, které mají za následek rychlejší operační časy a zvýšenou produktivitu, jakož i snížení pravděpodobnosti poranění pacienta, zkrácení času uzdravení a snížení nákladů pacientů. [2] Tyto sály navíc umožňují snímání videa pomocí videokamer, které mohou být umístěny v operačních světlech, mikroskopu, laparoskopické sestavě a posílání dat v reálném čase externě do poslucháren nebo jiným lékařům pro konzultaci online. Odbornou konzultaci externích chirurgů v podobě videa a zvukového doprovodu lze sledovat na monitoru. Zvuk je reprodukován pomocí audiosystémů.

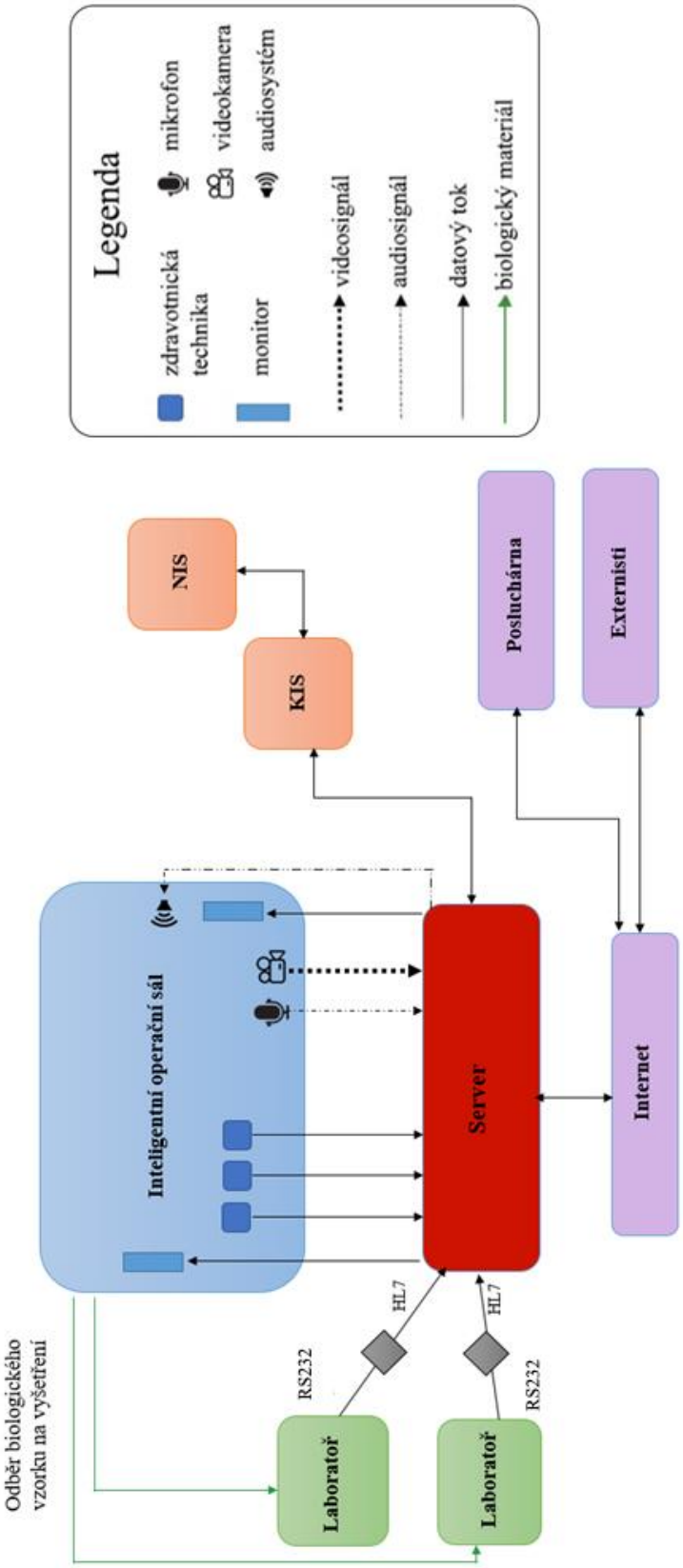
Moderní operační sály směřují dnes k tomu, aby byly plně integrovány. [29] Cílem této integrace je podpora složitých moderních chirurgických zákroků. Většina přístrojů je propojena s datovým centrem, které se nachází ve speciální chlazené místnosti, propojuje IOpS s nemocničním informačním systémem (NIS), KIS a umožňuje externí komunikaci v podobě přenosu videa do třetích stran, zajišťuje správné fungování operačního systému v OpS. [16] Na inteligentním operačním sále se používají moderní digitálně integrovaná zařízení, která poskytují informace o pacientovi během chirurgických zákroků pomocí systémů NIS a KIS, aby chirurgický tým měl přístup k snímkům pacienta a mohl v případě potřeby odesílat tyto obrazy z operačního sálu jiným specialistům pro konzultace v reálném čase. [16]

1.11 Integrace dat v inteligentním operačním sále

Nejdůležitějším bodem při projektování inteligentního operačního sálu je integrace dat. Důvodem je skutečnost, že během chirurgického zákroku lékař potřebuje přístup k informaci o pacientech, minulým výsledkům vyšetření a snímkům za stálého sledování aktuálního klinického stavu pacienta ve statickém a video formátu na více monitorech současně. [2]

Na obrázku č. 3 je zaznamenána systémová architektura inteligentního operačního sálu. Datové toky musí být mezi sebou propojené a IOpS musí mít zajištěnou datovou integraci s KIS. Tyto úkoly mohou být zajištěny pomocí integračního systému (serveru). [30] Zařízení, které slouží jako jádro celého systému, má na starosti řadu dalších úkolů: z integračního pohledu slouží jako router - určuje směr pohybu a kontroluje přenos dat. Protože koncepce IOpS naznačuje, že lékař musí mít přehled o aktuálním stavu pacienta, je nezbytností vybavení inteligentního operačního sálu kvalitními lékařskými monitory, umožňujícími ale nejen přístup k výsledkům testů a datům z různých nemocničních datových systémů, ale i kontrolu systémů a zařízení, koordinovaný okamžitý přístup a přepínání zdrojů dat monitorů, kamer, počítačů, které mohou zachytit data a snímky z aktuálního postupu pro budoucí revizi a použití. [30] V zásadě to může být buď speciální verze populárních operačních systémů jako např. Windows, Linux, atd., s předinstalovanými ovládači a softwarem, nebo OS vytvořený konkrétně pro operační sály.

Zařízení na inteligentním operačním sále může být připojeno k integrátoru buď drátově (Ethernet), nebo bezdrátově (Bluetooth, Wi-Fi). Připojení pro zařízení, které potřebuje, ale nemá nativní podporu standardu HL7, prochází přes universální konverter dat. Ethernet (stejně jako ostatní vodiče) prochází přes strop a ramena.

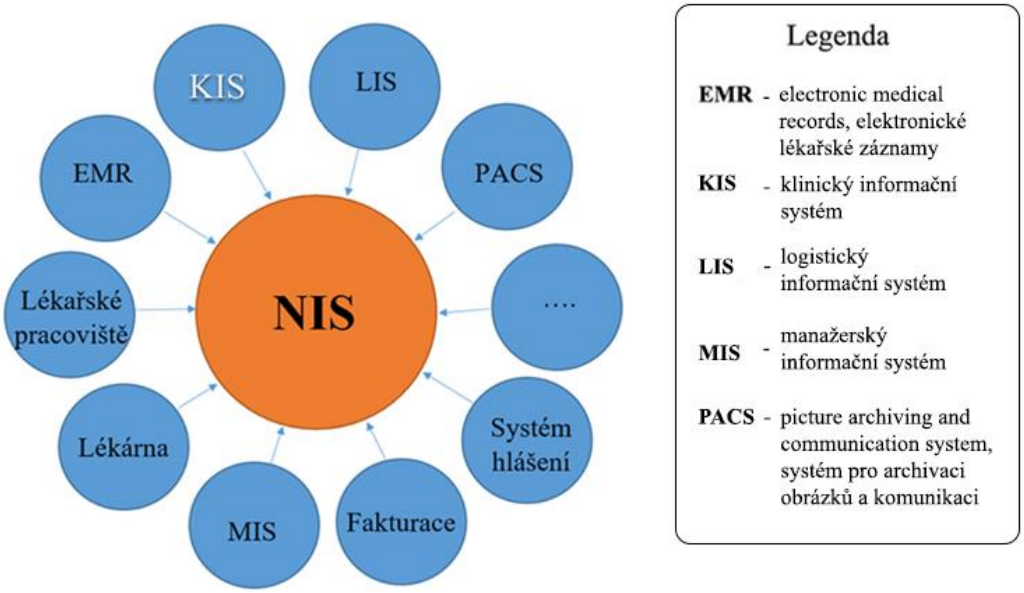


Obrázek č. 3: Koncept inteligentního operačního sálu

1.12 Nemocniční a klinické informační systémy

Významnou charakteristikou IOpS je to, že je spojen s okolím nejen z technického, ale i z informačního hlediska. Jako motivace slouží různé okolnosti operace, např. potřeba rychlého náhledu do minulých vyšetření operovaného pacienta a jeho dříve pořízených snímků (např. RTG) anebo zjednodušení legislativních procesů, jako ukládání záznamů z operace atd. [16] V takových případech se dá říct, že operační sál komunikuje s nemocničním informačním systémem.

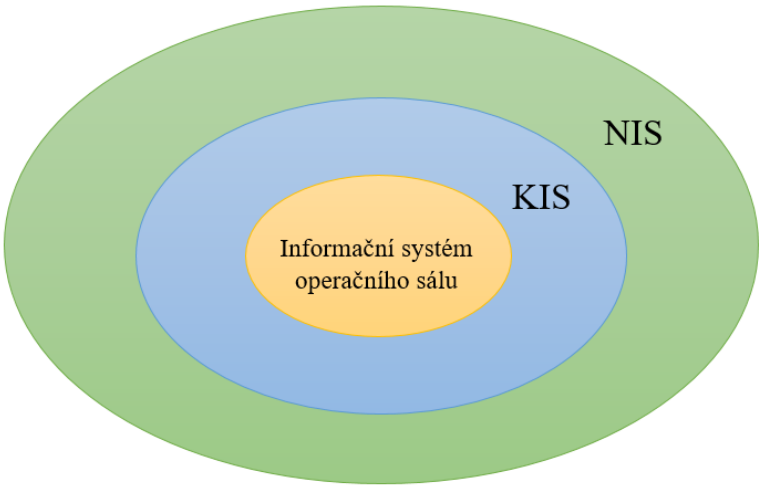
Nemocniční informační systém (NIS) je jedním z typů zdravotnického informačního systému, který je vytvořený pro nemocnice za účelem podpory její činnosti. Struktura NIS, jeho komponenty a vztahy jsou na obrázku č. 4. Používá se pro poskytování materiálního a technického zabezpečení, financování a řízení zdravotní péče, obsahuje také kontrolní a statistické mechanismy. V takovém systému jsou data koherentně uložena v databázi, v níž jsou k dispozici autorizovaným uživatelům v místě a čase jejich potřeby, dostupná v různých formátech podle specifických požadavků uživatelů. [31] Tento typ zdravotnického informačního systému je z hlediska IOpS nejdůležitějším hlavně proto, že se systémy daného typu komunikují a postihují všechno, co se týká nemocnice. Většina z těchto dat ale není z hlediska IOpS důležitá (jako např. údaje o bezhotovostní transakci při nákupu v lékárně). Inteligentní operační sál komunikuje hlavně s tou částí NIS, která se jmenuje klinický informační systém. [32]



Obrázek č. 4: NIS a jeho součásti

KIS je součástí NIS, která zodpovídá za pořízení, uchování, manipulace a distribuce dat pacientů a záznamů o jejich léčbě. [32] Mezi hlavní funkce KIS patří chorobopisy, evidence pacientů, lůžek, medikace, výsledkové listy, uchovávání nálezů, propojení EMR/EHR (elektronických lékařských záznamů/ elektronických zdravotních záznamů), objednávání pacientů, organizace provozu. [33] Při plánování a během chirurgických výkonů se operatér a ostatní personál může seznámit s historií pacienta, jeho stavem, výsledky vyšetření atd. Po operaci se pomocí KIS ukládá zpráva o provedené operaci

včetně možného videozáznamu. Jako příklad potenciálně použitelného klinického informačního systému může být uveden MetaVision Suite od společnosti iMDsoft. [33] Na obrázku č. 5 lze vidět informační systém operačního sálu spolu s KIS a NIS.



Obrázek č. 5: Informační systém operačního sálu

1.13 Připojení zdravotnické techniky do serveru

Propojení mezi zdravotnickými prostředky a serverem může být uskutečněno datovým rozvodem, který je spolehlivější než bezdrátový hlavně kvůli stabilitě signálu a přenosu, protože není ovlivněn vnějšími faktory, jako je například tloušťka stěn atd. Tato stabilita výrazně snižuje pravděpodobnost výskytu artefaktů na videu (hlavně kvůli tomu, že uživatelský datagramový protokol (UDP), který se používá pro přenos videa, se sám o sobě nedá považovat za dostatečně spolehlivý), což může výrazně ovlivnit vnímání aktuální situace například u kontrolujícího lékaře. [34]

Nejčastěji používaným standardem pro lokální datovou síť (LAN) je Ethernet. Pro tento standard je charakteristický konektor RJ45. Tento standard většinou nevyžaduje žádné instalace dodatečných prostředků jako např. ovladačů, popř. výrobce sám dodává software, který konfiguruje prvky sítě (lékařské přístroje) a zajišťuje akvizici a zobrazení dat. Hlavními výhodami použití tohoto standardu jsou vysoká propustnost sběrnice (B, G, N = 10, 100, 1000 Mbit/s), stabilita přenosu a odolnost vůči vnějším vlivům, jako je např. změna počasí atd. Nevýhodou je hlavně nutnost použití kabelu. Z toho plyne vyšší pravděpodobnost poškození a vypojení a délkou kabelu je ovlivněn i dosah sítě. Nicméně kvůli své stabilitě je mnohem více vyhovující variantou pro komunikaci mezi OpS a datovým centrem než bezdrátová lokální síť (WLAN).

1.14 Serverové centrum v nemocnici

Pojmem serverové centrum se označují typy počítačů odolné vůči velkým zátěžím, které jsou určeny pro nějaké zvláštní úkoly. Obyčejné PC, i když teoreticky mohou nahradit servery, nemohou poskytnout specifické služby na takové úrovni, protože servery mají v podstatě jinou architekturu. [35] Je to kombinace jiných operačních systémů (Microsoft Windows Server, Unix, Solaris apod.) s jinými typy procesorů (Intel Xeon, AMD Opteron).

V konceptu návrhu IOpS hraje server jednu z nejdůležitějších rolí. Je obrazně řečeno „jádrem" celého systému, který spojuje mezi sebou operační sál, NIS, KIS a externí komunikaci. Hlavní funkce serveru spočívají v zajištění běhu operačního systému v OpS, v zajištění komunikace mezi jednotkami přístrojů, v provozu přenosu videa a zvuku z OpS do třetích stran, v transakci dokumentů z NIS nebo do NIS, v dočasném ukládání dat z operačního zákroku.

1.15 Distribuce videa a obrazů

V inteligentním OpS jsou zdroje videa, např. kamery v operačním světle, video z mikroskopu přiváděny do matice přepínače a vysílají informace do různých zařízení nebo monitorů na sále. V některých případech jsou videa z těchto proudů uložená v počítačích, aby bylo možné si je prohlédnout v budoucnosti, a některé videa jsou vysílána do ordinace a výzkumného ústavu nebo poslucháren pomocí integračního systému přes interní síť nemocnice (LAN). [16]

Zachované videozáznamy mohou být použité pro rozpoznávání nežádoucích příhod. Zaznamenaná data jsou objektivní a lze je analyzovat pro nalezení rizikových faktorů a snížení rizika možných lékařských chyb. Pokud počítač může automaticky odhalovat peroperační incidenty, chirurg může strávit méně času a úsilí hledáním incidentů z videa nebo protokolu. [29]

Někdy je peroperační informace přenášena do institutu výzkumu nebo kanceláře externího doktora pomocí rozsáhlé datové sítě (WAN). Jiný chirurg může pozorovat operaci bez nutnosti vstupu do operační místnosti a může se připojit k peroperativnímu replánování chirurgického postupu a rozhodování během operace.

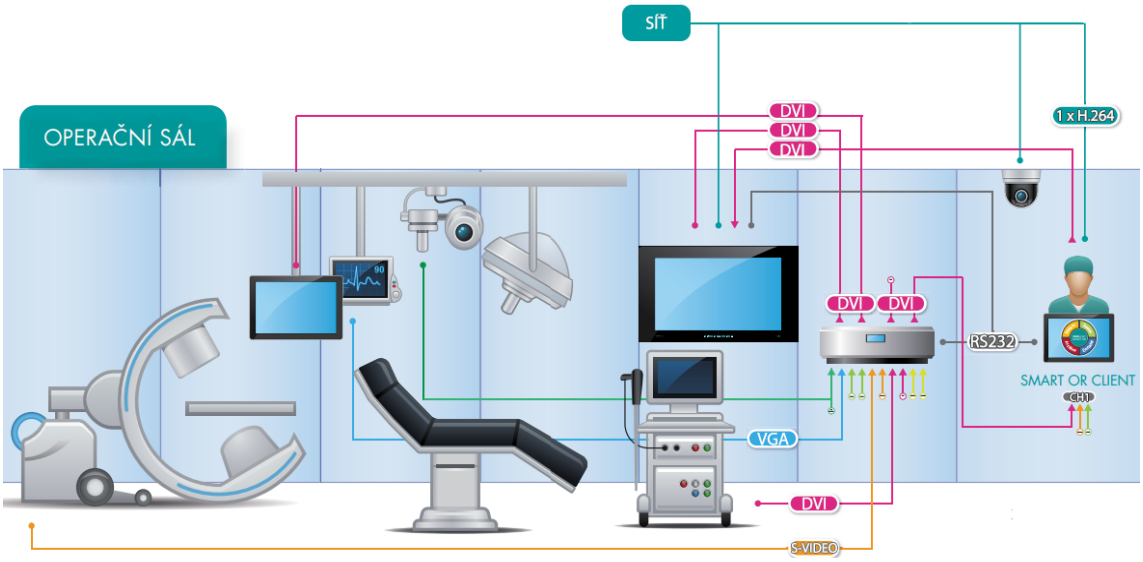
Během chirurgického výkonu může být nutné provedení biopsie tkání. Patolog neví, kdy operující chirurg potřebuje akutní patologické vyšetření během výkonu. V dnešní době se patolog může dívat na operační proces pomocí vysílané video informace.

Problémem pro záznamový systém je měnící se standard videozařízení. Videosignály mají několik standardů a rozhraní, například DVI (digitální zobrazovací rozhraní), HDMI (multimediální rozhraní s vysokým rozlišením), HD-SDI (sériové digitální rozhraní s vysokým rozlišením) a 3G-SDI (sériové digitální rozhraní). Často se používá HDMI rozhraní, ale nejaktuálnější je 3G-SDI, který podporuje 4K rozlišení. Důležité je také například kvalitní stabilní a rychlé připojení k síti.

Z inteligentního OpS se také může uskutečňovat přenos medicinských obrazů. Za tento typ přenosu zodpovídá standard DICOM (digitální zobrazování a komunikace v medicíně), který se používá pro datové operace (čtení, ukládaní, tisk) u výsledků

získaných z medicinských snímacích přístrojů. DICOM definuje informační objekty nejen pro obrazovou informaci, ale i pro pacientská data. Umožňuje realizovat nejen přenos medicínských obrazů mezi přístroji různých výrobců, ale i tvorbu a rozvoj archivních a komunikačních systémů pro komunikaci a archivaci obrazu (PACS). Je aplikovatelný v síťovém prostředí a podporuje síťové operace s využitím síťového protokolu průmyslového standardu TCP/IP (primární přenosový protokol/protokol síťové vrstvy). PACS je technologie, která se používá v různých přístrojích a systémech, od rentgenů do NIS, pro práci s obrazovou dokumentaci, např. ukládání, přenos a zobrazení. PACS je složen ze čtyř částí: obrazové dokumentace, zabezpečené sítě, cílové stanice a úložiště dat. [36]

Podrobnější vzor komunikačního schématu je rozebrán na obrázku č. 5, který je převzat z informační brožury od Rein Medical GmbH a upraven. [37] Na daném příkladu lze vidět, že pro posílání videa a obrazů do různých zdrojů se tady používá buď standard DVI (pro větší monitory a kontrolní panel OpS), VGA a RS-232 (pro monitor vitálních funkcí) anebo S-Video (pro C-rameno).



Obrázek č. 6: Příklad distrubuce videa na operačním sále

1.16 Komunikační Standard Health Level 7

Nejuznávanější mezinárodní sadou standardů určujících formát, strukturu a restrikce pro data v softwarových aplikacích je tak zvaný Health Level 7 (nebo HL7). HL7 současně obsahuje spoustu standardů určujících komunikační normy pro transakce, dokumenty, shrnutí, vizuální integraci atd., z nichž je 6 primárních. Kromě toho jsou také hodně uznávané Americkým národním standardizačním institutem (ANSI). HL7 poskytuje strukturovaný přenos údajů. Například pomocí automatického vyhodnocení elektrokardiogramu může být do záznamů zahrnuta i diagnóza. Software monitoru zajišťuje správné kódování zpráv podle použitého standardu. Tyto zprávy jsou posílány do hlavní aplikace, která je dekóduje a začleňuje do správných položek pacientů. [38]

V kontextu IOpS je využití daného standardu důležité kvůli tomu, že je obecně uznávaný, umožňuje snadnou komunikaci mezi sálem a jakoukoliv jinou medicínskou instancí. Umožňuje rychlé zpracování výsledků vyšetření a jejich zobrazování prostředky IOpS. Probíhá to následujícím způsobem: na serveru běží unifikovaný překladač, který převádí výsledky do formátu HL7. Až v laboratoři budou mít výsledky potřebované analýzy, odesílají je do OpS. Tato data jsou převedená (pokud již nebyla) do formátu HL7 a zobrazena operujícímu personálu. Proto je nutné uvažovat o instalaci enkoderů/dekoderů v případě, že se předpokládají nějaké transakce ze zařízení, které nemá nativní podporu HL7. Jedním z takových řešení je integrační nástroj Iguana od společnosti Interfaceware. [39] Tento multiplatformový nástroj může oboustranně překládat data z databázi, NIS, zařízení OpS do standardu HL7 a zpět.

1.17 Hlasové a gestové ovládání techniky

Zdravotnické prostředky používané v operačních sálech jsou stále ovládané pomocí konvenčních fyzikálních metod. Vzhledem k tomu, že chirurgický zákrok vyžaduje sterilní prostředí a chirurgové mají pouze dvě ruce, provoz lékařského zařízení potřebuje několik chirurgických asistentů. Nicméně pravidelně se vyskytují nějaké problémy, například špatná alokace kontrolních panelů, nepochopení mezi asistenty a jejich osobní chyby. Tyto faktory snižují efektivitu a úspěšnost zákroku. [40]

Gesto je „bezdotykovým" mechanismem pro chirurgy k interakci se zobrazovacími systémy, displejem a ovladačem bez porušení sterility. Gestová interakce prokázala, že je schopna neporušovat sterilitu. Ale existují případy, kdy gesto představuje určité výzvy pro operační kliniky, jakož i zavedení některých extra nákladů na chirurgický tým. Další omezení souvisí také s tělesnými a prostorovými požadavky systému. V průběhu zákroku jsou často obě ruce chirurga zaměstnané, což komplikuje a občas i znemožňuje gestové ovládání. [40]

Alternativní metodou bezdotykového ovládání je hlasové ovládání. Zčásti to může vyřešit problémy s přesností a jednoznačností formy interakce. Hlasové ovládání má samozřejmě také problémy, ale obvykle má vyšší míru přesnosti. [41] Hlasové ovládání je také pravděpodobně méně omezené, pokud jde o požadavky na přesnou polohu lékařů, kteří se pak mohou volně pohybovat po sále. [41] Proto v případě, že neexistuje možnost implementovat obě alternativy tak, aby bylo možné je využívat souběžně, hlasové ovládání je optimálnější volbou.

Hlas také může být používán pro technologie rozpoznávání řeči. Umožňuje lékařům a chirurgům zmapovat a přidávat poznámky do zdravotnických záznamů pacientů bez psaní rukou nebo na počítači. Na operačním sále mohou lékaři vkládat poznámky hlasem během operačního výkonu, což eliminuje potřebu psát protokoly nebo poznámky po proceduře. [42]

2 Metody

V první části dané práce byla pro popis neurochirurgického operačního sálu jako zdroj informací využita odborná literatura o operačních sálech, webové stránky firmy AKC konstrukce s.r.o. (firma, která realizovala dětský neurochirurgický OpS pro FN Motol) a také zákony, vyhlášky i normy týkající se požadavků na obecné a neurochirurgické OpS. Při vytváření teoretické části inteligentního OpS byly použity odborné články, informace od odborníků z FN Motol a fakulty ČVUT FBMI a informace od asistentů z firmy Transkontakt-Medical s.r.o.

V praktické části při vytvoření popisu existujícího stavu neurochirurgického OpS ve FN Motol se uskutečnila prohlídka stávajícího sálu. Výsledkem jsou fotografie veškerého vybavení a techniky na sále. Byla prostudovaná technická dokumentace pro dané přístroje, poskytnutá konzultanty z oddělení zdravotnické techniky v nemocnici Motol. Některé parametry přístrojů byly vyhledány na webových stránkách výrobců zdravotnické techniky. Pro výkres stávajícího sálu s okolními místnostmi byl použit existující plán neurochirurgického operačního sálu, který byl pak překreslen a doplněn technikou a zdravotnickým nábytkem.

Pro vytvoření seznamu požadavků na inteligentní operační sál byl sledován trh zdravotnické techniky a výběrové řízení několika nemocnic. Byly také provedeny konzultace s odborníky firem Transkontakt Medical s.r.o. a Draeger s.r.o. Díky přímému kontaktu s lékařským týmem a konzultanty oddělení zdravotnické techniky byly získány cenné informace o tom, co by lékaři rádi změnili na tomto operačním sále a s jakými komplikacemi se setkávají každý den. Užitečné pro daný úkol byly interaktivní 360° prohlídky existujících řešení inteligentních operačních sálů na webu firmy Siemens [28] a videa zveřejněná nemocnicemi, které tak demonstrují a popisují své vlastní řešení inteligentních operačních sálů. Pro vytvoření seznamu navržených přístrojů byly sledovány trendy zdravotnických přístrojů ve světě. Přístroje byly navržené na základě vytvořených požadavků na inteligentní operační sál.

Při výkresu stávajícího neurochirurgického operačního sálu s okolními místnostmi, navrženého inteligentního operačního sálu s plochou stávajícího sálu a větší plochou byla použita studentská verze Autodesk AutoCAD 2015. Blokové schéma inteligentního operačního sálu bylo udělané ve Wordu 2013.

3 Praktická část

3.1 Neurochirurgický sál pro dospělé ve FN Motol

Na současném neurochirurgickém sále pro dospělé, který je vyfocen na obrázku č. 7, se nachází následující technika: mikroskop Opmi Neuro od Zeiss, elektrochirurgický generátor Force FX™-8C od Medtronic, dva odsávací systémy Victoria od Cheiron, chirurgická svítidla Triop Volista od Maquet, operační stůl ALPHAMAQUET 1150.01 od Maquet, ultrazvukový chirurgický aspirátor Cusa excel 8 od Valleylab, neuronavigační systém Vectorvision od Brainlab, anesteziologický přístroj Leon plus od Heinen und Löwenstein. Na stojanu se nachází ohřívač krve a infuzních roztoků BW 685S od Biegler Medzin Elektronik a ohřívač pacienta EQ-5000 115V od Smiths Medical. Mobilními přístroji jsou přenosný monitor vitálních funkcí IMEC8 od Mindray, pojízdný RTG systém BV Pulsera 2 od Philips. Obrazový řetězec se skládá z Zeiss MediLive Camera Control Unit, Zeiss MediLive ImageBox od Zeiss a monitoru TM-H150CGU od JVC.

Nakreslený půdorys současného neurochirurgického sálu s okolními místnostmi je uveden v příloze B. V příloze C lze vidět nakreslený půdorys současného operačního sálu s umístěním zdravotnické techniky během chirurgického výkonu. V příloze D je uveden půdorys s operačními svítidly nacházejícími se na tomto neurochirurgickém sále.

Obrázek č. 7: Neurochirurgický sál pro dospělé ve FN Motol

3.2 Přístrojové vybavení na současném operačním sále

3.2.1 Anesteziologický přístroj

Na sále se nachází anesteziologický přístroj Leon plus od výrobce Heinen und Löwenstein, který je zobrazen na obrázku č. 8. V tabulce č. 4 jsou uvedené parametry

přístroje převzaté z webové stránky výrobce. [43] Podle informace uvedené výrobcem nabízí dané zařízení větrání v rebreathing systému na úrovni pneumatického ventilátoru pro intenzivní péči. Leon Plus je vybaven 15" barevným TFT monitorem (TFT – s tranzistory typu tenký film), která umožňuje kreslení současně čtyř křivek v reálném čase a monitorování a zobrazení vstupních tlaků z centrálního rozvodu. Leon plus má několik ventilačních režimů: IMV (intermitentní zástupovou ventilaci), PCV (tlakově řízenou ventilaci), SIMV (synchronizovanou intermitentní mandatorní ventilaci), PSV (tlakově podporovanou ventilaci) a obsahuje vyhřívaný modul pro minimalizaci kondenzace vody. Přístroj umožňuje komplexní analýzu plynů s automatickou detekcí druhu anestetika, má integrovanou proudovou odsávačku sekretů a je také vybaven několika alarmy, které jsou spouštěny při navýšení nebo snížení nastavených prahů hodnot. [43]

Tabulka č. 4: Parametry anesteziologického přístroje Leon plus

Uhlopříčka monitoru (palců)	15
Doba odezvy (s)	0,25 - 0,35
Rozsah průtoku (L/min)	0 - 25
Frekvence (bpm)	4 - 80
Inspirační tok (L/min)	Min. 120
Inspirační pauza %Ti (%)	0 - 90

Obrázek č. 8: Anesteziologický přístroj Leon plus

3.2.2 Pojízdný RTG systém

Mobilním přístrojem na sále je pojízdný RTG systém BV Pulsera 2 od výrobce Philips, který je zobrazen na obrázku č. 9. To je mobilní systém pro fluoroskopii pro náročné chirurgické a intervenční postupy. BV Pulsera 2 se skládá z mobilního stojanu RTG systému a mobilní zobrazovací stanice.

Podle informační brožury výrobce [44] SmartVision je plně digitální zobrazovací 1Kx1K řetězec, v kombinaci s algoritmy zpracování obrazu poskytuje kvalitní obrazy při nízké dávce ozáření. Má 9" nebo 12" zesilovač RTG obrazu a může se používat během neurochirurgických výkonů. Daný RTG systém podporuje standard DICOM, ale není připojen k NIS a neumožňuje chirurgovi dostat pacientské údaje během operace nebo ručně zadat nové údaje. V tabulce č. 5 lze vidět parametry daného RTG systému, které zahrnují pohyblivost, výkon generátoru a parametry monitoru. [44]

Tabulka č. 5: Parametry pojízdného RTG systému BV Pulsera 2

Generátor RTG záření	
Výkon generátoru	7,5 kW
Rozsah fluoroskopie	40 až 120 kV
Pohyblivost	
Orbitální pohyb	+90°, -25°
Rotace	±180° s bezpečnostním zastavením při ±135°
Vertikální pohyb	50 cm
Rozsah otáčení	±10°
Podélný pohyb	20 cm
Monitor	
Rozlišení	1024 x 1024
Rozměr	18”

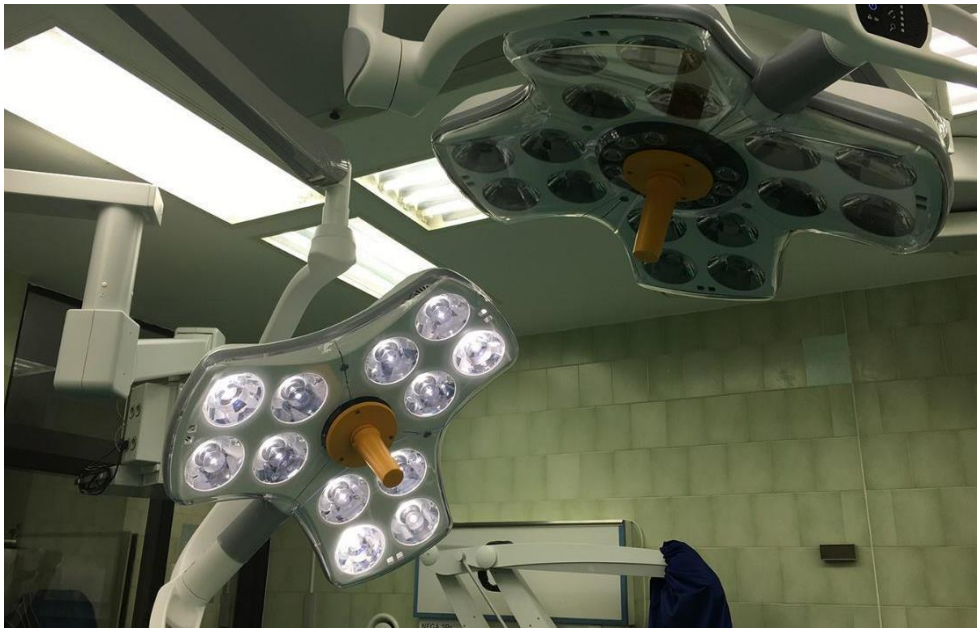
Obrázek č. 9: Pojízdný RTG systém BV Pulsera 2

3.2.3 Chirurgické lampy

Na stropě operačního sálu se nacházejí chirurgické lampy Triop VOLISTA 600 a 400 od výrobce Maquet, které jsou určeny k osvětlení těla pacienta během chirurgických výkonů, viz obrázek č. 10. Podle informační brožury od výrobce [45] je teplota barev zajištěna použitím systému chladného filtru, používají se bílé LED diody (diody emitující světlo). Pomocí flexibilních držáků je umožněno libovolné nastavení polohy. Dané svítidlo
na starém OpS neobsahuje zabudovanou videokameru a danou lampu lze polohovat pouze ručně. Popis charakteristik obou lamp je uveden v tabulce č. 6 na základě údajů od výrobce. [45]

Tabulka č. 6: Parametry lamp Triop Volista

Parametry	Volista 600	Volista 400
Jmenovité osvětlení (lx)	130000	120000
Osvětlení s režimem Boost (lx)	160000	-
Průměr d10 (cm)	20 - 25	20 - 25
Hloubka osvětlení do 20 % (cm)	110	110
Teplota barvy standardní (K)	3900	3900
Nastavitelná teplota barvy, 3 úrovně (K)	3900, 4500 a 5100	3900, 4500 a 5100
Index podání barev Ra (-)	95	95
Energetické osvětlení (W/m^2)	<500	<500



Obrázek č. 10: Operační svítidla VOLISTA 600 a 400

3.2.4 Elektrochirurgický generátor

Na obrázku č. 11 je zobrazen elektrochirurgický generátor Force FX-8C od výrobce Medtronic s technologií Instant Response. Je to elektrochirurgický generátor s izolovaným výstupem, který dodává energii k řezání, desikaci a fulguraci tkáně při operacích v bipolárním a monopolárním režimu. V informační brožuře od výrobce je uvedeno, že Force FX-8C upravuje výstupní napětí podle odporu, aby zajistil stálý účinek i u tkání s různou hustotou. [46] Maximální výstupní napětí je regulováno tak, aby se minimalizovalo nežádoucí jiskření. Force FX-8C má tři bipolární režimy - nízký, střední a makrobipolární; tři monopolární řezací režimy: nízký, čistý a smíšený; tři monopolární koagulační režimy: desikace, fulgurace a rozptyl. V tabulce č. 7 jsou uvedeny některé parametry daného přístroje. [46]

Tabulka č. 7: Výstupní charakteristika elektrochirurgického generátoru

Režim	Špičkové napětí otevřeného obvodu max. (V)	Mimošpičkové napětí otevřeného obvodu max. (V)	Maximální výkon (W)
Bipolární			
Nízký	230	450	70
Střední	170	320	70
Makrobipolární	430	750	70
Monopolární řez			
Nízký	230	1350	300
Čistý	170	2300	300
Smíšený	430	3300	300
Monopolární koagulace			
Desikace 1	2500	3500	120
Desikace 2	575	1000	120
Desikace 3	685	1200	120
Fulgurace	5000	8500	120
LCF fulgurace	3660	6900	120
Rozptyl	5550	9000	120

Obrázek č. 11: Elektrochirurgický generátor Force FX-8C

3.2.5 Operační mikroskop

Celý systém je tvořen chirurgickým mikroskopem, podlahovým stojanem obsahujícím elektroniku a osvětlením. V daném systému od Carl Zeiss se používá stojan NC-4, osvětlení Superlux 301 a mikroskop Opmi Neuro. Parametry daného mikroskopu jsou uvedeny v informační brožuře výrobce. [47] Pro fotografii daného přístroje viz obrázek č. 12. Zvětšovací systém daného mikroskopu má motorizované zvětšení, nastavitelné přes madla nebo panel nožního ovládání. Zaostřovací systém je motorizovaný a také nastavitelný přes madla nebo panel nožního ovládání, lze automaticky nastavovat pracovní vzdálenosti pomocí laserového dálkoměru. Superlux 301 je zdrojem světla s hlavním xenonovým osvětlením s barevnou teplotou denního světla. Daný operační mikroskop není připojen k NIS. V tabulce č. 8 jsou popsány některé optické parametry operačního mikroskopu, rozsah naklápění tubusu. [47]

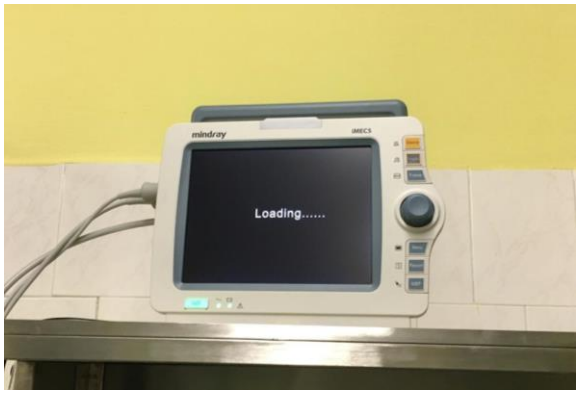
Tabulka č. 8: Operační mikroskop Opmi Neuro

Tubusy a okuláry	
Rozsah naklápění	180°
Okuláry	10x / 21B
Ohnisková vzdálenost	170 mm
Objektiv	
Pracovní vzdálenost	200 - 420 mm
Zvětšení	
Poměr zvětšení systému	1:6
Činitel zvětšení	0,4x až 2,4x

Obrázek č. 12: Neurochirurgický mikroskopový systém Zeiss Opmi Neuro

3.2.6 Monitor vitálních funkcí

Monitor vitálních funkcí iMEC8 od výrobce Mindray, zobrazený na obrázku č. 13, snímá několik fyziologických parametrů: snímá EKG, respiraci, teplotu, SpO_2 (saturaci periferní kapilární krve kyslíkem), krevní tlak neinvazivně (NIBP) a invazivně (IBP), oxid uhličitý a srdeční výdej, jak je uvedeno výrobcem v servisním manuálu. [48] Přístroj je vybaven barevným 8,4" LCD displeyem z tekutých krystalů. Tento monitor vitálních funkcí zprostředkovává zvukové a vizuální signalizace při problémech s pacientem nebo přístrojem. Lze ručně nastavovat alarmy jednotlivých parametrů a automaticky nastavovat limity alarmů. Také umožňuje ukládání a revizi dat.



Obrázek č. 13: Monitor vitálních funkcí iMEC 8

3.2.7 Odsávací systém

Elektrický odsávací systém Victoria od výrobce Cheirón je přístroj na odsávání sekretů, viz obrázek č. 14. Bezolejová vývěva zaručuje vysoký sací výkon a nevyžaduje žádnou údržbu, viz informační brožura od výrobce. [49] Hodnota vakua je monitorována na vakuometru. Všechny sběrné nádoby jsou vybaveny ústrojím zamezujícím přeplnění. K zabránění šíření infekce ze sběrných nádob je výrobcem stanoveno používání

mikrobiologických sacích několikastupňových MSF filtrů. Daný odsávací systém neobsahuje přídavný software ani jim není řízen. V tabulce č. 9 jsou uvedeny některé jeho parametry. [49]

Tabulka č. 9: Technická data odsávacího systému Victoria

Efektivní sací výkon (l/min)	38
Specifické maximum vakua (kPa)	-90
Rozsah velikosti vakua (kPa)	-7 až -90
Sběrná nádoba (l)	2, 4

Obrázek č. 14: Elektrický odsávací systém Victoria

3.2.8 Ohřívače krve, infuzních roztoků a pacientů

Ohřívač krve a infuzních roztoků BW 685S od výrobce Biegler je mikroprocesorem řízený přístroj zabraňující peroperačnímu a pooperačnímu podchlazení. [50] Tento ohřívač působí kontinuálně, teplo z tepelného výměníku se přenáší přes trubkový nástavec k proudící kapalině uvnitř systému. Teplotu ohřívače lze nastavit v rozsahu 37°C a 41°C v krocích po 0,5 °C. Bezpečnostní prvky vypínají přístroj od 42 °C. [50]

Výrobce Smiths Medical v návodu k použití ohřívače pacientů EQ-5000 uvádí, že daný přístroj je určen na ohřívání pacienta, aby se zabránilo podchlazení. [51] Konvekční ohřívač čerpá okolní vzduch přes 0,2mikronový částicový vzduchový filtr. Filtrovaný vzduch se ohřívá na zvolenou teplotu a pak vstupuje do konvekční ohřívací přikrývky přes hadice. Konvekční ohřívač má tři výstupní teplotní nastavení: 36°C, 40°C a 44°C. Čtvrté nastavení teploty dodává vzduch okolní teploty. [51]

3.2.9 Operační stůl

Operační stůl Alphamaquet 1150 od výrobce Maquet se skládá ze základních komponentů: základny operačního stolu, vyměnitelných operačních úložných ploch a transportérů, některé jeho parametry jsou uvedeny v tabulce č. 10. [52] Mobilní základna má pohon s elektrickým motorem pro vykonávání několika pohybů: základna

vysoko nebo nízko, náklon úložné plochy v příčném směru dolů v části hlavy nebo dolů v části chodidel, natočení úložné plochy v podélném směru doleva nebo doprava.

Možné funkce vykonávané elektrickým motorem u systému operačního stolu jsou: výška dolů / nahoru, natočení v podélném směru doleva / doprava, úložná plocha dolů v části hlavy / dolů v části chodidel, pokles a zvednutí zádové desky nebo desky pro dolní končetiny, podélný posun směrem k chodidlům / směrem k hlavě, přestavení levé a pravé desky pro dolní končetiny a vyrovnání úložné plochy do horizontální polohy. Umožňuje také polohu Flex nebo Reflex: Flex je náklon chodidlové části a zádové desky směrem dolů, reflex – náklon chodidlové části dolů a zádové desky nahoru. [52]

Univerzální operační úložná plocha se skládá z 6 dílů: hlavové, horní zádové, dolní zádové, sedací desky a desky pro dolní končetiny. Operační stůl je RTG transparentní a je vhodný pro použití s pojízdným RTG systémem. [52]

Tabulka č. 10: Parametry operačního stolu Alphamaquet

Dolní zádová část nahoru/dolů	70° / 60°
Desky pro dolní končetiny	90° / 90°
Podélný posun	270 mm
Horní zádová část nahoru/dolů	90° / 60°
Povolená tělesná hmotnost pacienta	Max. 225 kg
Náklon v příčném směru dolů v části hlavy/dolů v části chodidel	40° / 40°
Natočení vlevo / vpravo v podélném směru	27° / 27°
Síla zdvihu	3250 N

3.2.10 Ultrazvukový chirurgický aspirátor

Ultrazvukový chirurgický aspirátor Cusa Excel 8 od Valleylab, zobrazený na obrázku č. 15, umožňuje chirurgovi odstraňovat tkáň. Vykonává tři funkce: rozrušování, zvlhčování a odsávání, které nastávají současně. [53] Tento systém se skládá z konzole a ručního nástroje se špičkou. Konzole obsahuje elektroniku, pumpy, mechanické části a ovládací panel, který umožňuje uživateli ovládání systému. V tabulce č. 11 lze vidět jeho parametry vybrané z uživatelského manuálu. [53]

Elektromechanická činnost konzole CUSA Excel produkuje střídavý proud o frekvenci 23 nebo 36 kHz a dodává ho do ručního nástroje. Při menších frekvencích je větší amplituda pohybu na špičce a naopak. Když se vibrující špička dostane do kontaktu s tkání, dochází k fragmentaci buněk.

Nastavovacími tlačítky přístroj umožňuje snižovat a zvyšovat odsávání od 10 do 100% v krocích po 10 %. [53] Odsávání způsobuje pohyb vzduchového proudu směrem k vakuové pumpě a vtahuje irigační tekutinu, fragmentovanou tkáň a ostatní materiály.

Tabulka č. 11: Parametry chirurgického ultrazvukového aspirátoru Cusa Excel 8

Ultrazvukový systém	
Maximální amplituda špičky (23 kHz)	Až do 355 mikronů pro rovný nástroj Až do 183 mikronů pro zahnutý nástroj
Maximální amplituda špičky (36 kHz)	Až do 210 mikronů
Kapalinový systém	
Irigační průtok	Normální průtok 1 - 10 ml/min Rychlý průtok 25 - 30 ml/min
Odsávací systém	do 660 mmHg

Obrázek č. 15: Chirurgický ultrazvukový aspirátor CUSA Excel 8

3.2.11 Monitor

Profesionální monitor JVC TM-H150CG vyrobený v roce 2004 má sloty pro vkládání a výběr karet SDI, zobrazuje všechny typy vstupních signálů NTSC / PAL. [54] Rozlišení má více než 750 televizních řádků, poměry stran – 16:9 a 4:3 (přepínatelné). Ovládání je dálkové, má také on-screen menu a korelaci digitálního obrazu. Podporuje vyrovnání, kontrolu modré barvy a monochromní režim.

3.2.12 Neuronavigační systém

Neuronavigace využívá informace obdržené během vyšetření mozku pomocí magnetické rezonance (např. MRI), aby umožnila preoperativní plánování přístupu k nádoru. Probíhá to tak, že hlava pacienta je ještě před výkonem pevně zafixována v rámu, aby neurochirurgové mohli provést korelaci: dotyky sondou jednotlivých bodů na hlavě získají mapu současného stavu tkáně. Počítač tím porovnává oba dva, a je proto schopen říct, kde lékaři právě operují, a ukázat to na monitoru. [55]

BrainLab VectorVision je neuronavigační systém, který spojuje sondu sledovanou pasivním senzorovým systémem markérů s virtuálním počítačovým obrazovým prostorem. Infračervené záblesky vyzařované dvěma kamerami jsou odráženy pasivními

označovacími sférami, které jsou umístěny poblíž hlavy pacienta a na chirurgických nástrojích. S využitím údajů z obou kamer je software schopen vypočítat trojdimenzionální polohu sfér a tím pádem i celého nástroje. Přístroj je kompatibilní s řadou mikroskopů vč. Zeiss NC4. [56] Disponuje 512 Mb RAM, dvěma procesory Pentium 4 s taktovou frekvencí 600 (850) MHz a dvěma 18' LCD monitory o rozlišení 1280x1024. [56]

3.3 Shrnutí nedostatků současného sálu

Současný stav neurochirurgického operačního sálu ve FN Motol je následující: část jeho přístrojů je zastaralá, neintegrovatelná do nemocničního informačního systému. Externí komunikace, včetně přenosu videa a obrazů, a to jak vysílání, tak i příjem, není možná. Interní komunikace je umožněna pouze v rámci několika přístrojů (jako např. neuronavigační systém a mikroskop). Kvůli absenci integračního systému a ovládacího panelu tento OpS nepředstavuje ucelený systém, který by umožňoval funkce jako dálkové ovládání přístrojů, nastavení parametrů operačního sálu, import anebo export dat z/do KIS nebo NIS. Sál také nedisponuje kamerami.

3.4 Požadavky na inteligentní operační sál

3.4.1 Požadavky na zdravotnickou techniku

Anesteziologické pracoviště musí být určeno k použití při anestezii dospělých, dětí a novorozenců a musí ho být možno použít k přístrojové nebo manuální ventilaci, tlakově podporovanému spontánnímu dýchání a spontánnímu dýchání. Zabudovaný dýchací systém by měl umožňovat režim s částečným zpětným vdechováním. Je nutné, aby dané pracoviště bylo vybaveno monitoringem dýchacích cest, obsahovalo funkci měření koncentrace a objemů dýchacích plynů a tlaků v dýchacích cestách, podporovalo potřebné ventilační režimy a mělo otevřenou architekturu pro připojení monitoru vitálních funkcí, který by mohl měřit NIBP, SpO_2, intrakraniální tlak (ICP), EKG, srdeční frekvenci atd. a navíc hloubku anestézie.

Inteligentní anesteziologické pracoviště by také mělo umožňovat ukládání obsahu monitoru přes USB rozhraní (univerzální sériovou sběrnici), ukládání a načítání konfigurace přístroje a také ukládání výsledků do textových souborů. Během provozu může tento přístroj prostřednictvím sítí IT vyměňovat informace s jinými přístroji a zobrazovat větší počet křivek na monitoru, nastavovat alarmy a ukládat nutné informace, posílat údaje o pacientovi do serveru.

U **pojízdného RTG systému** je důležitá schopnost přesně spočítat dávku obdrženou pacientem během výkonu, proto by tento systém měl umožňovat peroperační angiografickou kontrolu radikality výkonu u cévních operací mozku a míchy. [57] Pacient by měl být co nejméně ozářen. Je nutný RTG systém, který je plně vyvážený, má pokročilé aktivní chlazení (CAA) a také TFT dotykový ovládací monitor s větším rozměrem pro pohodlné použití. Pojízdný RTG-systém může obsahovat dva zobrazovací TFT 18" monitory, jejich rozlišení by mělo být alespoň 1280 x 1024 a zesilovač obrazu

např. 9“ (23 cm) pro vysokou kvalitu obrazů [57]. Daný systém by měl mít digitální TV řetězec a kameru s rozlišením min. 1024 x 1024 pixel/12 bit a výstupem obrazu na USB [58]. Důležité je, aby archivaci dat lékaři mohli provádět na CD, DVD, HDD (pevném disku) a flash disk. Použité rozhraní je DICOM 3. Systém by měl umožňovat připojení k PACS pro posílání obrazů.

Daný systém by měl zajišťovat kontinuální a pulzní fluoroskopii (například v rozsahu 0,5–8 pulsů/s), poloviční dávku s možností jednotlačítkové redukce dávky, generátor s min. výkonem 7,5 kW a plošný detektor s min. 30 x 30 cm. [58] Pohyblivost navrženého RTG-systému je také důležitým parametrem. Jako příklad pohyblivosti lze uvést následující parametry: rotace kolem vodorovné osy např. ±160°, orbitální pohyb (např. v rozsahu ±90°), horizontální pohyb (např. ±20 cm) a vertikální motorizovaný pohyb (např. ±40 cm). [58]

Operační lampy na IOpS se skládají z hlavního a satelitního svítidla, které chirurgové ovládají ze sterilního prostředí. Hlavní svítidlo by mělo mít intenzitu osvětlení nastavitelnou do cca 150000 lx, průměr světelného pole může být cca 200 - 300 mm. [58] Přírůstek teploty v operačním poli by měl být co nejmenší. Další nutností je i zabudovaná HD videokamera, její videa lze posílat do serveru nebo napojit výstup na monitor. Satelitní svítidlo může mít podobné parametry, ale intenzita osvětlení je nastavitelná do cca 130000 lx. Důležité je, aby operační lampy nebránily laminárnímu proudění svojí formou, proto se musí dbát na design operačních svítidel.

Elektrochirurgický generátor může mít dotykový displej s rozlišením VGA. Z hlediska operačního sálu je důležité, aby generátor byl schopný automaticky rozpoznávat připojený nástroj, následně podle toho nastavit výkon přístroje. [58] Důležitý je systém, který by umožňoval snímání kontaktu zpětných elektrod a ještě systém zmenšující nebo zcela eliminující rizika popálenin pacienta v místě připojení elektrody. Elektrochirurgický generátor na IOpS by měl kontinuálně snímat data, např. impedance tkáně a posílat je do velínu. Také by měl mít režimy pro řez a koagulaci, a to monopolarní i bipolární.

Operační mikroskop na IOpS musí mít ve své hlavě připojenou HD kameru a ještě multifunkční dotykový displej, aby lékaři mohli přístroj ovládat a zobrazovat operační proces. [58] Pro pohodlí operatéra a asistenta by binokulární tubusy měly povolovat naklápění 180°. Variabilní pracovní vzdálenost může být např. 200 – 500 mm, lze ji nastavovat manuálně, motoricky nebo pomocí autofokusu. [58] Dalšími požadavky na operační mikroskop jsou automatické úpravy rychlosti zaostření, laserový autofokus, zvětšení a digitální videořetězec, který je kompletně integrován do stojanu a mikroskopu.

Z hlediska IOpS je důležité řízení dat pacienta s automatickou archivací pro obrazy, možnost pořízení videozáznamů i možnost vkládání hlasových komentářů do videa během chirurgického výkonu. Pro IOpS je nutné, aby mikroskop byl schopen ukládat obrazy nebo videozáznamy a spojovat je s konkrétním pacientem. Mikroskop by měl být připojen k NIS a PACS a měl by podporovat ukládání dat na externí nosiče informace. Operační mikroskop by také měl být propojen s neuronavigačním systémem pro zobrazení do jeho zorného pole. [57]

Operační stůl musí být se zaměřením na operace hlavy, páteře a periferních nervů, musí být RTG transparentní pro používání pojízdného RTG systému. Je požadované elektrické ovládání operačního stolu, záložní ovládání na boku nohy operačního stolu; bezdrátové dálkové ovládání nebo pomocí speciálního monitoru ve zdi. [57] Nosnost operačního stolu může být min. 300kg pro umožnění chirurgického výkonu na těžších pacientech. Délka pracovní desky operačního stolu může být delší pro vysoké pacienty, např. min. 2000 mm. Operační stůl musí umožňovat polohování pacienta vsedě, na boku, vleže i na břiše.

Na IOpS jsou použity **monitory** trojího typu. Na pozadí sálu by měl být minimálně jeden velký monitor, který by sloužil pro jakýkoliv účel vč. zobrazení videa a VoIP-komunikace (protokol přenosu hlasu přes internet) s jinými odborníky pro real-time konzultace atd. Má být co největší, např. 45" s 4K rozlišením, jas může být 400 cd/m^2 a kontrast 1400:1. Druhý typ monitoru, který zobrazuje rozhraní integračního systému a umožňuje ovládání operačního sálu a jeho přístrojů, nemusí být velký (stačí 20") s rozlišením FullHD. Má ale přitom být dotykový a má umožňovat montáž ve stěnu. Třetím typem jsou asistenční monitory zamontované do ramen, které jsou určené pro zobrazování různých dat např. z přístrojů nebo informačních systémů. Jejich rozměry mohou být např. do 27" s rozlišením FullHD. Monitory musejí mít možnost ukládat presety svých nastavení pro pohodlí lékařů. Minimální kontrast může být 1000:1, jas 300 cd/m^2 a mají mít minimálně jedno 3G-SDI (např. pro kameru ve svítidle), jedno DVI anebo HDMI rozhraní.

Neuronavigační systém na IOpS umožňuje navigaci během chirurgického výkonu pomocí 3D modelování, archivaci a export obrazů a numerických dat, online spolupráci s PACS a NIS. Daný systém musí podporovat manuální označování anatomických útvarů a poloautomatické kreslení objektů. [57]

Na inteligentním operačním sále by měl neuronavigační systém umožňovat multimodální zobrazení dat, musí být kompatibilní s operačním mikroskopem na IOpS, aby operatér mohl zobrazovat do zorného pole mikroskopu. Systém sleduje nástroje ve 2D / 3D zobrazení a virtuálně je prodlužuje. [57]

Ultrazvukový chirurgický aspirátor by měl být přístroj menších rozměrů, který by zajišťoval odsávání a proplach a který by pracoval např. s 2 pracovními frekvencemi. Přístroj by měl umožňovat nepřetržité použití nástrojů při práci bez nutnosti používání chladicího systému. [57] Dalším přístrojem na IOpS je odsávací systém a ohřívač infuzních roztoků, které nejsou důležité z hlediska inteligence daného sálu, ale jsou nutné během chirurgických výkonů.

3.4.2 Požadavky na stavební řešení inteligentního operačního sálu

Nástropní tubus s vývody medicinálních plynů a elektřiny by měl být vytvořen dvěma otočnými rameny, které umožnují otáčení a pohyb ve svislé ose [60]. Předpokládané osazení stativů medicinálními plyny jsou uvedeny v tabulce č. 12. Zásuvky jsou s napětím 230 V včetně zemnících kolíků.

Vzduchotechnika na inteligentním operačním sále hodnotí a stále zlepšuje čistotu vzduchu, jejím cílem je tvorba tepelně-vlhkostního mikroklimatu a snižování koncentrací

pevných a živých škodlivin v prostoru OpS. Vzduchotechnika na tomto sále umožňuje hlídat nutné parametry čistoty vzduchu a posílat je do velínu. V případě zvýšení jakéhokoli parametru spouští systém ventilátory, které vrátí změněné parametry zpět do normy. Lze ji také ovládat pomocí integračního systému.

Tabulka č. 12: Vývody medicinálních plynů a zdrojů elektrického napětí na inteligentním operačním sále

Vývody	Počet
Vakuum	2
Zdroj elektrického napětí, zásuvky (zelené, oranžové)	12, 12
Zdroj elektrického napětí pro RTG	4
Kyslík	6
Oxid dusný	3
Stlačený vzduch (vysokotlaký, nízkotlaký)	3, 3

3.5 Shrnutí požadavků

Požadavky na přístroje se většinou týkají nejen technických charakteristik. Z popsaných přístrojů na stávajícím sále vyplývají požadavky na budoucí inteligentní operační sál, jeho techniku a parametry. Funkce jednotlivých přístrojů se často týkají oblasti IT: to je například schopnost připojení k informačním systémům, ovládání, přenos obrazu a videa. Důležité jsou i základní charakteristiky jednotlivých přístrojů. Na základě těchto údajů se pak formuluje v další kapitole seznam přístrojů, které mohou být použité v konečném řešení.

4 Výsledky

4.1 Návrh technického vybavení inteligentního sálu ve FN Motol

Velice důležitou součástí IOpS je **integrační systém**, který je centrální jednotkou celého sálu a spojuje většinu přístrojů. Příkladem takového systému je TEGRIS od výrobce Maquet. [30] Maquet nabízí systém pro integraci OpS, který umožňuje snadnou kontrolu přístrojů a zajišťuje přenos, směrování a sběr dat, videa a obrazů a jejich ukládání buď do NIS, datového centra nebo lokálního nosiče (např. HDD přes USB). K danému systému se také nabízí dotykový panel, který lze zabudovat do stěny pro jednodušší ovládání systémem.

TEGRIS má přívětivé asistenční rozhraní nastavitelné podle požadavků lékaře a rozhraní s pacientskými daty z KIS. Lze nastavovat parametry OpS jako například osvětlení, polohování rolet a kamer z operační lampy, kontrolovat vzduchotechniku. Integrační systém podporuje přenos videa a dokumentace a také přenos ze zdroje videa do monitoru na sále, zápis Full HD videa z několika zdrojů s možností časového posunu až do 10 sekund. TEGRIS exportuje data do flash, HDD, DVD/Blu-ray nebo PACS, importuje pacientská dat z KIS anebo PACS. Daný systém umožňuje kontrolu přístrojů na daném IOpS: operačního stolu, svítidel a kamery. Systém zprostředkovává externí komunikaci - vysílání live videa a zvuku v HD formátu do poslucháren nebo externímu lékaři. Zajišťuje video over IP (VoIP) - vysílání videa dle IP adresy. [30]

Alternativou pro TEGRIS je dotykový kontrolní panel Bender, který má buď 15", nebo 22" monitor s intuitivním rozhraním. [59] Přes dotykový monitor se dá zjistit důležité informace a ovládat běžné funkce OpS: hodiny a datum, stopky a alarmy, vypnutí, zapnutí, změnu intenzity veškerého osvětlení, teplotu v místnosti, vlhkost, tlak plynných médií a vakua. Umí zobrazovat stav zdravotnické izolované soustavy, provádět funkční zkoušky, kontrolovat vzduchotechniku. V rámci školení personálu je zde možnost simulace poplachu. Informace o stavu OpS umí poskytovat i dálkově. [59]

V kombinaci s TEGRIS a Bender se dá použít platforma Masimo Root. [60] Daný inteligentní systém funguje jako monitor vitálních funkcí a navíc jako malé datové centrum pro pacientská data. To je komplexní řešení, poskytující zobrazování a přenos pacientských dat z max. 3 kompatibilních měřicích modulů, podporujících standard Masimo Open Connect (MOC-9). Příkladem takového modulu může být např. SedLine, poskytující měření mozkové aktivity při anestezii. Měří sluchové evokované potenciály (AEPs), bispektrální index (BIS), Narcotrend Index (NI), pacientský stavový index (PSI) atd. [60] Masimo Radical 7 je komplexní měřicí zařízení, které na dotykovém displeji poskytuje údaje z neinvazivního monitorování takových pacientských ukazatelů, jako např. nasycení krve kyslíkem, srdeční frekvence, index perfúze, dechová frekvence atd. Může se také integrovat s ventilačními systémy, lůžky, infuzními pumpami a jinými monitorovacími systémy. Pro pohodlné ovládání disponuje 10.1“ dotykovým monitorem s HD rozlišením a dvěma portami USB 2.0. [60]

Ramena v IOpS jsou další důležitou součástí sálu, protože fungují pro více zařízení jako např. lampy, monitory, kamery atd. Umožňuje snadné polohování vně závislosti od typu OpS, kompatibilitu s laminárním prouděním, perfektní aseptické podmínky a lehké čištění materiálů. Příkladem je SATELITE® Ceiling Mount System od Maquet. [61]

Navržené **anesteziologické pracoviště** je Perseus A500 od německé společnosti Draeger, vhodné pro použití jak pro dospělé, tak i pro děti a novorozence. [62] Tento přístroj podporuje až 3 monitory, zobrazuje řadu důležitých ukazatelů jako např. dýchací frekvenci, odpor, tlak dýchacích cest atd. Hlavní displej může najednou zobrazovat až 3 křivky (O_2, CO_2, anestetické agenty) a 2 smyčky (objem-tlak a průtok-objem). Přístroj umožňuje nastavení programovatelných funkcí, jako jsou automatická probuzení, usnutí a alarm. Druhý displej slouží pro zobrazení tlaku v dýchacích cestách, stavu napájení baterie a plynů. Místo třetího monitoru může být připojen pacientský monitorovací systém Masimo Root, který je integrovatelný s daným přístrojem, a bude popsán později. Z komunikačních rozhraní disponuje 2 x RS 232, 1 x USB, 1 x LAN. Charakteristiky daného pracoviště jsou uvedené v tabulce č. 13 na základě dat z informační brožury firmy Draeger. [62]

Tabulka č. 13: Parametry anesteziologického přístroje Perseus A500

Velikost monitoru (palců)	15,3
Rozlišení	1024 x 768
Rozsah průtoku (L/min)	0 - 120
Frekvence (bpm)	3 - 100
Inspirační tok (L/min)	180

Za alternativu pro daný přístroj se dá považovat model FLOW-iC40 od výrobce Maquet, který také lze používat pro všechny pacienty. [63] Pracoviště má 15’ dotykový monitor s rozlišením 1024 x 768. Monitor lze polohovat pomocí ramene, aby bylo možné maximalizovat viditelnost displeje. Díky otevřené architektuře anesteziologického přístroje může k němu být také připojen pacientský monitor Masimo Root. Navíc daný přístroj může být montován ke stropu pro snadnou manipulaci s ním a zmenšení počtu přístrojů na podlaze. [63]

Příkladem **pojízdného RTG systému** je Ziehm Vision RFD od výrobce Ziehm Imaging. [64] Přístroj podporuje WLAN a pokročilé aktivní chlazení. Má ovládací panel s dotykovým monitorem, který je namontovaný na c-rameno, a dva 18.1" TFT monitory. Umožňuje snadnou integraci do existujících IT systémů – pacientská data jsou posílaná do PACS nebo NIS ve formátu DICOM 3.0, obrazy pacienta lze archivovat na DVD, USB. V tabulce č. 14 jsou uvedeny parametry výkonu generátoru, pohyblivost C-ramena a popsán jeho monitor. [64]

Tabulka č. 14: Parametry pojízdného RTG systému Ziehm Vision RFD

Generátor RTG záření	
Max. napětí	120 kV
Výkon generátoru	20 kW
Pohyblivost	
Rotace	±165°
Monitor	
Rozlišení	1,5k x 1,5k
Rozměr monitoru	18,1”

Místo Ziehm Vision RFD se dá použít Radius XP (verze Flat Panel) od společnosti Intermedical. [65] Daný RTG systém s výkonem 20 kW je motorizovaný, má dvojité chlazení. Radius XP měří dopadovou dávku (DAP) a podporuje rozhraní DICOM 3, USB a umožňuje dálkové ovládání. Obrazovou informaci lze ukládat na CD/DVD.

Příkladem **chirurgických svítidel** jsou XLED od výrobce Steris. [66] Tyto lampy s chladným světlem neruší laminárnímu proudění vzduchu díky svému designu. Lze použít dvě verze lamp: XLED3 a XLED4. Existuje možnost připojení HD kamery k XLED3 pro snímání videa. Parametry daných lamp jsou uvedeny v tabulce č. 15. [66]

Tabulka č. 15: Technické parametry chirurgických svítidel XLED

Parametry	XLED 3	XLED 4
Osvětlení (lx)	160000	160000
Průměr pole d10 (mm)	250 - 300	24
Hloubka osvětlení do 20 % (mm)	1140	1050
Teplota barvy (K)	4400	4400
Index podání barev Ra (-)	95	95

Další možnou variantou je iLED od Trumpf [67]. Je to univerzální adaptovatelné svítidlo vhodné pro různé typy operace. Má osvětlení 160 000 lx a teplotu barvy 3500-5000 K. Také má vestavenou HD kameru a kontrolní panel pro centralizované ovládání.

Navrženým **elektrochirurgickým generátorem** je Valleylab™ FT10 od výrobce Medtronic. [68] ESU umí načítat délku a impedanci kabelu a jeho šířku pro konzistentní elektrochirurgický výstup. Má dotykový monitor, ethernetové a Wi-Fi připojení. V tabulce č. 16 lze vidět některé jeho parametry včetně výkonů různých režimů. [68]

Tabulka č. 16: Parametry ESU Valleylab FT10

Režim	Špičkové napětí (V)	Maximální výkon (W)
Monopolární řez		
Řez přesný	1287	1 - 300
Řez smíšený	2178	1 - 200
Valleylab	2783	5 - 85
Koagulace desikace	264	1 - 120
Koagulace fulgurace	3449	1 - 120
Koagulace rozptyl	3933	1 - 120
Bipolární		
Nízký	133	1 - 15
Střední	214	16 - 40
Vysoký	462	40 - 95

Jako náhrada může sloužit Erbe VIO 300D od Erbe – modulární a programovatelná elektrochirurgická jednotka s barevným displejem. [69] ESU může být konfigurována podle vlastních potřeb chirurga a může lehce měnit presety nastavení pomocí funkce ReMode.

Příkladem **operačního mikroskopu** na IOpS je Leica MH 530 OH6 od výrobce Leica Microsystems. [70] Pracuje na vzdálenosti 225 - 600 mm, zorné pole činí 17,4 – 210 mm ø 10 × okulár. Mikroskop obsahuje HD kameru, která snímá 2D nebo 3D video. Některé parametry lze vidět v tabulce č. 17, jsou to většinou optické parametry. [70]

Tabulka č. 17: Parametry operačního mikroskopu Leica MH 530 OH6

Tubusy a okuláry	
Manévrovatelnost	540° rotace 50° laterální náklon -30° / +120° rozsah naklápění
Zorné pole	17,4 - 210mm ø 10 × okulár
Objektiv	
Pracovní vzdálenost	225 - 600 mm
Zvětšení	
Poměr zvětšení systému	1:6
Činitel zvětšení	1,4 x

Alternativou pro daný mikroskop je OPMI Pentero 900 od Zeiss. [71] Je to nejnovější verze řady Pentero, která má apochromatickou optiku, umí snímat video

v FullHD kvalitě a má fluorescentní intraoperativní moduly. OPMI Pentero umí spolupracovat s různými technologiemi jako např. neuronavigačním systémem. Mikroskop podporuje přenos obrazu z nebo do PACS a ukládání do HDD nebo na USB flash disk.

Operačním stolem může být operační stůl TruSystem T7500 od americké společnosti Trumpf Medical [72] anebo ALPHAMAXX od Maquet, který je kompatibilní s integračním systémem TEGRIS, s jehož pomocí lze operační stůl polohovat [73]. Pro parametry prvního stolu viz tabulka č. 19. [72]

Tabulka č. 18: Parametry operačního stolu Trumpf Medical TruSystemT7500

Dolní zádová část nahoru/dolů	+90° / -50°
Desky pro dolní končetiny	±105°
Podélný posun	400 mm
Horní zádová část nahoru/dolů	+90° / -105°
Povolená tělesná hmotnost pacienta	360 kg
Náklon v příčném směru dolů v části hlavy/dolů v části chodidel	±45°
Natočení vlevo / vpravo v podélném směru	±30°

Požadavkům na **monitory** pro integrační systém odpovídá Maquet OR Viewstation [74] a Viewmedic OPERION. [75] Monitory na ramenech mohou být Radiance Ultra od NDS [76] anebo LMD-2760MD od Sony. [77] Jako velké monitory na pozadí se hodí např. Sony LMDX550MD [78] anebo FSN FS-L5502D. [79] Parametry navržených monitorů lze najít v tabulce č. 20, které jsou převzaty z brožur.

Tabulka č. 19: Parametry navržených monitorů

Monitor	Kontrast	Jas (cd/m^2)	Úhlopříčka (palce)	Rozlišení (px)
Maquet OR Viewstation	-	-	27	1920 x 1080
Viewmedic OPERION	-	-	<55	1920 x 1080
NDS Radiance Ultra	1000:1	900	27	1920 x 1080
Sony LMD-2760MD	1000:1	1000	27	1920 x 1080
FSN FS-L5502D	1400:1	450	55	3840 x 2160
Sony LMDX550MD	1400:1	520	55	3840 x 2160

Kamery na IOps musí snímat co nejkvalitnější videa a obrazy pro zobrazení na monitoru nebo externí komunikaci. Kamera Xotocam 1.1 od výrobce XotonXimed snímá HD 4K fotografie díky 18 megapixel CMOS fotosensoru, umožňuje šifrovaný přenos dat, video a audio streaming v reálném čase, umožňuje odesílání obrazů do NIS nebo PACS, podporuje DICOM a HL7 [80]. Kamera má dotykový 7” displej reagující na dotyk v chirurgických rukavicích. Je lehce dezinfikovatelná.

Za jedinou alternativu se dá považovat GP-UH532 od Panasonic, která také umí snímat kvalitní 4K fotografie a video, dovoluje výměnu optiky podle potřeby. [81] Hlavička kamery se připojuje ke kontrolnímu centru, které odpovídá za nastavení a vysílání videa z HDMI a 3G/HD-SDI. Daná kamera také podporuje RS-232.

Příkladem kamery ve svítidle na IOpS může být HD kamera Orchide od výrobce Maquet s parametry uvedenými v tabulce č. 20. [82]

Tabulka č. 20: Parametry HD kamery Orchide

Standard obrazu	1080i
Počet pixelů	2000000
Formát	16:9
Zoom	40
Ohnisková vzdálenost	5,1 až 51,0 mm
Citlivost	12 lx

Příkladem **neuronavigačního systému** je StealthStation® S7® od výrobce Medtronic [83], který podporuje DICOM, USB a má dotykový 24" HD monitor, je připojitelný k NIS a PACS. Pro jeho parametry viz tabulka č. 21. [83]

Tabulka č. 21: Parametry neuronavigačního systému The StealthStation S7

Velikost chirurgického monitoru	61 cm
Rozlišení chirurgického monitoru	1920 x 1200
Velikost personálního monitoru	39,1 cm
Rozlišení personálního monitoru	1440 x 900
Maximální výška kamery	240 cm
Maximální dosah kamery	125 cm

Dalším příkladem neuronavigačního systému je ANT Neuro visor2 XT od výrobce ANT Neuro [84]. Kromě standardní vizualizace nabízí také import obrazů z magnetické rezonance, funkční mapování, segmentaci a modelování hlavy. Kromě toho systém umožňuje kalkulaci a zobrazení elektrických polí, offline analýzu, registraci pacientů a digitalizaci jejich výsledků.

Další přístroje jsou nutné během chirurgických výkonů, ale nejsou důležité z hlediska inteligence operačního sálu. **Ultrazvukový chirurgický aspirační systém** SonaStar od Misonix má možnost použití s více různými typy hrotů. [85] Podporuje dynamickou

odezvu tkáně, má 23 kHz jednofrekvenční technologii. Jinou alternativou je Sonopet od Stryker, který pracuje na frekvenci 25 kHz nebo 34 kHz a má 17 různých trysek (7 pro měkké a 10 pro kostní tkáně). Systém automaticky rozpoznává trysky a upravuje chování přístroje. [85]

Příkladem **ohřívače infuzních roztoků** je Nuova 05plus od výrobce Nuova s ochranou proti vniknutí kapalin. [86] Budíky jsou nastaveny na automatické vypnutí při 43°C (při vysoké teplotě) s upozorněním (akustickým a vizuálním) a upozorněním při nízké teplotě. Teplota může být nastavená v pokrocích 0.5 stupňů v rozmezí od 37°C do 41°C. Doba zahřívání do provozní teploty (38°C) činí cca. 60 sekund. [86]

Příkladem **odsávacího systému** na neurochirurgickém operačním sále je Dominant Flex od výrobce Medela s následujícími parametry v tabulce č. 22. [87]

Tabulka č. 22: Parametry odsávacího systému Dominant Flex

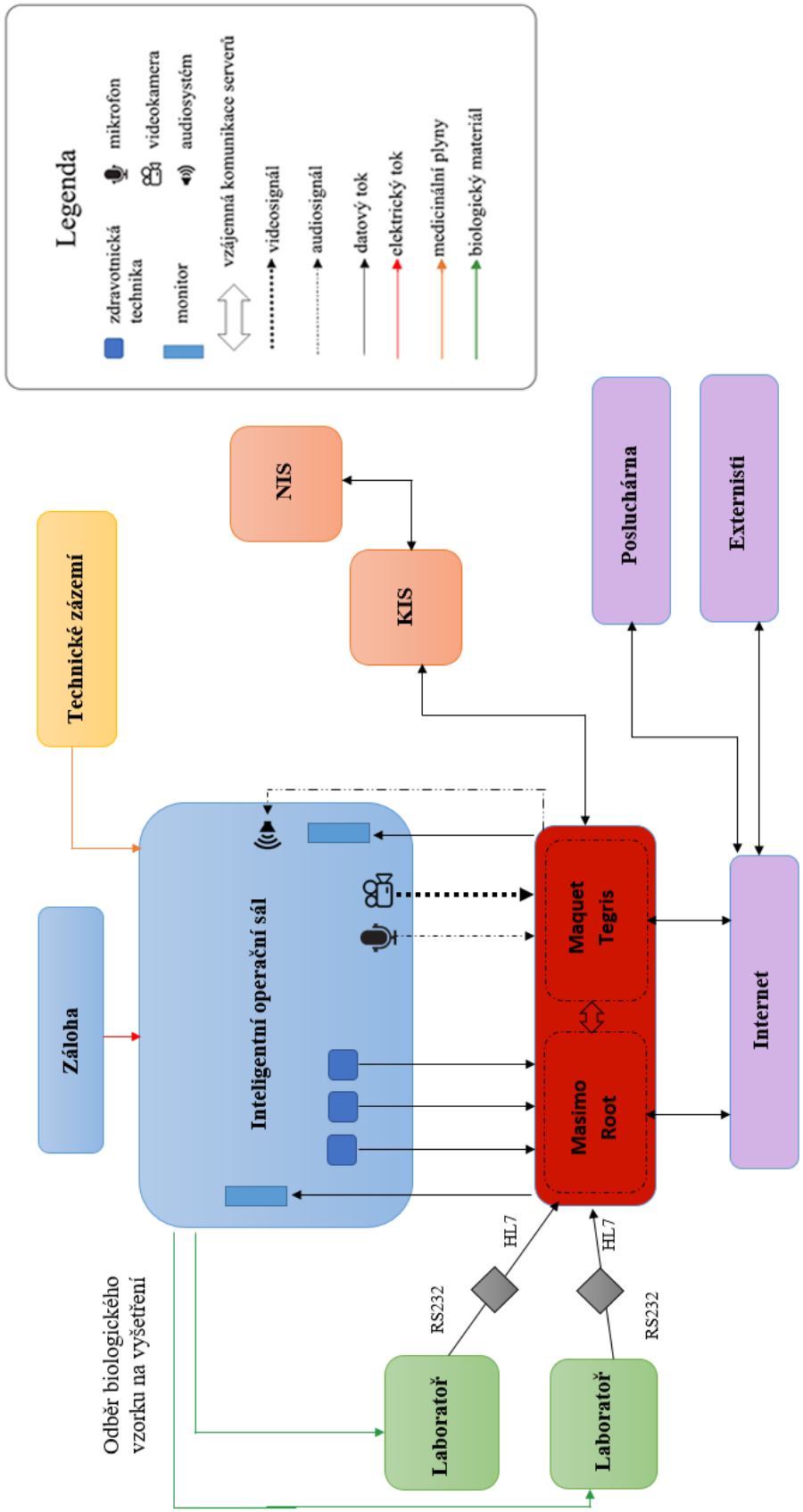
Efektivní sací výkon (l/min)	40 - 60
Specifické maximum vakua (kPa)	95
Sběrná nádoba (l)	2, 4

4.2 Výkres navrženého inteligentního operačního sálu

Mezi výsledky patří dva výkresy: pro první půdorys navrženého inteligentního operačního sálu, který má stejnou plochu jako současný neurochirurgický sál ve FN Motol, s návrhem umístění zdravotnické techniky během chirurgického výkonu, viz příloha D. Druhý půdorys zobrazuje rozšířený sál, který má větší plochu pro větší pohodlí a volný pohyb lékařského týmu během chirurgického výkonů, viz příloha E. Půdorys s operačními svítidly se nachází v příloze F a zobrazuje navržené lampy na stropě operačního sálu.

Původní operační sál má starší přístroje, které jsou v obou řešeních úplně nahrazené novějšími alternativami. Největší změny se týkají hlavně zobrazovacího řetězce, komunikačních linek a integračního systému. Na obrázku č. 16 lze vidět blokové schéma navrženého inteligentního operačního sálu. Ve srovnání s původním umožňuje nový sál nejen zápis, ukládání a oboustranný přenos videa, ale i pohodlnější, uživatelsky přívětivé a hlavně centralizované ovládání přístrojů přes panel. Díky tomuto řešení není nutno trávit čas tvorbou operačních protokolů nebo vyhledáváním pacientských dokumentů, protože tahle zadání automaticky řeší integrační systém. Díky pacientskému monitoru Masimo Root bude prostředí kolem pacienta nastavováno podle potřeb jeho současného stavu. Moderní monitory z nových půdorysů poskytují zobrazení obrazu a videa v kvalitě odpovídající moderním požadavkům. Nastavení prostředí pro operaci, a to i včetně osvětlení, bude jednoduché a hlavně sledovatelné nejen pomocí vlastních oči, ale i pomocí kamer, z nichž jedna je zabudovaná přímo do světla. Překládáním dat z různých přístrojů do společného formátu HL7 se bude zabývat speciální konvertor, který zajistí, aby uložená data měla stručný a jednoduchý vzhled a strukturu. Rozmístění jednotlivých přístrojů je v obou případech uděláno proto, aby chirurg měl vedle sebe co nejvíce

prostoru, co nejlepší rozhled jak na pacienta, tak i na veškeré potřebné ukazatele, a co nejméně nežádoucích přístrojů, které by ho mohly rušit při provádění zákroku. Dá se říct, že chirurgickému týmu bude poskytnuto příjemné prostředí pro maximalizaci efektivity chirurgických zákroků a minimalizaci nežádoucích nebo rušivých okolností.



Obrázek č. 16: Blokové schéma navrženého inteligentního operačního sálu

5 Diskuze

V rámci dané práce jsem se seznámila s existujícím neurochirurgickým operačním sálem ve FN Motol, vytvořila jsem seznam přístrojů na tomto sále a uvedla jejich důležité parametry. Na základě mnou vytvořeného konceptu inteligentního OpS a vymezeného pojmu inteligentního operačního sálu jsem provedla analýzu současného OpS. Lze říci, že současný sál neodpovídá požadavkům na inteligentní OpS, nemá jeho charakteristiky a funkce: sál není připojen k nemocničnímu informačnímu systému, neumožňuje externí komunikaci, nepodporuje distribuci videa a obrazů mimo místnost, nemá integrační systém (a proto neumožňuje dálkové ovládání některých přístrojů, nastavení parametrů operačního sálu, jako např. teplota a vlhkost prostředí), a přístroje přítomné na sále nejsou integrované, nemají intuitivní a přívětivé rozhraní. Technika na sále splňuje pouze základní požadavky na neurochirurgický operační sál.

Dále jsem v této práci popsala požadavky pro modernizaci stávajícího neurochirurgického operačního sálu. Pro budoucí inteligentní operační sál byl vytvořen seznam požadavků na přístroje a techniku, které vyplývají nejen z definice IOpS, ale také z informací od nespokojeného lékařského týmu, který měl největší problémy s přenosem obrazu a chtěl nejen intuitivnější ovládání jeho přenosu a větší počet monitorů, ale i celkovou obnovu zastaralých a větší počet integrovaných přístrojů, které by bylo možné ovládat přes jedno intuitivní rozhraní.

Pro vytvoření tohoto seznamu požadavků na techniku jsem sledovala trh zdravotnické techniky a provedla jsem konzultace s odborníky firem Transkontakt Medical s.r.o. a Draeger s.r.o. Byly také sledovány i trendy zdravotnických přístrojů ve světě. Díky technické analýze parametrů jednotlivých přístrojů, a to nejen již instalovaných na operačním sálu FN Motol, ale i použitých při projektování komplexních inteligentních OpS v různých státech světa, jsem dostala představu o tom, jaké jsou požadavky na moderní výbavu pro inteligentní operační sály. Týkalo se to nejen hardwarové, ale i softwarové části (integrační systémy, kódování, posílání dat, vysílání video- a audiozáznamů), což je velmi důležité vzhledem k tomu, že inteligentní operační sál je nejen místností s určitým zařízením vhodným pro provedení operačních zákroků, ale samostatnou inteligentní jednotkou a zároveň i buňkou většího systému (nemocničního).

Během vypracování daného projektu bylo uskutečněno několik konzultací s odborníky z firmy Transkontakt-Medical s.r.o., která je distributorem zdravotnické techniky a zabývá se návrhem, projektováním a stavbou inteligentních operačních sálů. Tato firma poskytla řadu podkladů včetně návodů k přístrojům, informačních brožur a rad v odvětví stavby inteligentního operačního sálu. Po spolupráci s danou firmou byla tato práce vyhodnocena pracovníkem dané firmy, pro posudek viz příloha G.

Navržený operační sál je vybaven nejmodernější zdravotnickou technikou, která musí přitom splňovat požadavky na IOpS, která spolu komunikuje a usnadňuje práci chirurgickému týmu a je uživatelsky přívětivá. Na základě vymezených požadavků na inteligentní přístroje byl vytvořen návrh zdravotnické techniky, která odpovídá daným požadavkům. Snažila jsem se vybrat co nejnovější techniku, aby se nevyskytly problémy

se vzájemnou komunikací přístrojů. Pro inteligentní OpS bylo závažným krokem vybrat medicínský software, který umožní ovládání jednotlivých přístrojů, změnu jejich polohy, nastavení potřebných parametrů jako např. míru osvětlení u svítidel a hlídání různých parametrů přístrojů z hlediska bezpečí a snadného provozu.

Návrh IOpS je komplexní procedurou. V dané práci byl předložen návrh vybavení a obecné architektury celého systému. Aby se z toho stal plnohodnotný projekt, musí se brát v úvahu inženýrské sítě, stavební práce, vzduchotechnika atd. Tyto části jsou popsány pouze v nezbytně nutném rozsahu. Komplexnost návrhu spočívala i v tom, že v dané práci bylo nutné dbát na kompatibilitu a komunikační rozhraní přístrojů, což znamená, že se na tento operační sál nepohlíželo pouze jako na místnost, ale jako na systémový celek. Daný návrh neurochirurgického IOpS pro FN Motol je navíc vytvořen v souladu s jinými operačními sály v zahraničních nemocnicích. Při tomto návrhu ale byly brány v úvahu i detaily, jako je např. forma operačních svítidel, která nesmí bránit laminárnímu proudění vzduchu. Daná práce navíc disponuje monitorovacím systémem Masimo Root, který po pořízení umožní současné snímání pacientských dat i na dalších sálech v rámci nemocnice, což může být důležité z finančního hlediska.

Cíle dané bakalářské práce jsem splnila. Popsala jsem koncept inteligentního neurochirurgického operačního sálu, a to z hlediska jak právních norem (pro obecné a pro neurochirurgické operační sály), tak i současných požadavků pro operační sál budoucnosti (včetně plné integrace jednotek zařízení do infrastruktury nejen operačního sálu, ale i celé nemocnice a internetu). Byla provedena analýza neurochirurgického operačního sálu ve FN Motol z hlediska požadavků na inteligentní operační sál. Jako výsledek pro danou práci slouží seznam technických charakteristik navrhované techniky a půdorys navrženého operačního sálu s variantou umístění zdravotnických přístrojů během operace. K výsledkům patří inteligentní OpS stejné velikosti, jako současný sál, a také půdorys inteligentního OpS větší velikosti. Musí se brát v úvahu, že současný neurochirurgický sál má malou plochu a jsou nutné změny nejen v přístrojích, ale i ve velikosti tohoto sálu. Inteligentní operační sál by měl nejen disponovat nejmodernější integrovanou technikou, ale i pohodlným prostředím pro vykonávání chirurgických zákroků a volný pohyb lékařského týmu. Dalším dílčím výsledkem je půdorys operačních svítidel v navrženém sále.

Tato práce může sloužit k několika účelům. Primárně může být použita jako praktická pomůcka při projektování inteligentního operačního sálu pro neurochirurgii, ve které inženýr najde nejen teoretickou bázi, ale i praktické příklady existujícího zařízení a implementovaných sálů, které může použít pro sestavení dalšího sálu. Kromě toho by tato práce mohla být zajímavá pro praktikanty z oboru, autory technických článků, nemocniční manažery, a pracovníky vysokých škol. Z pohledu provozovatele daného řešení, tzn. FN Motol, bude mít implementace daného projektu následující výhody: zvýší se celková úspěšnost operačních zákroků a zároveň se zkrátí jejich čas; zvýší se prestiž nemocnice; pracovníci budou mít pohodlné a intuitivní prostředí, ze kterého budou mít přístup do veškerých potřebných dat; informační integrace výrazně sníží časové náklady na vytvoření a ukládaní protokolů z operace.

Závěr

Cílem dané bakalářské práce bylo vytvořit návrh inteligentního neurochirurgického operačního sálu ve FN Motol. Pro splnění zadání práce bylo v teoretické části nutno popsat základní údaje o problematice, stanovit všechny cíle bakalářské práce, popsat koncept operačního sálu z hlediska vybavení. Důležitou částí bylo studium příslušných zákonů, týkajících se operačních sálů a definujících požadavky na neurochirurgické sály z hlediska vybavení zdravotnickou technikou. Také byla probrána struktura a konfigurace celé místnosti s okolními prostory, a to včetně vzduchotechniky přítomné na sále, vývodů medicinálních plynů a elektřiny, umístění zdravotnické techniky během chirurgických výkonů.

Součástí teoretické části práce byla definice inteligentního operačního sálu, vydefinování jeho cílů, charakteristik, struktury a podrobný popis integrace všech jednotek zdravotnických přístrojů a dat. Byly popsány rozdíly vůči obyčejným operačním sálům, integrace z datového a technického pohledu, komunikace, standardy a ovládací technologie. Byla podrobně popsána i distribuce videa a obrazů na inteligentním sále. Ze všech použitých materiálů a požadavků bylo vytvořeno blokové schéma inteligentního operačního sálu, který přehledně znázorňuje jeho možnosti a data management uvnitř sálu.

V praktické části práce byl popsán současný stav neurochirurgického operačního sálu ve FN Motol. Byl vytvořen jeho obecný popis a uveden seznam používané techniky, vč. jejich fotografií přímo z operačního sálu, seznam důležitých parametrů a funkcionality. Součástí práce jsou nakreslené půdorysy jak existujícího sálu s okolními místnostmi, tak i půdorys samostatného neurochirurgického sálu s umístěním zdravotnické techniky během chirurgického výkonu a půdorys používaných stropních svítidel na tomto sále. Dále byly popsány požadavky pro modernizaci budoucího inteligentního operačního sálu, které vyplývají z definice IOpS v teoretické části.

Výsledky této práce jsou uvedeny ve formě seznamu navržených přístrojů na neurochirurgickém IOpS včetně jejich veškerých parametrů uvedených výrobcem a popisu. Argumentací pro tento návrh je realita, že dané přístroje odpovídají všem uvedeným požadavkům z praktické části a splňují danou definici inteligence OpS. Všechny navržené přístroje obsahují i alternativu – přístroje od jiných výrobců. Součástí výsledků jsou i půdorys navrženého inteligentního sálu s variantou umístění zdravotnické techniky během chirurgického výkonu. Další půdorys ve výsledcích zohledňuje rozšířený inteligentní operační sál s větší plochou pro snadný pohyb lékařů a zdravotnického týmu na sále. Třetí půdorys obsahuje navržená chirurgická svítidla na IOpS. Součástí výsledků je i blokové schéma navrženého inteligentního operačního sálu s ukázkou používaných integračních systémů, které fungují jako server.

Inteligentní OpS je velice moderním trendem v současné době. Výsledky dané práce, jako jsou seznam zařízení a nákres plánu umístění přístrojů v OpS, mohou být použité jako vzorec pro projektování dalších inteligentních OpS i bez závislosti na zaměření sálu. Je důležité si uvědomit, že daná bakalářská práce není plnohodnotný projekt, ale jen návrh vybavení inteligentního operačního sálu zdravotnickou technikou. Nicméně se dá

předpokládat, že daná práce může být názorným příkladem projektování inteligentního OpS a jeho vybavení moderní zdravotnickou technikou.

Seznam použité literatury

[1] MUZUMDAR, Dattatraya. Safety in the operating room: Neurosurgical perspective [online]. *International Journal of Surgery*. 2007, Volume 5, Issue 4, Pages 286-288. ISSN 1743-9191 [cit. 20-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1743919106000951.

[2] AKRIDGE, Jeannie. Smart surgical suites set new operating standards [online]. In: *Healthcare Purchasing News* [vid. 01.2012] [cit. 20-3-2016] Dostupné z WWW: http://www.hpnonline.com/inside/2012-01/1201-OR.html.

[3] PeaceHealth Sacred Heart Medical Cener at RiverBend. *Smart Operating Rooms* [online]. © 2015 [cit. 20-3-2016]. Dostupné z WWW: https://www.peacehealth.org/sacred-heart-riverbend/services/surgical-services/Pages/smart-operating-room.

[4] BHARATHAN, Rasiah et al. Operating room of the future [online]. *Best Practice & Research Clinical Obstetrics & Gynaecology*. 2012, Volume 27, Issue 3, Pages 311 – 322 [cit. 20-3-2016]. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.bpobgyn.2012.11.003.

[5] MAHESHWARI, Kamal. CHAPTER 9 ROOM VENTILATION SYSTEMS [online] In: American Society of Anesthesiologists. Cleveland Clinic Foundation. *Operating Room Design Manual*. © 2012 [cit. 20-3-2016]. Dostupné z WWW: https://www.asahq.org/~/media/legacy/for%20members/practice%20management/ordm/chapter%209%20room%20ventilation%20systems.pdf?la=en.

[6] REIN MEDICAL. *ViewMedic. Video Routing, Hardware Encoding, Audio and Video Streaming, Archiving.* [online] [vid. 06.2013] [cit. 3-5-2016]. Dostupné z WWW: http://www.reinmedical.com/nc/en/viewmedic-products/smart-or-video-routing-and-archiving-from-one-source.html?cid=14455259&did=2858&sechash=b37e2acb.

[7] BOSTONS CHILDER'S HOSPITAL. *Department of Neurosurgery | Overview* [online] © 2005-2016 [cit. 14-5-2016]. Dostupné z WWW: http://www.childrenshospital.org/centers-and-services/department-of-neurosurgery.

[8] SABIK III, Joseph F. Hybrid Heart Procedures Fueled by Innovation (Video) [online]. In: *Cleveland Clinic* April 3, 2013 [cit. 14-5-2016]. Dostupné z WWW: https://health.clevelandclinic.org/2013/04/hybrid-heart-procedures-fueled-by-innovation-video-2/.

[9] BRIGHAM AND WOMEN'S HOSPITAL. *Department of Neurosurgery* [online] [vid. 11.2015] [cit. 14-5-2016]. Dostupné z WWW:

http://www.brighamandwomens.org/Departments_and_Services/neurosurgery/default.aspx.

[10] ASTIER, Astrid. Clinatec biomedical platform is developing innovative brain-disorder treatments [online]. In: *Leti Cea Tech* [cit. 14-5-2016]. Dostupné z WWW: http://www-leti.cea.fr/en/Discover-Leti/Innovation-platforms/Plateforme-Clinatec.

[11] NEUROCHIRURGIE UNIKLINIK TUBINGEN. *Who we are and what we do* [online]. [vid. 8.2009] [cit. 14-5-2016]. Dostupné z WWW: http://www.neurochirurgie-tuebingen.de/website/index.php?article_id=2&clang=1.

[12] ACT HEALTH. *Neurosurgery* [online]. [vid. 5.2016] [cit. 8-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.health.act.gov.au/our-services/surgery/neurosurgery.

[13] FAKULTNÍ NEMOCNICE MOTOL. *Neurochirurgická klinika dětí a dospělých 2. LF UK a FN Motol* [online]. 2012 [cit. 8-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.fnmotol.cz/kliniky-a-oddeleni/spolecna-pracoviste/oddeleni-neurochirurgie/

[14] DETOO DESIGN TO OPERATE ARCHITECTS. *Digital operating theatre aalst* [online]. 2015 [cit. 15-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.detoo.com/en/projects/digital-operating-theatre-a.s.z.-aalst.

[15] KOHN, LT, CORRIGAN, JM, DONALDSON, MS. *To Err is Human: Building a Safer Health System.Institute of Medicine* [online]. (US) Committee on Quality of Health Care in America; Washington (DC): National Academies Press (US); 2000. [cit. 15-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK225182/ doi: 10.17226/9728.

[16] SUN, Fang. Operating Room Integration and Display Systems: Brief Review [online]. *Making Health Care Safer II: An Updated Critical Analysis of the Evidence for Patient Safety Practices. Evidence Reports/Technology Assessments* No. 211. Rockville (MD) Chapter 16: Agency for Healthcare Research and Quality (US); 2013 Mar. [cit. 15-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmedhealth/PMH0055920/.

[17] CARR, Jackie. Novel Technologies Advance Brain Surgery to Benefit Patients [online]. *UC San Diego Health*. © 2016 [cit. 15-3-2016]. Dostupné z WWW: http://health.ucsd.edu/news/releases/Pages/2014-07-24-novel-technologies-advance-brain-surgery.aspx.

[18] BLAZIER, Carol. Operating room requirements for neurosurgical procedures [cit. 13-5-2016]. *Operative Techniques in Neurosurgery*, 1998, Volume 1, Issue 1, Pages 2-13. ISSN 1092-440X [cit. 13-5-2016]. Dostupné z WWW: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1092440X98800030.

[19] ČESKO. Zákon č. 372 ze dne 6. Listopadu 2011 o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zákon o zdravotních službách). In: *Sbírka*

zákonů České republiky. 2011, částka 131. Dostupné také z: http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-372.

[20] MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY. *Manuál Stavební Standardy* [online]. 2015 [cit. 15-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.mzcr.cz/Unie/Soubor.ashx?souborID=5190&typ=application/pdf&nazev=Standard%20-%20Opera%C4%8Dn%C3%AD%20komplex.pdf.

[21] FAKULTNÍ NEMOCNICE OSTRAVA. *Neurochirurgie* [online] ©2009 [cit. 20-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.akcmed.cz/stenovy-system.php.

[22] ŠKARYDOVÁ, Kateřina. *Vliv prostředí gynekologického operačního traktu na klientku*. Pardubice: UNIVERZITA PARDUBICE FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ, 2014. Bakalářská práce.

[23] AKCMED. *Vzduchotechnika* [online] 2015 [cit. 20-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.akcmed.cz/vzduchotechnika.php.

[24] AKCMED. *Stěnový systém* [online] 2015 [cit. 20-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.akcmed.cz/stenovy-system.php.

[25] VRÁNA, Václav, KOCMAN, Stanislav, KOLÁŘ, Václav. *Stupně zajištění dodávky el. energie a záložní zdroje* [online]. Katedra obecné elektrotechniky VŠB-TU Ostrava, 2006 [cit. 25-3-2016]. Dostupné z WWW: http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/hgf/rozvody_lomy/07_zajisteni_dodavky_zdroje.pdf.

[26] ČVUT. Barevné značení zásuvek jednotlivých rozvodů [online]. *Populárně naučný portál Populár*, 2015 [cit. 25-3-2016]. Dostupné z WWW: http://popular.fbmi.cvut.cz/elektrotechnika/Stranky/Barevne-znaceni-zasuvek-jednotlivych-rozvodu.aspx.

[27] ČESKÁ ASOCIACE TECHNICKÝCH PLYNŮ. *ČATP – PS – 5. Řada: informace, normy, předpisy. Medicinální plyny* [online]. 2012 [cit. 25-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.catp.cz/publikace2.php?download=catp_01-12-cz.pdf.

[28] SIEMENS. Experience the Siemens Hybrid OR - Take a 360° Tour [online]. 2015 [cit. 8-3-2015]. Dostupné z: http://www.healthcare.siemens.com/clinical-specialities/surgery/experience-hybridor/360-tour.

[29] SUZUKI, Takashi, YOSHIMITSU, Kitaro, MURAGAKI Yoshihiro, ISEKI Hiroshi. Intelligent Operating Theater: Technical Details for Information Broadcasting and Incident Detection System. *Journal of Medical and Biological Engineering* (Impact Factor: 0.97). 01/2013; 33(1):69-78. DOI: 10.5405/jmbe.982 Oct 15, 2015 [cit. 25-3-2016].

[30] MAQUET GETINGE GROUP. *TEGRIS: The control center for integrated operating rooms* [online]. © 2016 [cit. 25-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.maquet.com/int/products/tegris/.

[31] DOHNAL, František. *Nemocniční informační systémy* [online]. ČVUT Praha | FBMI | Katedra biomedicínské techniky [cit. 25-3-2016]. Dostupné z WWW: https://predmety.fbmi.cvut.cz/sites/default/files/predmet/3335/prednasky/17PMSNIS_20151102_002420_c0f26bdfcf640de730edc661dd41a84d.pdf.

[32] MASON, Christopher, LEONG, Tim. Clinical information systems in the intensive care unit [online]. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*. 2016, Volume 17, Issue 1, Pages 13-16. ISSN 1472-0299 [cit. 27-3-2016]. Dostupné z WWW: http://dx.doi.org/10.1016/j.mpaic.2015.10.011.; http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1472029915002490.

[33] MEDSOL S.R.O. *iMDsoft Klinický informační systémm* [online]. ©2016 [cit. 27-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.medsol.cz/produkty/imdsoft-klinicky-informacni-system/.

[34] MICROSOFT. *User Datagram Protocol (UDP) (Windows CE 5.0)* [online]. © 2016 [cit. 27-3-2016]. Dostupné z WWW: https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms885773.aspx.

[35] COSMYS. *Virtual (VMWare) Server Instances* [online]. 2010-2015 [cit. 27-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.comsys.net/technology/speechframe/server-types.html.

[36] KAJZAR, Petr. Informační systémy ve zdravotnictví [online]. In: Zdravotnická informatika.cz, 2015–2016. [cit. 27-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.zdravotnickainformatika.cz/inf_is.html

[37] REIN MEDICAL. *ViewMedic MSX-1004*. [vid. 18-7-2014]. [cit. 2-4-2016]. Dostupné z WWW: http://www.reinmedical.com/nc/de/unternehmen.html?cid=14457423&did=3544&sechash=9c167c4b

[38] HEALTH LEVEL SEVEN INTERNATIONAL. *Section 3: Clinical and Administrative Domains. HL7 Version 3 Normative Edition 2015* [online]. ©2007-2016 [cit. 2-4-2016]. Dostupné z WWW: http://www.hl7.org/implement/standards/product_brief.cfm?product_id=404.

[39] IGUANA. More than just an HL7 integration engine [online]. In: *InterfaceWare*, 2015 [cit. 2-4-2016]. Dostupné z WWW: http://www.interfaceware.com/iguana.html.

[40] SHIEH, Meng-Dar and Shih-Tyng HSIEH. *Voice User Interface Design for a Computer Aided Ureteroscopic Surgical System* [online]. National Cheng Kung University. Department of Industrial Design. Tainan, Taiwan, 2015 [cit. 2-4-2016]. Dostupné z WWW: http://www.idsa.org/sites/default/files/FINAL_Voice%20User%20Interface%20Design%20for%20a%20Computer%20Aided%20Ureteroscopic%20Surgical%20System.pdf

[41] MENTIS, H. M., O'HARA, K. P., GONZALES, G., SELLEN A., CORISH, CRIMINISI R., TRIVEDI, A. R. and P. THEODORE. Voice or Gesture in the Operating Room. Conf. on Human Factors in Computing Systems (CHI) [online]. In: *Microsoft Research*. March 2015. [cit. 2-4-2016]. Dostupné z WWW: http://research.microsoft.com/pubs/244726/p773-mentis.pdf.

[42] SCHAEFFER, Juliann. Voice Command Technology Enters the OR [online]. *For the Record*. 2014, Vol. 26, No. 10 Page 24 [cit. 2-4-2016]. Dostupné z WWW: http://www.fortherecordmag.com/archives/1014p24.shtml.

[43] HEINEN + LÖWENSTEIN. *Leon Plus* [online]. © 2014-2016 [cit. 16-3-2016]. Dostupné z WWW: http://hul.de/uk/produkt/leon-plus-3/0.

[44] SPECTRUM MEDICAL X-RAY CO. *BV Pulsera Understanding You* [online]. 2005 [cit. 16-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.spectrumxray.com/sites/default/files/pdfs/1-6_Philips-BV-Pulsera.pdf.

[45] MAQUET GETINGE GROUP. *Triop Volista* [online]. 2008 [cit. 16-3-2016] Dostupné z WWW: http://www.maquet.com/globalassets/downloads/products/volista/non-us_msw_bro_sl_vlt_xxx_03_en_dec_12.pdf.

[46] MEDTRONIC. *Force FX™ Electrosurgical Generator with Instant Response™ Technology* [online]. ©2007 [cit. 16-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.medtronic.com/content/dam/covidien/library/global/english/product/electrosurgical-hardware/generators-and-monitors/force-fx-electrosurgical-generator-c-with-instant-response-technology/force-fx-generator-brochure.pdf.

[47] CARL ZEISS. *OPMI® Neuro/NC4 System. The Standard of Excellence* [online]. 2015 [cit. 16-3-2016]. Dostupné z WWW: https://www.zeiss.com/content/dam/Meditec/us/download/certified-pre-owned-systems/OPMI%20Neuro-NC4.pdf.

[48] INFINITI MEDICAL. *iMEC12/iMEC10/iMEC8. Patient Monitor. Service Manual* [online]. © 2011 - 2012 [cit. 16-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.infiniti.se/upload/Mindray/Manualer/iMEC/MIN_SM_iMEC_Service%20Manual_V3.0_EN..pdf.

[49] CHEIRON. *Iconic Victoria suction unit* [online]. In: Otoplug OY. © 2014 [cit. 16-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.otoplug.fi/extranet/ext/cms3/attachments/leaflet_victoria_eng.pdf.

[50] BIEGLER MEDZIN ELEKTRONIK. Blood and infusion warmer BW 685/BW 685 S [online]. 02/2014 [cit. 16-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.biegler.com/en/bw685?file=files/biegler/manuals/bw685_brochure_en.pdf.

[51] SMITHS MEDICAL. *Operator's manual EQUATOR® Convective Warmer EQ-5000* [online]. 2015 [cit. 16-3-2016]. Dostupné z WWW: https://www.smiths-medical.com/uk/upload/products/product_relateddocs/EQ-5000_Operator's_Manual1.pdf

[52] HOSPITAL-PRODUCTS. *MAQUET AlphaMaquet 1150 : AlphaM Fixed/mobile* [online]. © 1999-2016 [cit. 16-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.hospital-products.com/page/1500/.

[53] FRANK'S HOSPITAL WORKSHOP. *Servise manual. CUSA Excel – 8 System* [online]. Valleylab, © 2004 [cit. 16-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.frankshospitalworkshop.com/equipment/documents/electrosurgery/service_manuals/Valleylab_Cusa_Excel_Ultrasonic_Surgical_Aspirator_-_Service_manual.pdf.

[54] JVC. *TM-H150CGU 15-INCH HIGH RESOLUTION COLOR MONITOR* [online]. ©2016 [cit. 16-3-2016]. Dostupné z WWW: http://pro.jvc.com/prof/attributes/features.jsp?model_id=MDL101461&feature_id=01.

[55] HLEDAMZDRAVI. *Operace mozkových nádorů* [online]. 2014 [cit. 18-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.hledamzdravi.cz/operace-mozkovych-nadoru/.

[56] MEDWOW. *Manufacturer Specifications - VectorVision2, Brainlab* [online]. © 2014 [cit. 18-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.medwow.com/med/computer-assisted-surgery/brainlab/vectorvision2/10716.model-spec.

[57] PPE S.R.O. *Dodávka zdravotnických přístrojů pro KCC FNHK 2* [online]. 2016 [cit. 18-3-2016]. Dostupné z WWW: https://www.ppe.cz/v2/DocDownload.aspx?ID=7280f2f5-9c64-4abb-9bba-5713cc7893c9.

[58] FAKULTNÍ NEMOCNICE HRADEC KRÁLOVÉ. *Zadávací dokumentace veřejné zakázky. Projekt: „modernizace a obnova přístrojového vybavení traumatologického centra FN Hradec Králové"* [online]. 2015 [cit. 18-3-2016]. Dostupné z WWW: https://www.fnhk.cz/data/zakazky/374_1.pdf.

[59] BENDER. *Theatre Control Panels* [online]. 2015 [cit. 17-3-2016] Dostupné z WWW: http://www.bender-uk.com/products/c/hospital_technology__7/theatre_control_panels__112.html.

[60] MASIMO. *Root® Patient Monitoring and Connectivity Platform* [online] © 2016 [cit. 17-3-2016]. Dostupné z WWW: http://masimo.com/root/

[61] MAQUET GETINGE GROUP. *SATELITE® Ceiling Mount System* [online] © 2016 [cit. 17-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.maquet.com/int/products/satelite-ceiling-mount-system/.

[62] DRAEGER. *Dräger Perseus® A500* [online] ©2016 [cit. 17-3-2016] Dostupné z WWW: http://www.draeger.com/sites/assets/PublishingImages/Products/ane_Perseus_A500/Master_Documents/perseus_a500_pi_9066980_en.pdf.

[63] MAQUET GETINGE GROUP. *FLOW-i C40 Anesthesia Delivery System* [online]. © 2016 [cit. 17-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.maquet.com/globalassets/downloads/products/shared-flow-i-c20-c30-c40/mx-0671_flow-i_brochu_rev07_en_nonus_lowres.pdf.

[64] ZIEHM IMAGING. *Ziehm VisionRFD, The mobile interventional suite* [online]. © 2012 [cit. 17-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.ziehm.com/uploads/media/Ziehm_Vision_RFD_06.pdf.

[65] INTERMEDICAL. *Radius XP* [online]. 2015 [cit. 17-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.inter-med.it/en/default1.asp?page_id=672.

[66] STERIS HEALTHCARE. *XLED Surgical Lighting Systems* [online]. 2016 [cit. 26-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.steris-healthcare.com/medias/docs/108892ea7e3cffcf933b75b203a5ccb016b26473.pdf.

[67] TRUMPF MEDICAL. *iLED® 7 Surgical Light* [online]. © 2016 [cit. 26-3-2016]. Dostupné z WWW: https://www.trumpfmedical.com/en/iLED7.

[68] MEDTRONIC.COM. *User's Guide ValleylabTM FT10 FT Series Energy Platform* [online]. © 2016 [cit. 26-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.medtronic.com/content/dam/covidien/library/us/en/product/electrosurgical-hardware-and-accessories/valleylab-ft10-energy-platform-users-guide.pdf.

[69] ERBE MED. *VIO[®] 300 D - Electrosurgical Generator* [online]. 2015 [cit. 26-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.erbe-med.com/us/medical-technology/public/1000_electrosurgery/VIO---300-D---Electrosurgical-Generator.

[70] LEICA MICROSYSTEMS. *Leica M530 OH6 with FusionOptics* [online]. 2015 [cit. 26-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.leica-microsystems.com/fileadmin/downloads/Leica%20M530%20OH6/Brochures/Leica_M530_OH6_Brochure_en.pdf.

[71] ZEISS. *PENTERO® 900 The Next Generation* [online]. Nautilus Surgical, © 2011 [cit. 26-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.nautilussurgical.com/Nautilus_Surgical,_Inc./Zeiss_files/BROCHURE%20OPMI%20Pentero%20900.pdf.

[72] TRUMPF MEDICAL. *TruSystem® 7500 OR Table* [online]. © 2016 [cit. 26-3-2016]. Dostupné z WWW: https://www.trumpfmedical.com/en/products/or-tables/or-table-systems/trusystem-7500/.

[73] MAQUET GETINGE GROUP. *ALPHAMAXX Mobile Operating Table* [online]. © 2016 [cit. 26-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.maquet.com/int/products/alphamaxx/.

[74] MAQUET GETINGE GROUP. *Tegris Redefining OR Integration* [online]. 02/2015 [cit. 26-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.maquet.com/globalassets/downloads/products/tegris/tegris-brochure-int-en-2-nonus.pdf.

[75] REIN MEDICAL. *Viewmedic operion* [online]. © 2016 [cit. 30-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.reinmedical.com/en/viewmedic-products/integrated-computers-and-monitors-for-operating-rooms.html.

[76] NDS SURGICAL IMAGING. *27" Radiance ® Ultra* [online]. © 2016 [cit. 30-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.ndssi.com/radiance/27-radiance-ultra.html.

[77] SONY. *Introducing the LMD-2760MD* [online]. © 2004 - 2016 [cit. 30-3-2016]. Dostupné z WWW: http://www.pro.sony.eu/pro/lang/en/eu/product/medical-surgical-monitors/lmd-2760md/specifications/.

[78] SONY. *LMDX550MD 55-Inch 4K medical monitor* [online]. © 2004 - 2016 [cit. 8-4-2016]. Dostupné z WWW: https://pro.sony.com/bbsc/ssr/product-LMDX550MD/?PID=I:4kmedical:lmdx550md.

[79] FSN MEDICAL TECHNOLOGIES. *FS-L5502D 55" 4K UHD* [online]. © 2016 [cit. 8-4-2016]. Dostupné z WWW: http://fsnmed.com/products/55-4k-uhd-model-fs-l5502d-

[80] XOTONICSMED. *Xotocam 1.1* [online] 4/2016 [cit. 8-4-2016]. Dostupné z WWW: http://www.xotonicsmed.com/site/assets/files/1044/1603xotocam1_1_a4_de_web.pdf.

[81] PANASONIC BUSINESS. *GP-UH532* [online]. Panasonic Business © 2016 [cit. 8-4-2016]. Dostupné z WWW: http://business.panasonic.co.uk/professional-camera/oem-micro-camera-solutions/panasonic-3mos-4k-ultra-hd-camera.

[82] MAQUET GETINGE GROUP. Orchide the genuine hd universe [online]. In: Rafi International, 2015 [cit. 8-4-2016]. Dostupné z WWW: http://www.rafi.ro/fisiere_produse/MAQUET_Camera_video_ORCHIDE_HD.pdf.

[83] MEDTRONIC. *Surgical Navigation Systems* [online]. © 2016 [cit. 8-4-2016]. Dostupné z WWW: http://www.medtronic.com/us-en/healthcare-professionals/products/neurological/surgical-navigation-imaging/surgical-navigation-systems.html.

[84] ANTNEURO. *Visor2™XT* [online]. 2015 [cit. 8-4-2016]. Dostupné z WWW: https://www.ant-neuro.com/products/visor2%E2%84%A2xt

[85] MISONIX. *Accuracy matters. SonaStar* [online]. © 2016 [cit. 8-4-2016] Dostupné z WWW: http://misonix.com/portfolio-items/sonastar/

[86] STRYKER. *Stryker Sonopet Ultrasonic Aspirator* [online]. © 1998-2016 [cit. 8-4-2016]. Dostupné z WWW: https://www.stryker.com/en-us/products/NeurosurgicalSpineENT/UltrasonicAspirator/SonopetUltrasonicAspirator/index.htm.

[87] NUOVA. *Blood- and Infusion Warmer Nuova/05"plus"* [online]. 2013 [cit. 9-4-2016]. Dostupné z WWW: http://www.nuova.de/en/blood_infusion_warmer_nuova05_plus.php.

[88] MEDELA. *Dominant Flex Suction Pump* [online]. 2015 [cit. 9-4-2016]. Dostupné z WWW: https://www.medela.com/healthcare/products/surgical-suction/dominant-flex.

Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Inteligentní operační sál 15
Obrázek č. 2: Digital Operating Theatre, Aalst 16
Obrázek č. 3: Koncept inteligentního operačního sálu 24
Obrázek č. 4: NIS a jeho součásti 25
Obrázek č. 5: Informační systém operačního sálu 26
Obrázek č. 6: Příklad distrubuce videa na operačním sále 28
Obrázek č. 7: Neurochirurgický sál pro dospělé ve FN Motol 31
Obrázek č. 8: Anesteziologický přístroj Leon plus 32
Obrázek č. 9: Pojízdný RTG systém BV Pulsera 2 33
Obrázek č. 10: Operační svítidla VOLISTA 600 a 400 34
Obrázek č. 11: Elektrochirurgický generátor Force FX-8C 36
Obrázek č. 12: Neurochirurgický mikroskopový systém Zeiss Opmi Neuro 37
Obrázek č. 13: Monitor vitálních funkcí iMEC 8 37
Obrázek č. 14: Elektrický odsávací systém Victoria 38
Obrázek č. 15: Chirurgický ultrazvukový aspirátor CUSA Excel 8 40
Obrázek č. 16: Blokové schéma navrženého inteligentního operačního sálu 53

Seznam tabulek

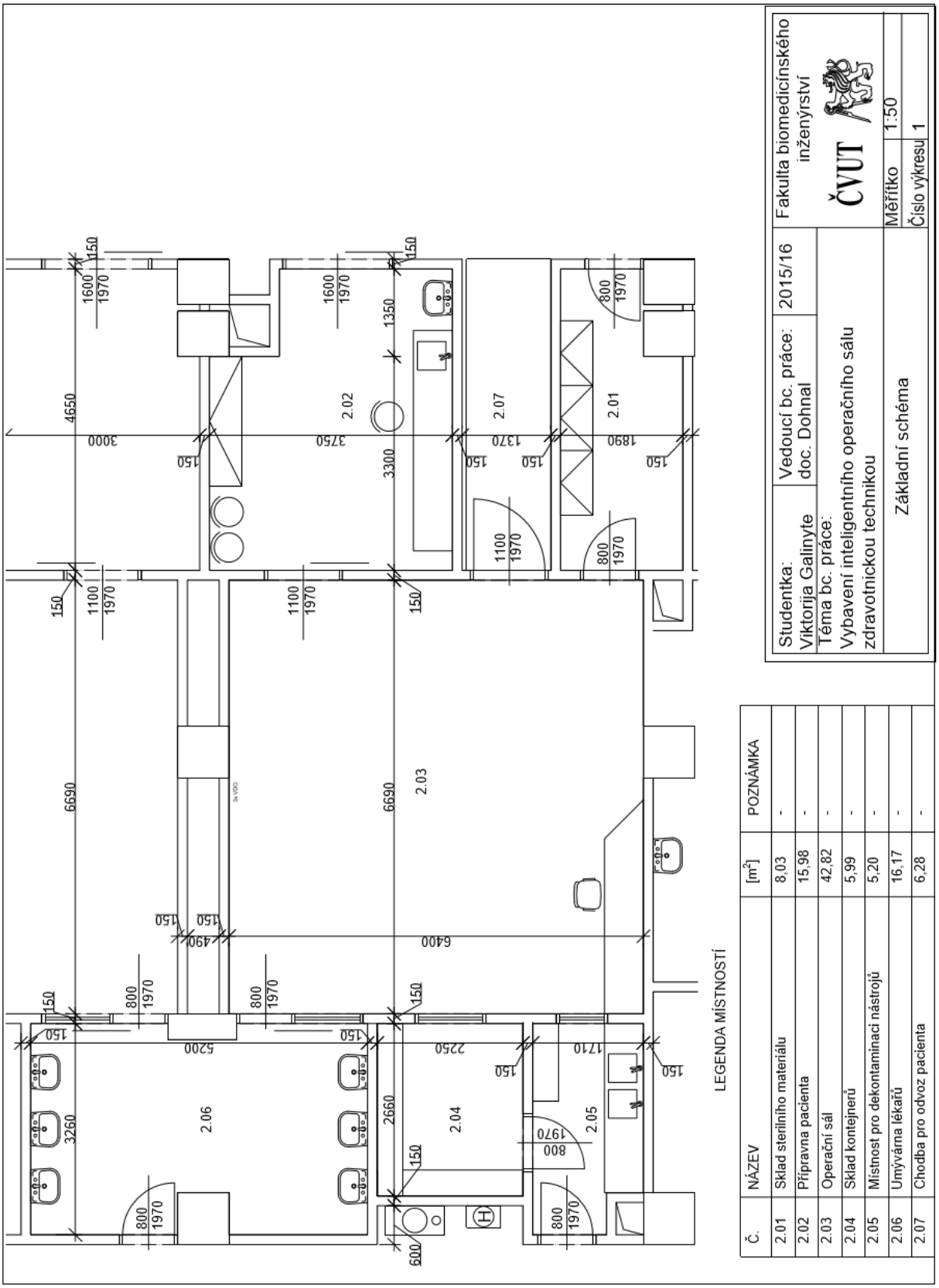
Tabulka č. 1: Minimální věcné vybavení OpS 19
Tabulka č. 2: Zvláštní požadavky na neurochirurgický operační sál 19
Tabulka č. 3: Vývody medicinálních plynů a zdrojů elektrického napětí na sále. 20
Tabulka č. 4: Parametry anesteziologického přístroje Leon plus 32
Tabulka č. 5: Parametry pojízdného RTG systému BV Pulsera 2 33
Tabulka č. 6: Parametry lamp Triop Volista 34
Tabulka č. 7: Výstupní charakteristika elektrochirurgického generátoru 35
Tabulka č. 8: Operační mikroskop Opmi Neuro 36
Tabulka č. 9: Technická data odsávacího systému Victoria 38
Tabulka č. 10: Parametry operačního stolu Alphamaquet 39
Tabulka č. 11: Parametry chirurgického ultrazvukového aspirátoru Cusa Excel 8 40
Tabulka č. 12: Vývody medicinálních plynů a zdrojů elektrického napětí na inteligentním operačním sále 44
Tabulka č. 13: Parametry anesteziologického přístroje Perseus A500 46
Tabulka č. 14: Parametry pojízdného RTG systému Ziehm Vision RFD 47
Tabulka č. 15: Technické parametry chirurgických svítidel XLED 47
Tabulka č. 16: Parametry ESU Valleylab FT10 48
Tabulka č. 17: Parametry operačního mikroskopu Leica MH 530 OH6 48
Tabulka č. 18: Parametry operačního stolu Trumpf Medical TruSystemT7500 49
Tabulka č. 19: Parametry navržených monitorů 49
Tabulka č. 20: Parametry HD kamery Orchide 50
Tabulka č. 21: Parametry neuronavigačního systému The StealthStation S7 50
Tabulka č. 22: Parametry odsávacího systému Dominant Flex 51

Seznam příloh

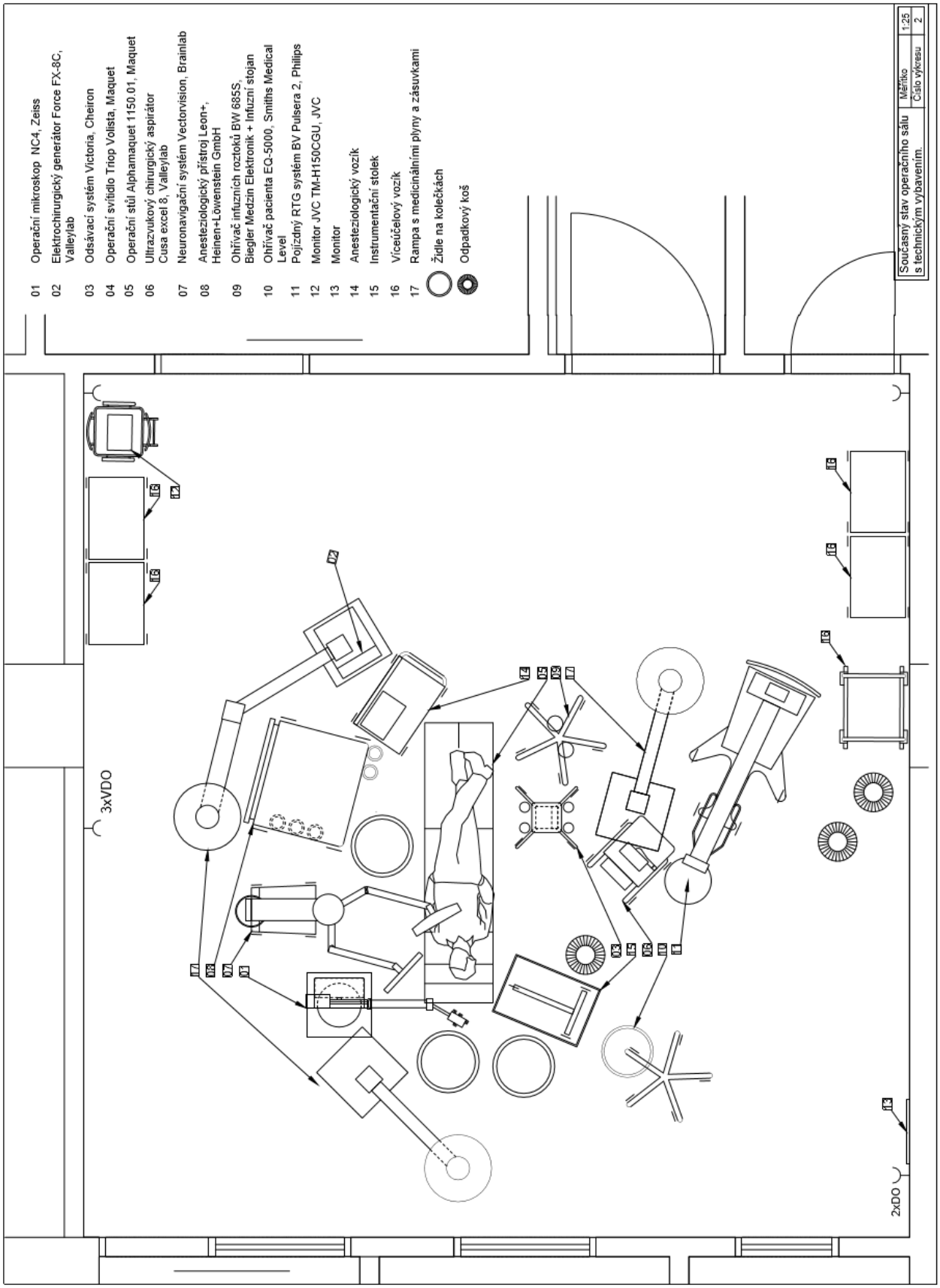
Příloha A: Současný neurochirurgický operační sál ve FN Motol s okolními prostory .70
Příloha B: Současný neurochirurgický operační sál s umístěním zdravotnické techniky 71
Příloha C: Operační svítidla na současném neurochirurgickém operačním sále 72
Příloha D: Navržený inteligentní neurochirurgický operační sál s návrhem umístění zdravotnické techniky.....73
Příloha E: Navržený rozšířený inteligentní neurochirurgický operační sál s návrhem umístění zdravotnické techniky 74
Příloha F: Operační svítidla na navrženém inteligentním neurochirurgickém operačním sále.....75
Příloha G: Odborné posouzení bakalářské práce 76

Přílohy

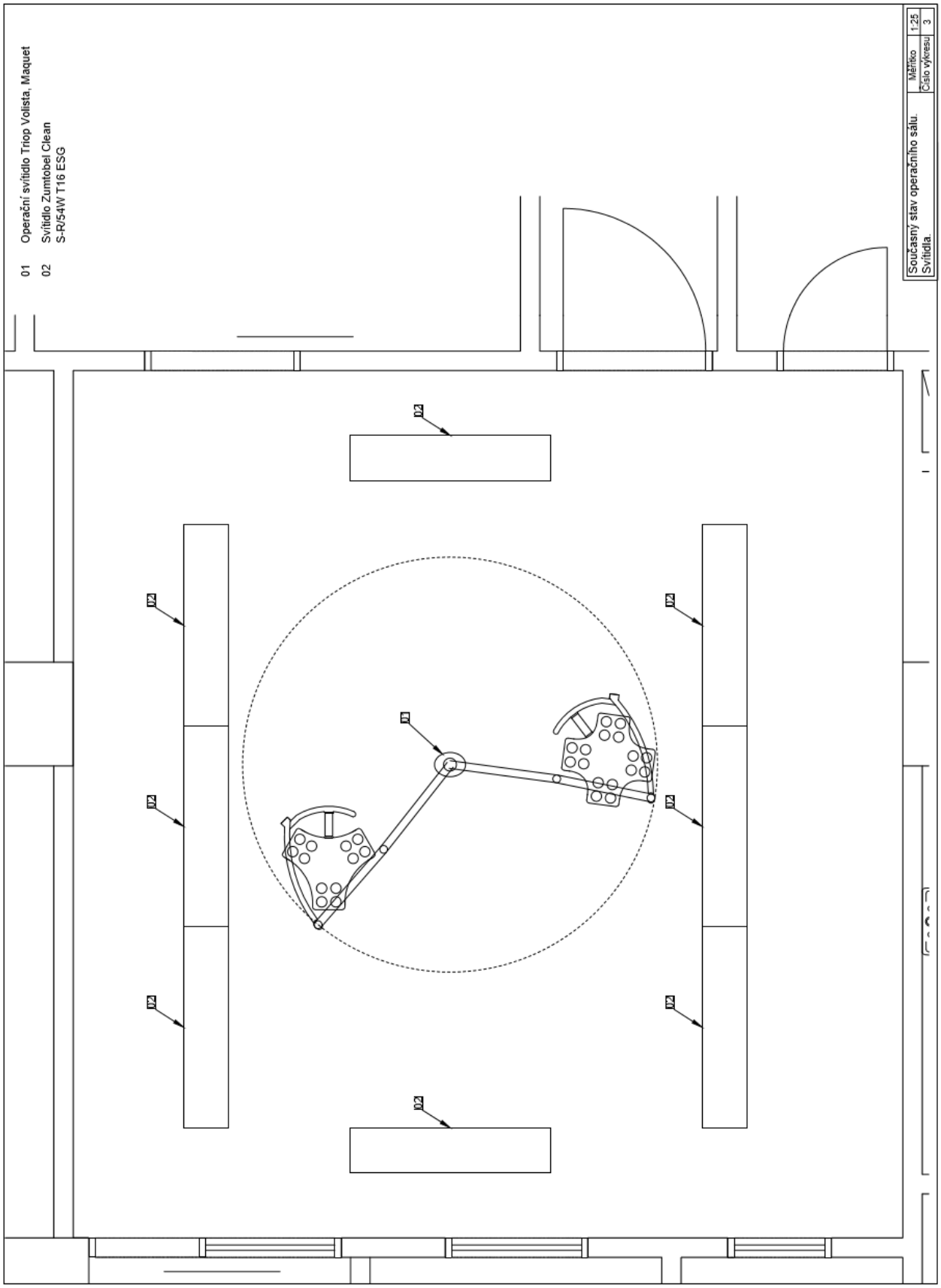
Příloha A: Současný neurochirurgický operační sál ve FN Motol s okolními prostory



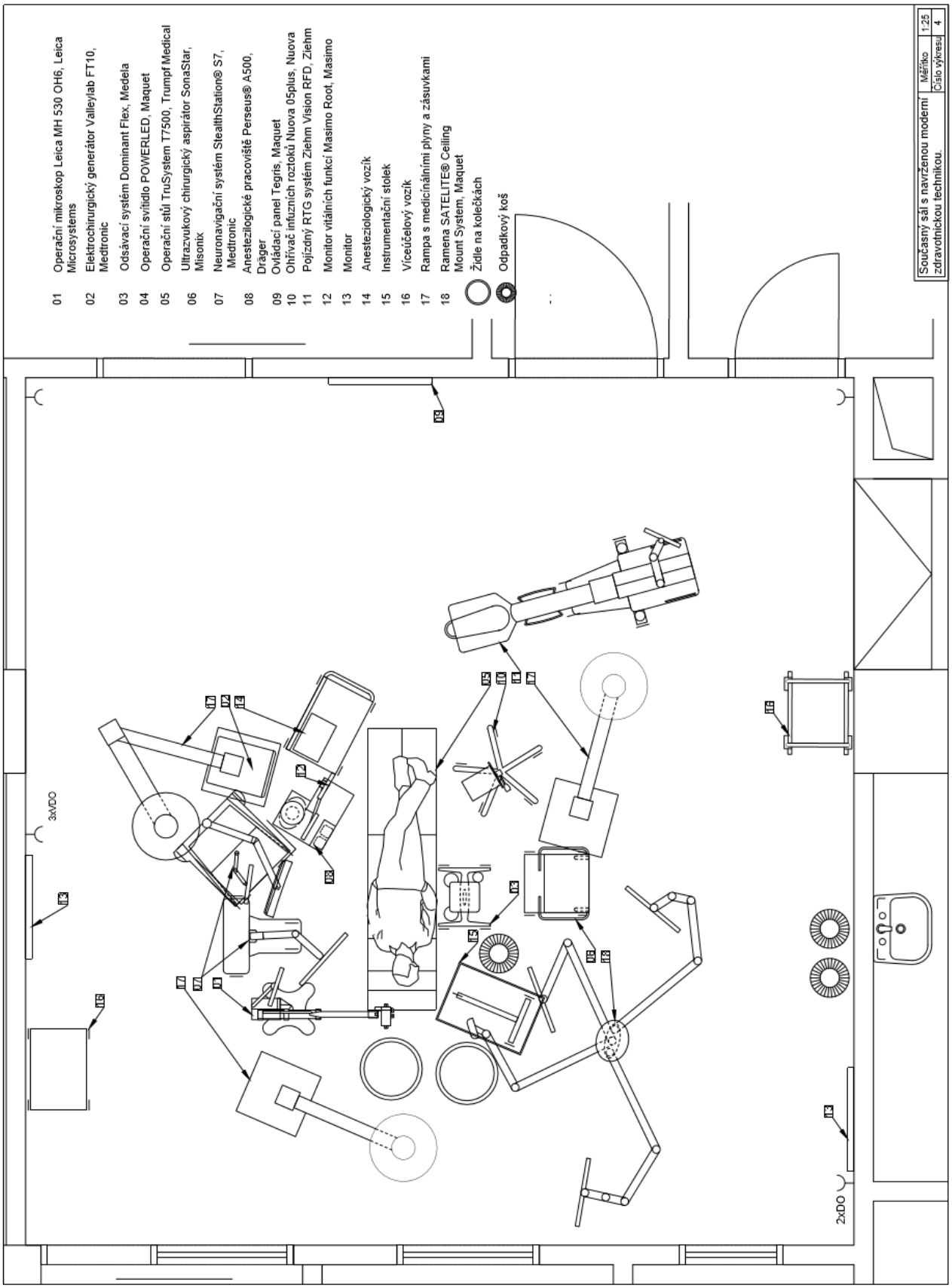
Příloha B: Současný neurochirurgický operační sál s umístěním zdravotnické techniky



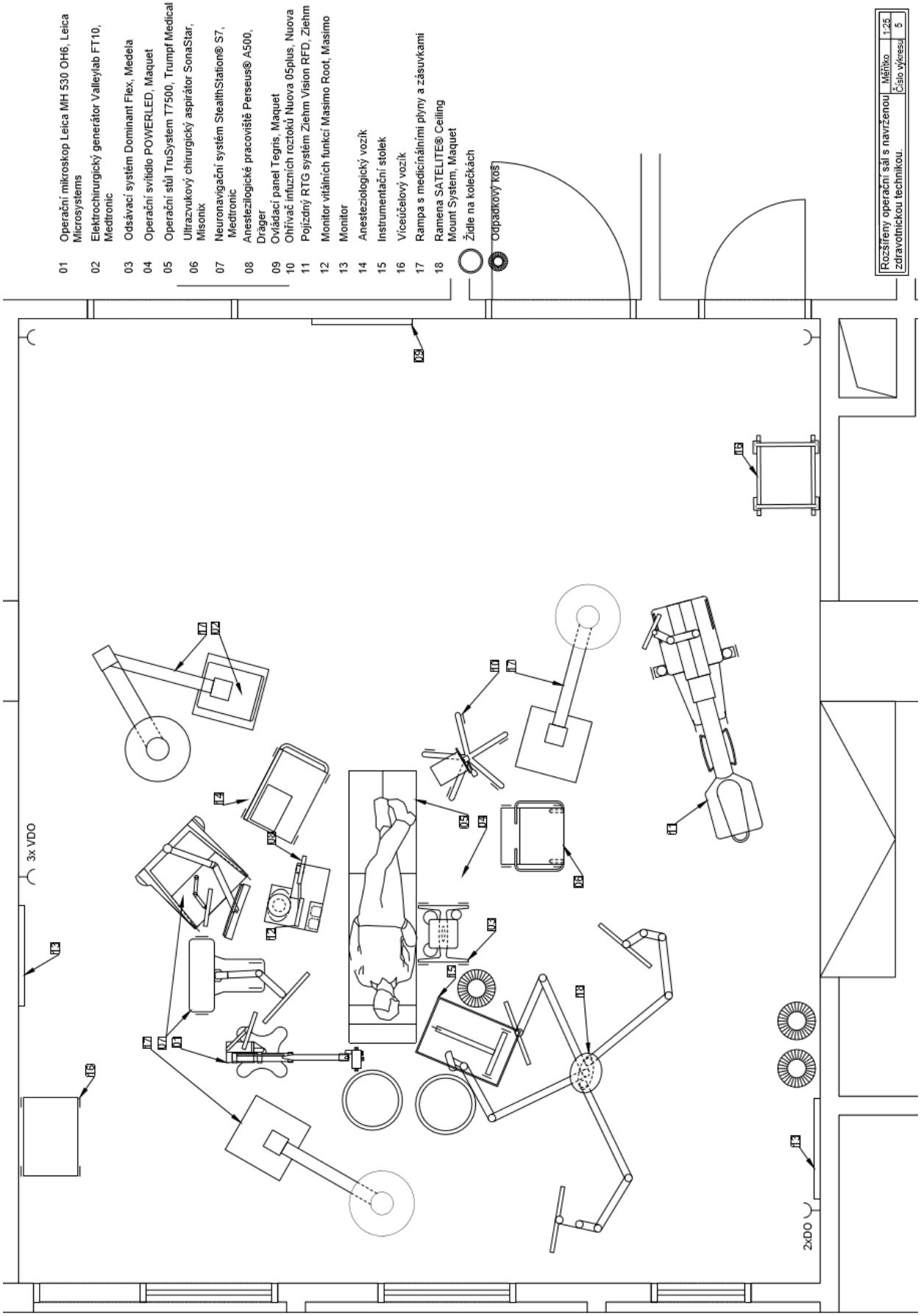
Příloha C: Operační svítidla na současném neurochirurgickém operačním sále



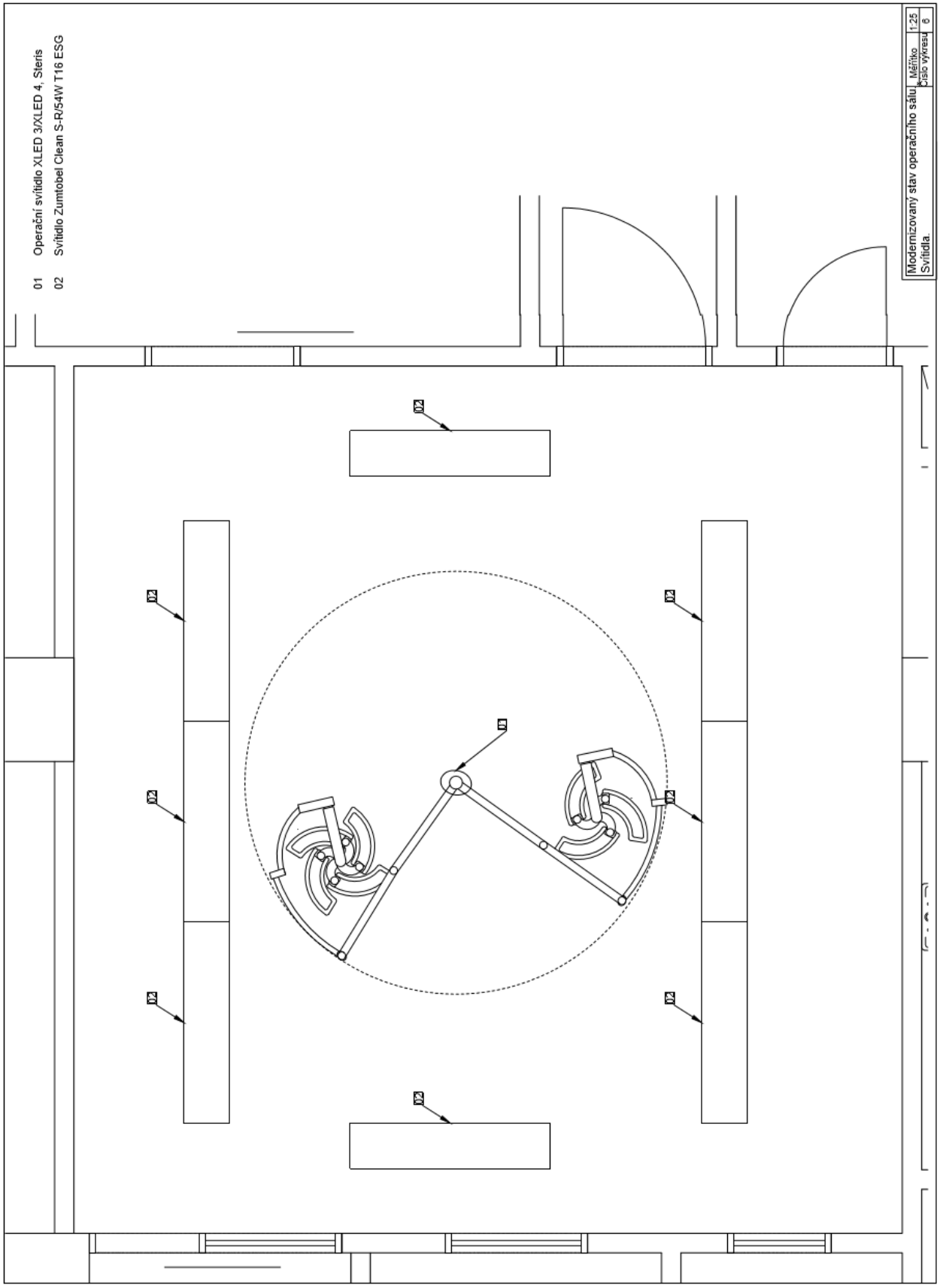
Příloha D: Navržený inteligentní neurochirurgický operační sál s návrhem umístění zdravotnické techniky



Příloha E: Navržený rozšířený inteligentní neurochirurgický operační sál s návrhem umístění zdravotnické techniky



Příloha F: Operační svítidla na navrženém inteligentním neurochirurgickém operačním sále



Příloha G: Odborné posouzení bakalářské práce

V Praze dne 9.5.2016

Odborné posouzení bakalářské práce

Viktorija Galinyte: „ Vybavení inteligentního operačního sálu zdravotnickou technikou“

Celkovým rozsahem se tato práce dotýká všech řízených technologických a klinických procesů neurochirurgického operačního sálu 21. století. Práce popisuje řešení, které se jeví pro dané místo a čas, jako nejvhodnější možné bez blíže určených ekonomických aspektů.

Význam a praktické implikace práce jsou jasně definovány a teoreticky správně popsány. Je předložen odpovídající návrh projektu s technologicky optimálním a dostupným řešením, zohledňující současné klinicko-technické požadavky na operační sál jako celek včetně inovativních prvků.

Všechny použité postupy jsou podrobně popsány a splňují nároky na vědeckou práci, mají inovativní charakter a pro obor mohou být přínosné.

Výběr studijních pramenů daného tématu byl zvolen vzhledem k rozsáhlosti všech dostupných zdrojů velmi citlivě a práce se soustředí na podstatné prvky technologií, nepopisuje marginality a nepodstatné nuance.

Výsledný návrh řešení je jasně a srozumitelně definován a jeví se jako logický. Další možná alternativní řešení vzhledem k ucelené technologické konfigurace zde nelze uvažovat. Vzhledem k podmínkám ve zdravotnictví ČR je dané řešení schůdným a za dnešních ekonomických podmínek technologicky dostupným a proveditelným řešením. Výběr technologie odpovídá současné úrovni vybavenosti v západních státech EU. Rozsah práce odpovídá plně oborovému zaměření s orientací do budoucnosti.

Práce je originální a její přínos pro další rozvoj oboru považuji za významný.

Téma bakalářské práce je vzhledem k plánovaným rozsáhlým rekonstrukcím operačních traktů a požadavků na optimalizaci procesů na úrovni většiny nemocničních celků více než aktuální. Obecné informace tohoto typu nebyly doposud v ČR dostatečně popsány.

Aleš Güttner v.r.