

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra teorie obvodů



Nakládání s odpady ve zdravotnictví

Waste Management in Healthcare

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Studijní program: Biomedicínské inženýrství a informatika

Studijní obor: Biomedicínské inženýrství

Vedoucí práce: Ing. Jan Havlík, Ph.D.

Bc. Kateřina Štěchová

Praha, květen 2019

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Štěchová** Jméno: **Kateřina** Osobní číslo: **419022**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra teorie obvodů**
Studijní program: **Biomedicínské inženýrství a informatika**
Studijní obor: **Biomedicínské inženýrství**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Nakládání s odpady ve zdravotnictví

Název diplomové práce anglicky:

Waste Management in the Healthcare

Pokyny pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou nakládání s odpady v oblasti zdravotnictví v České republice.
2. Proveďte rešerši legislativního rámce nakládání s odpady ve zdravotnictví.
3. Proveďte výběr zdravotnického materiálu reprezentujícího provoz velkých zdravotnických zařízení a výběr odůvodněte.
4. Na základě reálných dat proveďte modelový návrh různých způsobů nakládání se zdravotnickým materiálem a zhodnoťte jejich přínosy a náklady jak s ohledem na provoz samotného zdravotnického zařízení, tak i s ohledem na celkový ekologický dopad jednotlivých postupů.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Plán odpadového hospodářství ČR. Ministerstvo životního prostředí [online]. 2015 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_cr
[2] Nařízení vlády č. 352/2014 Sb. Nařízení vlády o Plánu odpadového hospodářství České republiky pro období 2015–2024. AION CS, 2015 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidí.cz/cs/2014-352>
[3] Produkce, využití a odstranění odpadu a produkce druhotných surovin v roce 2016. In: Praha: Český statistický úřad, 2016. Dostupné také z: www.czso.cz

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Jan Havlík, Ph.D., katedra teorie obvodů FEL

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **06.02.2019**

Termín odevzdání diplomové práce: **24.05.2019**

Platnost zadání diplomové práce: **30.09.2020**

Ing. Jan Havlík, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Radoslav Bortel, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomantka bere na vědomí, že je povinna vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studentky

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 24.5.2019

.....

Bc. Kateřina Štěchová

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala panu Ing. Janu Havlíkovi, PhD. za vedení, podporu a podněty během psaní této práce. Zároveň bych ráda poděkovala Ing. Martinu Tučkovi za poskytnutí dat a velice cenné konzultace během jejich zpracování. Velký dík patří i všem zaměstnancům zdravotnických zařízení a obchodním zástupcům firem se zdravotnickým materiálem, kteří mi věnovali svůj čas a pomohli tak lépe pochopit problematiku, které se v práci věnuji.

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá problematikou nakládání s odpady v rámci zdravotnictví České republiky, zahrnující současně platnou legislativu. Motivací k práci je stále rostoucí tendence používání jednorázového zdravotnického materiálu, a s tím související nárůst nejen nebezpečného infekčního odpadu a celková zátěž životního prostředí. Základním předmětem této práce je výběr vhodného zdravotnického materiálu, který se používá v běžné praxi zdravotnických zařízení v České republice jak v jednorázové, tak resterilizovatelné variantě. Konkrétně byly vybrány dýchací okruhy k plicním ventilátorům, lahve k odsávačkám a laryngoskopické lžíce. Pro tento zdravotnický materiál byly vytvořeny modelové situace, které hodnotí přínosy a náklady s ohledem na provoz daného zdravotnického zařízení, ve kterém se používají, stejně jako ekologický dopad obou variant.

Klíčová slova: *nakládání s odpady; zdravotnictví; odpad; sterilizace; opakované použití; jednorázové; resterilizovatelné; zdravotnické prostředky; nemocnice; zdravotnické zařízení*

Annotation

This diploma thesis deals with the issue of waste management within the healthcare system of the Czech Republic, including the currently valid legislation. The motivation for this paper is the increasing tendency of using disposable medical supplies and the associated increase in not only hazardous infectious waste but the overall environmental impact. The main subject of this work is the right selection of medical material, which is used in common practice of healthcare facilities in the Czech Republic in both single and reusable variants. Specifically, respiratory circuits for pulmonary ventilators, aspirator bottles and laryngoscopic spoons were selected. Model situations have been created for the selected medical material to assess the benefits and costs of the operation of the healthcare facility in which they are used, as well as the environmental impact of both of the variants.

Key words: *waste management; healthcare; waste; sterilization; repeated use; single-use; reusable; medical devices; hospital; medical facility*

Obsah

Seznam symbolů a zkratk	9
Úvod	10
1 Nakládání s odpady ze zdravotní péče	11
1.1 Způsoby nakládání s odpady ve zdravotnictví	12
1.1.1 Odpady ze zdravotnictví	12
1.2 Rizika při nakládání s odpady ze zdravotnictví	12
1.2.1 Katalog odpadů a jeho kategorie	13
1.2.2 Jednotlivé druhy odpadů podskupiny 18 01	14
1.2.3 Nebezpečné odpady	15
2 Celková produkce odpadů v ČR	16
2.1 Plán odpadového hospodářství ČR pro období 2015 – 2024	20
2.1.1 Hierarchie nakládání s odpady dle POH ČR z roku 2014: . . .	20
2.1.2 Strategické cíle Plánu odpadového hospodářství ČR:	21
3 Sterilizace	22
3.1 Proces sterilizace:	22
3.2 Způsoby sterilizace	23
3.3 Náklady na sterilizaci	24
4 Spalování odpadu	26
4.1 Rizika spalování zdravotnického odpadu	27
5 Zpracování dat	29
5.1 Sběr dat	29
5.2 Zdravotnická zařízení	29
5.3 Přehled produkce odpadů různých zdrojů v nemocnicích ČR	30
5.3.1 Produkce odpadů z fakultní nemocnice v ČR	30
5.3.2 Roční spotřeba spotřebního materiálu	33

5.3.3	Přehled výkonů a spotřebovaného materiálu na oddělení kardiochirurgie	35
5.4	Výběr zdravotnického materiálu	38
5.4.1	Sterilizační obaly	42
6	Metodika zpracování dat	44
7	Výsledky	50
8	Diskuse	56
9	Závěr	58
	Reference	59
	Seznam obrázků	63
	Seznam tabulek	64

Seznam symbolů a zkratek

AVR	Aortic Valve Replacement; Výměna aortální chlopně
BTK	Bezpečnostně-technická kontrola
CABG	Coronary Artery Bypass Graft; Aortokoronární bypass
COS	Centrální operační sály
DO	Dýchací okruh
FN	Fakultní nemocnice
HK	Hradec Králové
JP	Jedno použití
LDN	Léčebny pro dlouhodobě nemocné
MVR	Mitral Valve Replacement; Výměna mitrální chlopně
MZ ČR	Ministerstvo zdravotnictví České republiky
MŽP ČR	Ministerstvo životního prostředí České republiky
NNB	Nemocnice Na Bulovce
OCS	Oddělení centrální sterilizace
OHTS	Odbor hospodářsko-technické správy
ON	Oblastní nemocnice
POH	Plán odpadového hospodářství
PVR	Pulmonary Valve Replacement; Výměna pulmonární chlopně
SZÚ	Státní zdravotní ústav
TVR	Tricuspid Valve Replacement; Náhrada trikuspidální chlopně
ÚVN	Ústřední vojenská nemocnice
VP	Více použití
ZP	Zdravotnický prostředek

Úvod

Nakládání s odpadem je nedílnou součástí zdravotnictví. Tendence posledních let se ubírá cestou jednorázového řešení zdravotnických prostředků a spotřebního materiálu. S tím ovšem současně souvisí nárůst množství nebezpečného infekčního nemocničního odpadu a nemalý vliv na životní prostředí. Jedna z příčin této situace jsou i nařízení vlády Evropské unie se záměrem zvýšení hygieny a minimalizace šíření infekčních onemocnění.

Práce vychází z platné legislativy na území České republiky, týkající se nakládání s odpady ve zdravotnictví. Hlavními dokumenty jsou Plán odpadového hospodářství v ČR pro období 2015 až 2024, Zákon o odpadech č. 225/2017 Sb. a Zákon o obalech č. 477/2001 Sb. Pro získání vhodného datasetu byly osloveny nemocnice různých velikostí napříč celou Českou republikou. Druhým zdrojem dat bylo navázání spolupráce s firmou Vamed Mediterra a.s., garantem zajišťujícím zdravotnickým zařízením kompletní péči.

Práce pojednává o různých přístupech nakládání s odpady v nemocnicích ČR. Byl vytvořen přehled celkové produkce nemocničního odpadu, spotřeba spotřebního materiálu či přehled výkonů na oddělení kardiochirurgie. Pro vytvoření modelového návrhu následoval vhodný výběr zdravotnického materiálu, který se v běžné praxi používá jak v jednorázové, tak resterilizovatelné variantě. Konkrétními zástupci jsou dýchací okruhy k plicním ventilátorům, lahve k odsávačkám a laryngoskopické lžíce. Pro vybraný materiál byly vytvořeny modelové situace tak, že byly hodnoceny jejich přínosy a celkové roční náklady zahrnující sterilizaci či likvidaci celkového množství daného zdravotnického materiálu, stejně jako ekologický dopad obou variant.

1 Nakládání s odpady ze zdravotní péče

V roce 2016 zveřejnil Státní zdravotní ústav pod záštitou Ministerstva životního prostředí Metodiku pro nakládání s odpady ze zdravotnických, veterinárních a jim podobných zařízení. Hlavním cílem této metodiky je sjednotit veškeré přístupy o nakládání s odpady ve zdravotnictví a veterinární péči, a zavést jasná a jednotná pravidla tak, aby celý proces od vzniku odpadu až k jeho odstranění či dalšímu využití byl především bezpečný.

Metodika je pokračováním metodického doporučení Ministerstva životního prostředí, vydaného v roce 2007, vycházející z aktuální situace v roce 2016 v České republice. Navazuje na doporučení vydaná Světovou zdravotnickou organizací, Basijské konvence, apod. Metodika obsahuje klasifikaci a identifikaci jednotlivých druhů odpadů, které je nutné rozlišovat a individuálně s nimi nakládat. Bere v potaz ne jen ochranu a bezpečnost lidí, tzn. pacientů a zaměstnanců ve zdravotnictví, ale i dopad na životní prostředí, který by měl být minimální.

Zařízení sociální péče, testovací salony či protidrogová centra nelze oficiálně brát jako zdravotnická zařízení, ovšem odpad, který na těchto místech vzniká, je stejného charakteru jako odpad ze zdravotní péče. Z tohoto důvodu je na tato specializovaná střediska možné obdobně aplikovat Metodiku MŽP ČR a se vzniklým odpadem nakládat stejně jako s odpadem ze zdravotnických zařízení.

Dle Katalogu odpadů spadá zdravotnický odpad do skupiny 18 – Odpady ze zdravotnictví a veterinární péče a / nebo z výzkumu s nimi souvisejícího. Toto řeší vyhláška č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů, o kterou se Metodika opírá.

Na prvním místě metodiky je maximální snížení rizik pro všechny osoby, které se s takovýmto odpadem dostanou do kontaktu (tzn. zdravotnický personál, pacienti, veřejnost (návštěvy, aj.), personál pracující s odpady - úklidová četa, svoz odpadu), a dopad na životní prostředí. Reálně je nutné započítat i aspekt financování, který může všechny metodické idey značně zkomplikovat. Další komplikací v dokonalosti nakládání s odpady ve zdravotnictví může být nízká nebo nedostatečná informovanost zdravotnického personálu a osob vyskytujících se na zdravotnickém poli, nebo snižování důležitosti otázek odpadu a podceňování rizik. [2]

1.1 Způsoby nakládání s odpady ve zdravotnictví

Problematika odpadů ve zdravotnictví v České republice je vázána legislativně. Zákony, kterými je třeba se řídit během nakládání s odpady ve zdravotnictví České republiky, jsou především Zákon o odpadech č. 185/2001 Sb., jeho poslední novela č. 225/2017 Sb. je platná od 1.1.2018, a Zákon o obalech č. 477/2001 Sb.

1.1.1 Odpady ze zdravotnictví

- a) Ze zdravotnických zařízení – odpady z nemocnic, komponenty fyzikálních, chemických a biologických materiálů, které vyžadují zvláštní způsob likvidace vzhledem ke zdravotnímu riziku. Odpad pevného nebo tekutého skupenství, vznikající během poskytování lékařské péče nebo jiné zdravotnické služby.
- b) Odpad vznikající při ošetrovatelské péči – v zařízeních sociální péče nebo domácí ošetrovatelské péči, v domovech pro seniory, apod.
- c) Odpad vznikající mimo zdravotnická zařízení – při epidemiologicky závažných činnostech – odpad kontaminovaný biologickým materiálem → testovací salony, protidrogová centra

Do nakládání s odpadem ze zdravotnických zařízení spadá i komunální odpad, který nevyžaduje specifické podmínky a platí zde obecná pravidla jako uložení na skládku, spalování, nebo recyklace, pokud možno (papír, plast, sklo, kovy – plech, hliník,...).

1.2 Rizika při nakládání s odpady ze zdravotnictví

Metodika pro nakládání s odpady ze zdravotnických, veterinárních a jim podobných zařízení se zaměřuje na vysoce rizikový odpad, který je nebezpečný kvůli dopadu na zdraví osob, které s ním mohou přijít do kontaktu, a životní prostředí. Zajímavé při tom je, že nebezpečný odpad představuje ve zdravotnictví jen malý zlomek, a proto zdravotnický odpad obecně není o mnoho rizikovější než odpad komunální. Nebezpečný odpad může obsahovat infekční agens, genotoxické látky a další toxické chemikálie, nepoužitelná léčiva, radioaktivní látky a ostré předměty.

Hlavním rizikem nebezpečného odpadu je, že může lehce dojít k poranění osob, které s takovým odpadem přijdou do styku. Nejčastěji dochází k bodným ranám a poraněním o ostrý předmět, který je infekční. Mohou to být operační nástroje jako skalpel, kanyla, kapilára či střepey z laboratorního skla, které je velmi jemné a křehké. Taková nehoda může skončit onemocněním postiženého, kde infekce proniká bodnou ranou rychle do krve. Kvůli častým případům poranění infikovaným ostrým předmětem byla v roce 2010 EU přijata Směrnice Rady 2010/32/EU, která pojednává o prevenci poranění ostrými předměty v nemocnicích a ostatních zdravotnických zařízeních.

Životní prostředí může být ohroženo nesprávným postupem při likvidaci toxických chemikálií, jako je například přímé vylévání těchto látek do výlevek. Rizikům lze předejít unifikovaným a jasným systémem třídění odpadu, především toho nebezpečného, od ostatních druhů odpadu. [2]

1.2.1 Katalog odpadů a jeho kategorie

Katalog odpadů spadá pod vyhlášku Ministerstva životního prostředí č. 381/2001 Sb., Příloha 2 (Seznam nebezpečných odpadů), která mj. udává, že původce odpadu je povinen dle charakteristik a místa vzniku daného odpadu zařadit odpad do správné kategorie v Katalogu odpadů. Odpad spadá do kategorie “Nebezpečný odpad” pokud: vykazuje alespoň jednu z nebezpečných vlastností uvedených v příloze přímo použitelného předpisu EU O nebezpečných vlastnostech odpadů, pokud je uveden v Katalogu odpadů jako nebezpečný odpad nebo pokud je smíšen či znečištěn některým z odpadů uvedených v Katalogu odpadů jako nebezpečný odpad.

Každý druh odpadu má své identické šestimístné katalogové číslo. První dvojčíslí charakterizuje skupinu odpadu, druhé dvojčíslí podskupinu a třetí dvojčíslí druh odpadu. Nebezpečné odpady jsou označeny symbolem hvězdičky (*) nebo písmenem N. Písmenem O je označován Ostatní odpad.

Do skupiny 18 patří odpady ze zdravotnictví a veterinární péče a / nebo z výzkumu s nimi souvisejícího (s výjimkou kuchyňských odpadů a odpadu ze stravovacích zařízení, které se zdravotnictvím bezprostředně nesouvisí). DO této skupiny spadají 2 podskupiny. První podskupina 18 01 s názvem Odpady z porodnické péče, z

diagnostiky, z léčení nebo prevence nemocí lidí zahrnuje oblast odpadů, které vznikají během zdravotní péče. Jednotlivé druhy odpadu této podskupiny jsou vypsány níže. Druhou podskupinou skupiny 18 Katalogu odpadů je podskupina 18 02 Odpady z výzkumu, diagnostiky, léčení nebo prevence nemocí zvířat. [2]

1.2.2 Jednotlivé druhy odpadů podskupiny 18 01

18 01 01 Ostré předměty O/N – zdravotnické předměty, které mohou lehce poranit lidskou pokožku - jehly, kanyly, injekční stříkačky s jehlou, jehly s křídélky, bodce, skleněné střepy, ampule, pipety, čepele skalpelů, lancety, prázdné lékovky, zkumavky, apod. (O)

18 01 02 Části těla a orgány včetně krevních vaků a konzerv O/N – biologický materiál anatomického odpadu jako jsou např. zbytky tkání, tělní tekutiny, aj. (O)

18 01 03* Odpady, na jejichž sběr a odstraňování jsou kladeny zvláštní požadavky s ohledem na prevenci infekce. Infekčním odpadem je označováno vše z míst, kde může být odpad infikován v takové míře, že je následně považován za nebezpečný. Biologicky kontaminovaný odpad, obvykle lidskou krví (použité obvazy, infusní pomůcky a nástroje, obaly pro krevní transfuzi, apod.).

18 01 04 Odpady, na jejichž sběr a odstraňování nejsou kladeny zvláštní požadavky s ohledem na prevenci infekce – prokazatelně neinfikovaný odpad, který neprokuje žádné nebezpečné chování. (O)

18 01 06* Chemikále, které jsou nebezpečné nebo obsahují nebezpečné látky.

18 01 07 Další chemikálie, neobsahující nebezpečné látky, tzn. nespádající do skupiny 18 01 06*. (O)

18 01 08* Nepoužitelná cytostatika - Odpad z cytostatických přípravků vzniklý během léčby pacientů, výrobě a přípravě farmaceutických přípravků s cytostatickým účinkem.

18 01 09* Další nepoužitelná léčiva – s prošlou minimální lhůtou trvanlivosti, s poškozeným obsahem či obalem, připravena nebo uchována za jiných podmínek než bylo předepsáno.

18 01 10* Odpad vzniklý během stomatologické péče, obsahující amalgám, který obsahuje sliny, pasty a zbytky rtuti s daným kovem.

1.2.3 Nebezpečné odpady

Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 381/2001 Sb. označuje nebezpečný odpad písmenem N. Nebezpečný odpad je takový odpad, který je buď smíšený nebo znečištěný některým z odpadů, uvedených v Katalogu odpadů jako nebezpečný. Nebezpečný odpad může mít různé vlastnosti, které udává Nařízení komise (EU) č. 1357/2014, kterým se nahradila příloha III směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES o odpadech. Každá z vlastností má svůj vlastní kód:

HP1 Výbušnost, HP2 Oxidační schopnost, HP3 Hořlavost, H4 Dráždivost (pro kůži a oči), HP5 Škodlivost zdraví, HP6 Toxicita, HP7 Karcinogenita, HP8 Žíravost, HP9 Infekčnost, HP10 Teratogenita, HP11 Mutagenita, HP12 Schopnost uvolňovat vysoce toxické látky nebo plyny ve styku s vodou, vzduchem nebo kyselinami, HP13 Senzibilita*, HP14 Ekotoxicita, HP15 Schopnost uvolňovat nebezpečné látky do životního prostředí při nebo po odstraňování.

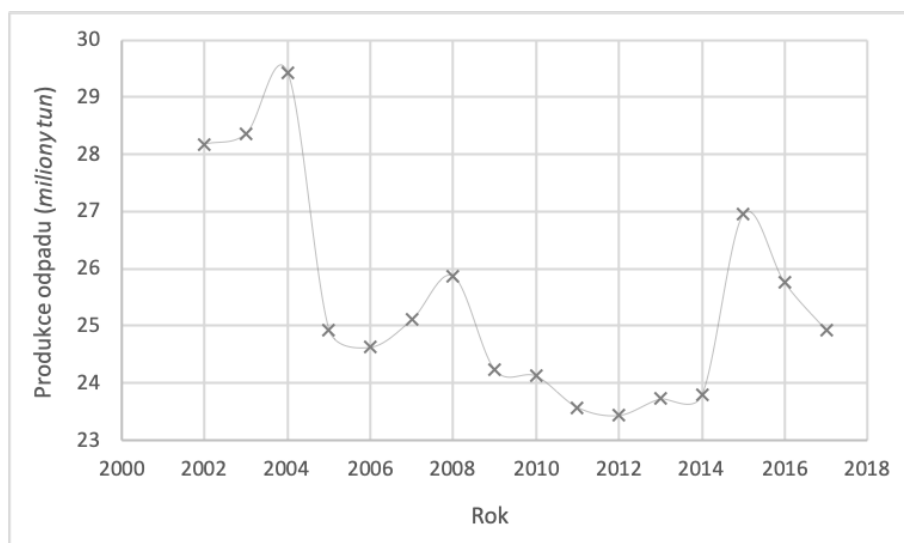
2 Celková produkce odpadů v ČR

V České republice se za posledních 15 let produkuje průměrně něco mezi 23 a 29 miliony tun odpadu ročně. Podrobný rozpis od roku 2002 do roku 2017 je v Tab. 1. Grafické znázornění celkové produkce odpadu v České republice napříč roky 2002 až 2017 je dále na Obr. 1.

Tab. 1: Celková produkce odpadů v České republice [18]

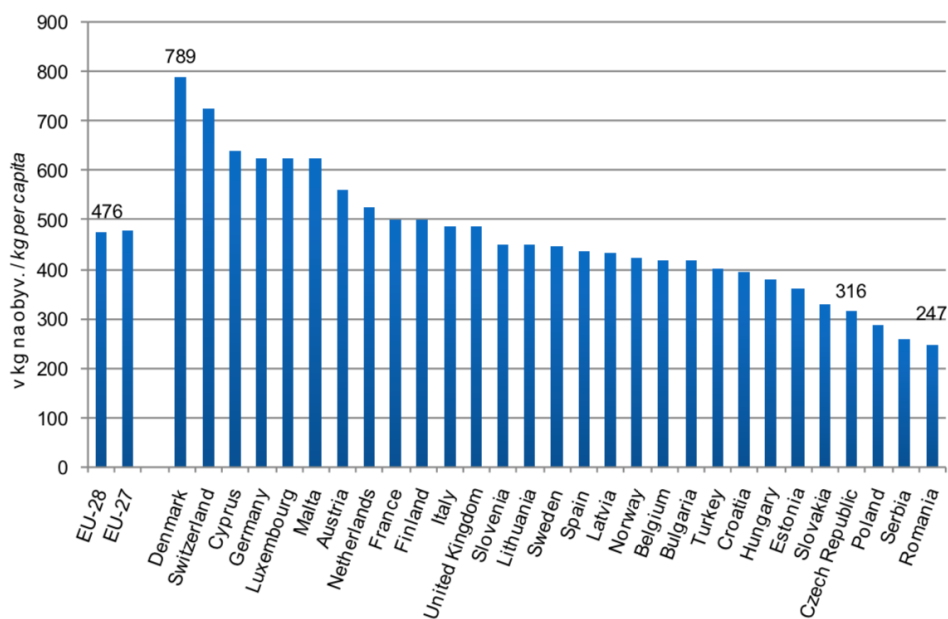
Rok	Celkem v tis.t	Rok	Celkem v tis.t
2002	28 178	2010	24 124
2003	28 362	2011	23 576
2004	29 425	2012	23 436
2005	24 936	2013	23 724
2006	24 627	2014	23 789
2007	25 109	2015	26 947
2008	25 869	2016	25 758
2009	24 236	2017	24 926

Ve srovnání s ostatními zeměmi Evropské unie je Česká republika na spodní hranici produkce celkového množství odpadu na množství v kg na obyvatele viz Obr. 2. Za rok 2015 byla průměrná spotřeba na 1 obyvatele České republiky 316 kg.



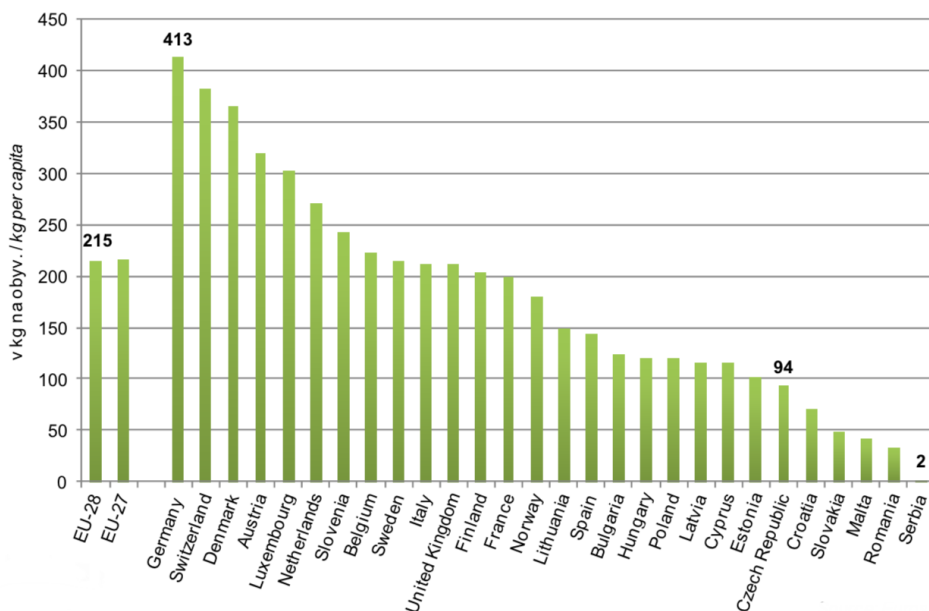
Obr. 1: Celková produkce odpadu v České republice

Naproti tomu v Dánsku v roce 2015 vyprodukoval každý občan 789 kg odpadu, což je víc jak jednou tolik než v České republice.



Obr. 2: Produkce evropského komunálního odpadu za rok 2015 [18]

Na Obr. 3 je vidět, že co do recyklace a kompostování má Česká republika ještě co dohánět, přestože se poslední roky obecně tvrdí, že v třídění komunálního odpadu je Česká republika na předních příčkách, statistika z roku 2015 tomu nenapovídá.



Obr. 3: Přehled třídění, recyklace a kompostování komunálního odpadu za rok 2015 [18]

Obyvatel ČR za rok 2015 průměrně zrecykloval a zkompostoval 94 kg komunálního odpadu. Dlouhodobé prvenství drží země jako Německo, Švýcarsko či Dánsko. V roce 2015 bylo Německo zemí, která vytrídila a zkompostovala největší množství komunálního odpadu na jednoho obyvatele, konkrétně 413 kg, což je víc jak čtyřnásobek hodnoty v Čechách za tento rok.

Dle Produkce, využití a odstranění odpadu (Generation, Recovery and Disposal of Waste) za období 2017, vydané Českým statistickým úřadem, tvoří chemické a zdravotnické odpady z celkové produkce (za rok 2016) pouhých 3 % viz Obr. 4. Obecně se tato hodnota pohybuje mezi 3 a 4 %, jak je vidět v Tab. 2 ve sloupci Podíl na celkové produkci (%).

Tab. 2: Produkce odpadů v ČR dle mezinárodní klasifikace EWC-STAT Rev. 4 [18]

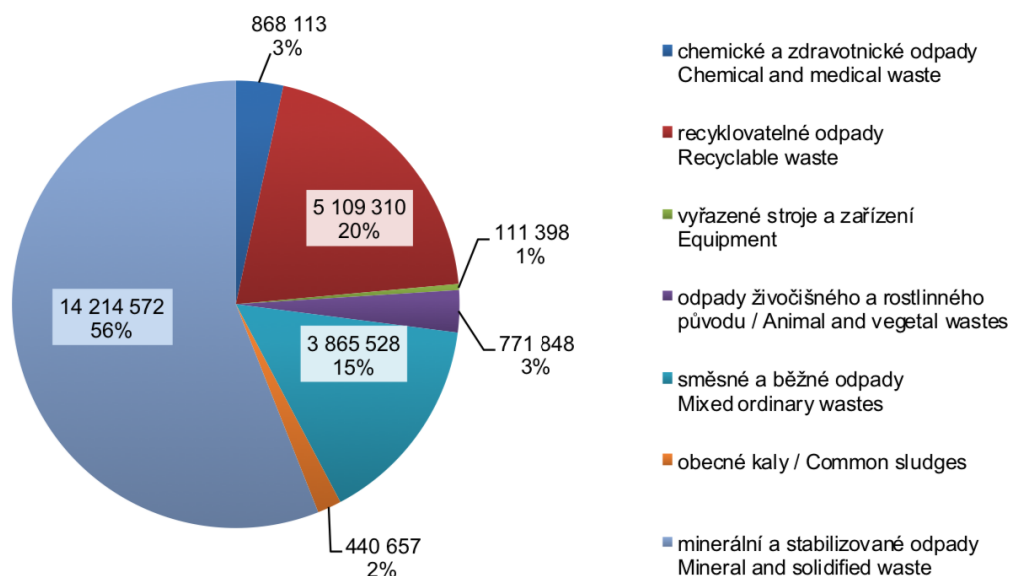
Rok	Produkce celkem (t)	Chemické a zdravotnické odpady (t)	Podíl na celkové produkci (%)
2004	29 275 743	867 542	2,96
2008	25 419 697	863 332	3,40
2010	23 757 566	887 322	3,73
2012	23 171 358	843 167	3,64
2014	23 394 956	797 432	3,41
2016	25 381 426	868 113	3,42

V Tab. 3 je přehled produkce odpadů ze zdravotní a sociální péče, dle rozdělení podnikových odpadů různých ekonomických činností. Přestože od roku 2006 narostlo celkové množství odpadu o 30 %, podíl nebezpečného odpadu tvoří dlouhodobě zhruba třetinu celkového množství odpadu ze zdravotní a sociální péče.

Tab. 3: Produkce podnikových odpadů dle ekonomické činnosti "Zdravotní a soc. péče" [18]

Rok	Celkový odpad	z toho nebezpečný	Podíl nebezpečného odpadu (%)
2006	70 489	20 161	28,6
2015	99 097	29 540	29,8

Víc jak 56 % celkového množství vyprodukovaného odpadu tvoří tzv. minerální a stabilizované odpady, kam spadá převážně objemný půdní, stavební a demoliční odpad, viz Obr. 4. Pětinu tvoří recyklovatelné odpady, 1 % celkové produkce spadá na vyřazené stroje a zařízení, 3 % na odpady živočišného a rostlinného původu a celých 15 % na směsné a běžné odpady.



Obr. 4: Produkce odpadů dle Eurostatu za rok 2016 (v tunách) [18]

V Tab. 4 je přehled produkce odpadů ze zdravotnictví a veterinární péče a / nebo z výzkumu s nimi souvisejícího, kterému v Katalogu odpadů patří č. 18. Od roku 2002 množství tohoto druhu odpadu narostlo o 40 %.

Tab. 4: Produkce podnikových odpadů dle Katalogu odpadů [18]

Rok	Číslo v Katalogu odpadů = 18
2002	18 881
2011	30 449
2012	31 081
2013	30 207

2.1 Plán odpadového hospodářství ČR pro období 2015 – 2024

Plán odpadového hospodářství ČR pro období 2015 – 2024 v oblasti odpadů ze zdravotnické a veterinární péče

Plán odpadového hospodářství vznikl na základě Nařízení vlády č. 352/2014 Sb., o Plánu odpadového hospodářství v České republice pro období 2015 - 2024 ze dne 31.12.2014. Toto nařízení vychází ze Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES o odpadech, která ukládá jednotlivým státům členské unie, včetně České republiky, povinnost na vypracování dlouhodobého plánu a strategie ohledně odpadového hospodářství.

Plán odpadového hospodářství pro Českou republiku v období 2015 a 2024 vypracovalo Ministerstvo životního prostředí ČR. Stavělo při tom na myšlenkách odpadové hierarchie Evropské unie. Kromě nakládání s odpady se zabývá i obalovými odpady a výrobky s ukončenou životností. Nicméně hlavní myšlenka POH zůstává odpadům zejména předcházet, čemuž se přímo věnuje Program předcházení vzniku odpadů. Pokud odpadu primárně předcházet z jakéhokoli důvodu nejde, dalším krokem na žebříčku POH je odpad řádně recyklovat či jinak využít, a to ideálně co nejefektivnějším způsobem.

POH se krom jiného zaměřuje na odpadové hospodářství ze zdravotnických a jim podobných zařízení, zejména na sběr, třídění, shromažďování, úpravu, přepravu a odstraňování odpadu. K tomuto slouží tzv. hierarchie nakládání s odpady, která určuje vhodný způsob zvolení techniky likvidace a nakládání s danými odpady dle dostupných prostředků.

2.1.1 Hierarchie nakládání s odpady dle POH ČR z roku 2014:

1. předcházení vzniku odpadů,
2. příprava k opětovnému použití,
3. recyklace odpadů,
4. jiné využití (např. energetické),
5. odstranění odpadů.

Ministerstvo zdravotnictví musí brát dále v potaz i aktuální vyhlášky a nařízení dané Světovou zdravotnickou organizací (WHO) i Evropskou unií (EU) a zařazovat tyto do aktuálních metodických příruček. Každé zdravotnické zařízení by mělo problematiku nakládání s odpady zařadit do vzdělávacích programů pro své zaměstnance, a tím zefektivnit nakládání a hospodaření s odpady – školení zaměstnanců a pracovníků dle nejnovějších legislativ. Komunální odpad by se měl řádně třídit a rozdělovat, čímž se zefektivní třídění veškerého tříditelného odpadu a ubude značného množství směsného odpadu.

2.1.2 Strategické cíle Plánu odpadového hospodářství ČR:

1. předcházení vzniku odpadu a snižování měrné produkce odpadů,
2. minimalizace nepříznivých účinků vzniku odpadů a nakládání s nimi na lidské zdraví a životní prostředí,
3. udržitelný rozvoj společnosti a přiblížení se k evropské “recyklační společnosti” ,
4. maximální využívání odpadů jako náhrady primárních zdrojů a přechod na oběhové hospodářství.



Obr. 5: Hierarchie nakládání s odpady v ČR [3]

3 Sterilizace

Pojem sterilizace definuje Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví. Sterilizace je proces usmrcování a inaktivace všech živých mikroorganismů a virů tak, aby zdravotnický materiál, který je dimenzován k opakovanému použití, byl po sterilizaci naprosto čistý, tzn. sterilní. Sterilizaci je nutno provádět u všech zdravotnických nástrojů nebo pomůcek, u kterých dochází k přímému kontaktu s tělesnými dutinami nebo které slouží k přímému porušení kůže či tkáně pacienta. U použitých zdravotnických pomůcek a nástrojů určených k opakovanému použití, dochází k dekontaminaci ihned po jejich použití a to buď ručně, nebo ve speciálních myčkách. Během mytí v těchto myčkách je použito různého typu prostředků (kyselý, zásaditý, enzymatický), podle charakteru čištěného materiálu. Jednorázový zdravotnický materiál je komerčně dodávaný výrobcem a na obalu musí být řádně označen datem spotřeby. Přístroje provádějící dekontaminaci podléhají pravidelné kontrole. Obsluha sterilizačních jednotek musí dodržovat standardizované postupy pro daný stupeň kvality. To samé platí i pro již dekontaminované přístroje, kde se kontroluje odpovídající datum spotřeby. [4]

V České republice se ke sterilizaci nejčastěji používají sterilizátory pracující na principu nasycené vodní páry o tlaku 2,3 bar a teplotě až 137 °C. Parní autoklávy jsou obecně jedny z nejrozšířenějších laboratorních přístrojů. Díky vysokému podtlaku využívajícího vakua se zkracuje celý cyklus sterilizace na dobu kolem 30 minut a obvykle nepřesahuje dobu 50 minut. V komoře je tlak vyrovnáván vzduchem, který prochází HEPA filtrem s velikostí průduch 0,2 μm . Objemy sterilizátorů se obvykle pohybují mezi 250 až 4 000 l. [5]

3.1 Proces sterilizace:

1. příprava předmětů ke sterilizaci,
2. kontrola materiálu určeného ke sterilizaci,
3. monitorování a záznam parametrů,
4. kontrola sterilizační činnosti,
5. dokumentace cyklu sterilizace.

3.2 Způsoby sterilizace

Fyzikální

- **Sytou vodní parou**

Tento druh sterilizace se používá především pro materiály jako jsou kov, sklo, porcelán, keramika, textil, guma, plast a další odolné materiály. Ve většině případů se dnes používá teploty 134 °C (až 137 °C, liší se podle přístroje) a podtlaku 2,05 bar (až 2,3 bar). Takového nastavení sterilizačního přístroje se používá po dobu 4 minut ke sterilizaci nebalených kovových nástrojů. Doba až 60 minut je využívána, spolu s alkalickým mytím, pro inaktivaci prionů.

Tab. 5: Parametry sterilizace sytou vodní parou [4]

Teplota syté vodní páry (°C)	Přetlak (bar)	Doba expozice (min)
121	2,05	20
134	3,04	40 - 60

- **Proudícím horkým vzduchem**

Další typ fyzikální sterilizace pomocí horkého vzduchu se využívá pro materiály kovu, skla, porcelánu, keramiky a kameniny. V přístrojích dochází k cirkulaci horkého vzduchu a lze používat ve třech režimech:

- a) 60minut při teplotě 160 °C,
- b) 30 minut při teplotě 170 °C nebo
- c) 20 minut s teplotou 180 °C.

- **Plazmou**

Sterilizace plazmou nesmí být použita pro porézní materiály a celulózu. Princip tohoto typu sterilizace využívá elektromagnetickou vysokofrekvenční plazmu a vysoké vakuum.

- **Radiační**

K výrobě sterilního materiálu na jedno použití či ke sterilizaci zdravotnického materiálu s prošlou expirační dobou se používá tzv. radiační sterilizace, která

pracuje s vyvolaným gama záření o velikosti dávky 25 kGy. [4]

Chemická

Tento typ sterilizace je použit v případě, kdy z nějakého důvodu nelze využít žádného z výše uvedených typů fyzikální sterilizace. Materiál se po chemické sterilizaci musí vyvětrat ve speciálních místnostech k tomu určených, či aerátorech. Obvykle se k chemické sterilizaci používá dvou látek:

- formaldehyd s vodní párou při teplotě 60 až 80°C nebo
- ethylenoxid působící v podtlaku či přetlaku a teplotě 37 až 55 °C.

3.3 Náklady na sterilizaci

Cena jedné sterilizace zahrnuje mnoho aspektů, které je potřeba brát v potaz během celkové finanční kalkulace nákladů na resterilizovatelné řešení. Pořizovací náklady samotného sterilizátoru se pohybují v řádech stovek tisíců korun s DPH. Záleží na velikosti a kapacitě zařízení. Parní autoklávy navíc ke svému provozu potřebují úpravnu vody pro vyvíječ páry, jejíž pořizovací ceny jsou obdobné jako ceny pro parní sterilizátor. Rozměr komory autoklávu ovlivňuje, kolik zdravotnického materiálu přístroj pojme najednou, ale i čas jednoho sterilizačního cyklu. Pravidlem je, že s velikostí autoklávu se prodlužuje čas sterilizačního cyklu. Rozměr sterilizátoru také ovlivňuje celkovou elektrickou spotřebu energie, stejně jako spotřebu vody. V roce 2019 je momentální průměrná cena za 1 kWh elektřiny 1,3 Kč. Uvedená cena je ze zdrojů dodavatelů pro domácnosti. Je možné, že cena za dodávání do zdravotnických zařízení se může měnit. [33]

Dalším parametrem v celkové ceně nákladů na sterilizaci hraje i plat personálu, potřebného k obsluze přístrojů na oddělení centrální sterilizace. Dle momentálních pracovních nabídek se plat pro všeobecnou praktickou sestru pro COS s nutným osvědčením pohybuje kolem 22 000 Kč (nabídka práce z kroměřížské nemocnice z května 2019). [32]

Sterilizátor je nutné testovat biologickými či chemickými indikátory. Počet použití chemických indikátorů se odvíjí od velikosti komory přístroje. Každý den je nutné provádět tzv. Bowie-Dickův test pro velké parní autoklávy na únik páry. Roční náklady na indikátory vychází na 11 702 Kč s DPH. Celková cena se může pohybovat mezi 11 000 a 15 000 Kč s DPH ročně, záleží na cenách výrobce a typu indikátorů. [26]

Dále se jedná o validaci, která je prováděna jednou ročně a bezpečnostně-technické kontroly (BTK) obvykle jednou za půl roku či biologické zkoušky Státního zdravotního ústavu, které se provádějí jednou měsíčně. Do samotné sterilizace je také třeba započítat náklady na obalový materiál, do kterého je sterilní zdravotnický prostředek umístěn bezprostředně po sterilizaci. Tuto problematiku podrobně vysvětluje kapitola Sterilizační obaly. Pro sterilní zdravotnické prostředky lze také používat sterilizační kontejnery, jejichž cena se pohybuje mezi 12 000 a 25 000 Kč s DPH, dle velikosti a výrobce. [30]

4 Spalování odpadu

Spalováním nemocničního odpadu dochází k tvorbě velkého množství dioxinů, které jsou považovány za největší hrozbu v oblasti známých potencionálních karcinogenů, a těžkých kovů, které vznikají spalováním PVC z použitých zdravotnických pomůcek či obalů. Během procesu spalování se tyto nebezpečné látky uvolňují do ovzduší, půdy či vody. V USA bylo v polovině 90. let minulého století přes 5000 aktivních spaloven medicínského odpadu. Po roce 2002 jich bylo, díky přísnějším předpisům pro kontrolu znečištění, už méně než 60. [11]

Dalšími nežádoucími vedlejšími produkty spalování nemocničního odpadu jsou tzv. popílek a struska. Jedná se o pevné části zbytků po spalování odpadu, které jsou toxické. Je několik možností, jak s těmito produkty nakládat. Jedna z variant jsou skládky komunálního odpadu, kde jsou popílek a struska likvidovány standardními postupy, což ovšem znamená riziko znečištění půdy, do které se látky ze skládek uvolňují. Toto může dále vést i ke kontaminaci spodních podzemních vod. Dalším způsobem likvidace těchto dvou zbytkových surovin je jejich použití na výrobu stavebních materiálů, odkud se obsažené toxické látky mohou uvolňovat do ovzduší.

Přestože v roce 2009 vyšla v platnost směrnice 2007/51/ES Evropského parlamentu a Rady o zákazu uvádění rtuťových teploměrů, tonometrů, barometrů a další měřící techniky používající rtuť na trh, zdravotnictví zůstává největším producentem odpadu zatíženého rtutí. Pokud je přístroj či jiný zdravotnický produkt s obsahem rtuti určen k likvidaci spálením, rtuť se během tohoto procesu odpaří do ovzduší, kde podobně jako dioxiny končí v potravním řetězci. [13]

V Tab. 6 je seznam spaloven nemocničního odpadu v České republice spolu s jejich kapacitou a množstvím spáleného odpadu (v tunách za rok) za roky 2015, 2016 a 2017. [14]

Dle POH z roku 2014 bylo ke konci roku 2013 celkem 27 zařízení oficiálně vykazujících spalování zdravotnického odpadu. [1]

Tab. 6: Seznam spaloven odpadu v ČR s uvedeným množstvím spáleného odpadu (*t/rok*)

Spalovna	Kapacita	2015	2016	2017
FN Motol	2 940	1 188	1 259	1 243
Nemocnice Benešov ¹	1 000	818	874	844
FN HK ²	1 900	667	181	980
ON Trutnov ³	1 000	121	131	139
HOL ⁴	750	542	612	605
Nemocnice PK ⁵	750	644	723	687
Nemocnice Znojmo ⁶	780	661	631	618
UH nemocnice ⁷	350	343	332	325

¹ Nemocnice Rudolfa a Stefanie Benešov, a.s., nemocnice Středočeského kraje

² Fakultní nemocnice Hradec Králové – Spalovna NO a kotelna

³ Oblastní nemocnice Trutnov a. s. – Spalovna NO a plyných paliv

⁴ Hamzova odborná léčebna pro děti a dospělé, Luže, Pardubický kraj

⁵ Nemocnice Pardubického kraje, a.s. – Spalovna NO a plynová kotelna Pardubice

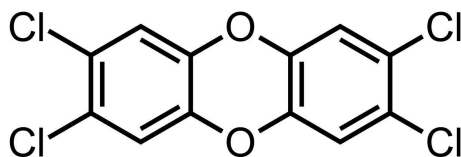
⁶ Nemocnice Znojmo, příspěvková organizace – Kotelna a spalovna

⁷ Uherskohradištská nemocnice a.s. – Kotelna nemocnice a spalovna NO

4.1 Rizika spalování zdravotnického odpadu

Jedním z hlavních rizik spalování nejen zdravotnického odpadu jsou dioxiny. Dioxin je obecné jméno pro chemické sloučeniny podobné struktury, která je popsána na Obr. 6 níže. Jsou vysoce toxické, karcinogenní, s možností způsobit reprodukční a vývojové změny jedince spolu s nevratným poškozením imunitního systému. Dioxiny patří do skupiny polyaromatických a polycyklických uhlovodíků. Skládají se z uhlíku, kyslíku, vodíku a atomů chloru. Počet atomů chloru a jejich rozmístění ve struktuře určuje toxicitu daného dioxinu. Nejtoxičtější a zároveň nejznámější ze všech dioxinů je 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin, který má 4 atomy chloru na pozicích 2, 3, 7 a 8. Je označován zkráceně jako dioxin nebo zkratkou TCDD.

V dnešní době se dioxin do ovzduší dostává především spalováním komunálního a nemocničního odpadu a emisemi z automobilů. Z ovzduší nejčastěji pokračuje do vodních ploch, kde se usazuje jako součást sedimentu na dně rybníků a moří. Ryby svým pohybem ve vodě dioxin opětovně rozvíří, a nebezpečná látka tak může snadno prostoupit tukovou tkáň vodních živočichů, kde zůstává. Tím, že takové ryby a ostatní vodní živočichy následně konzumujeme, spolu s nimi můžeme pozřít i malé procento nebezpečného dioxinu. Dioxiny jsou velice stabilní chemické látky, a zůstávají tak uložené v tukové tkáni. Čím hierarchicky výš je subjekt v potravním řetězci, tím vyšší je koncentrace dioxinů. Dalším zdrojem uvolňování dioxinu do ovzduší může být hoření velkých zalesněných ploch. Dioxin dokáže navíc putovat ovzduším až tisíce kilometrů daleko. Dříve se dioxin uvolňoval například během tavení různých kovů či bělení papírů. To se v posledních letech hojně zregulovalo díky evropským vyhláškám jako je např. vyhláška č.153/2016 Sb., stanovující preventivní limity rizikových látek a prvků v zemědělské půdě, dále evropská nařízení vlády jako Nařízení rady (ES) č.1195/2006 a č.172/2007. Obecný emisní limit dioxinů upravuje příloha 1 ve vyhlášce č.356/2002 Sb. [12] [16]



Obr. 6: Struktura sloučeniny 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxinu

Všechny spalovny v ČR jsou díky zavedeným vyhláškám a opatřením nucené splňovat emisní limity produkce dioxinu. Hladina dioxinu se pravidelně monitoruje, nicméně dioxin není jediná toxická látka, která během spalování vzniká a následně uniká do ovzduší. Mezi nejznámější patří např. chlorovodík HCl, který ve vzduchu a v půdě reaguje s molekulami vody, a přispívá tak k tvorbě kyselých dešťů. Stejný princip platí i pro oxid siřičitý SiO_2 , který mimoto ještě reaguje se zeleným barvivem rostlin - chlorofylem, čímž narušuje jedinečný a důležitý proces fotosyntézy. Dále se jedná o oxidy dusíku - skleníkový plyn oxid dusnatý NO a oxid dusičitý NO_2 , částice prachu, těžké kovy (As, Cd, Cr, Ni, apod.) a některé organické sloučeniny (C_2HCl_3 , C_2Cl_4 , $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$ a další). Hladiny těchto látek se ovšem nemonitorují. [13]

5 Zpracování dat

5.1 Sběr dat

Cílem sběru dat pro tuto práci bylo získat adekvátní dataset odpovídající zdravotnickému materiálu, který se používá v běžné praxi českých zdravotnických zařízení. Zacíleno bylo na takový zdravotnický materiál, u kterého by bylo možné snížit jeho spotřebu. Proto byl vybrán jednorázový materiál, který má zároveň svou resterilizovatelnou alternativu a u kterého tudíž bude možné tyto dvě varianty porovnat z ekonomického i ekologického pohledu.

Sběr dat pro tuto práci probíhal na několika úrovních. To jak z úrovně poskytovatele zdravotnického materiálu - firem, které zdravotnická zařízení zásobují daným zdravotnickým materiálem, tak samotného uživatele tohoto materiálu - nemocnice a kliniky. Data byla získána z různě velikých nemocnic České republiky, jejichž anonymizovaný popis je uveden níže. Společnost Vamed Mediterra a.s. byla druhým klíčovým zdrojem dat. Jelikož se jedná o poskytovatele zdravotní péče celkem pro 8 zdravotnických zařízení po České republice, jsou s firmami, poskytující zdravotnický materiál, v blízkém kontaktu. Spojením obou úrovní se dostalo adekvátního datasetu, který byl na začátku požadován.

Jelikož se jedná o citlivé informace ze strany poskytovatelů dat, veškerá data použitá v této práci jsou anonymizovaná.

5.2 Zdravotnická zařízení

Nemocnice A a B - Fakultní nemocnice spadající do skupiny nemocnic většího rozsahu s přibližně 2000 lůžky, několika tisíci zaměstnanci a několika desítkami tisíc uskutečněných operací ročně.

Nemocnice C - Všeobecná okresní nemocnice s 12 lůžkovými odděleními a celkovou kapacitou přes 400 lůžek. V průměru je zde hospitalizováno přes 20 000 pacientů ročně.

Nemocnice D až I - Těchto 6 nemocnic odpovídá co do velikosti nemocnicím menšího a středního rozsahu, klinikám a menším zdravotnickým zařízením.

5.3 Přehled produkce odpadů různých zdrojů v nemocnicích ČR

5.3.1 Produkce odpadů z fakultní nemocnice v ČR

Tato kapitola se věnuje produkci odpadu z fakultní nemocnice B v České republice o velikosti zhruba 2000 lůžek. Nemocnice rozlišuje přes 20 různých druhů odpadu jako je komunální odpad, zdravotnický infekční odpad, vyřazené chemikálie, odpadní sklo, suť, železo, elektroodpad a další.

Komunální odpad je v Katalogu odpadů označen číslem 20 03 01. Pod pojmem Infekční odpad se myslí veškeré odpady, na jejichž sběr a odstraňování jsou kladeny zvláštní požadavky s ohledem na prevenci infekce. Tento typ odpadu má v Katalogu odpadů kód 18 01 03 a spadá do kategorie nebezpečného odpadu, kam spadají mj. i ostré předměty. Veškerý nebezpečný odpad musí být likvidován zvláště ve spalovně nebezpečného odpadu, které podléhají striktním podmínkám a požadavkům na bezpečnost. Do nebezpečného odpadu patří také ostré předměty, které musí být z bezpečnostních důvodů ukládány zvláště do vlastních nádob.

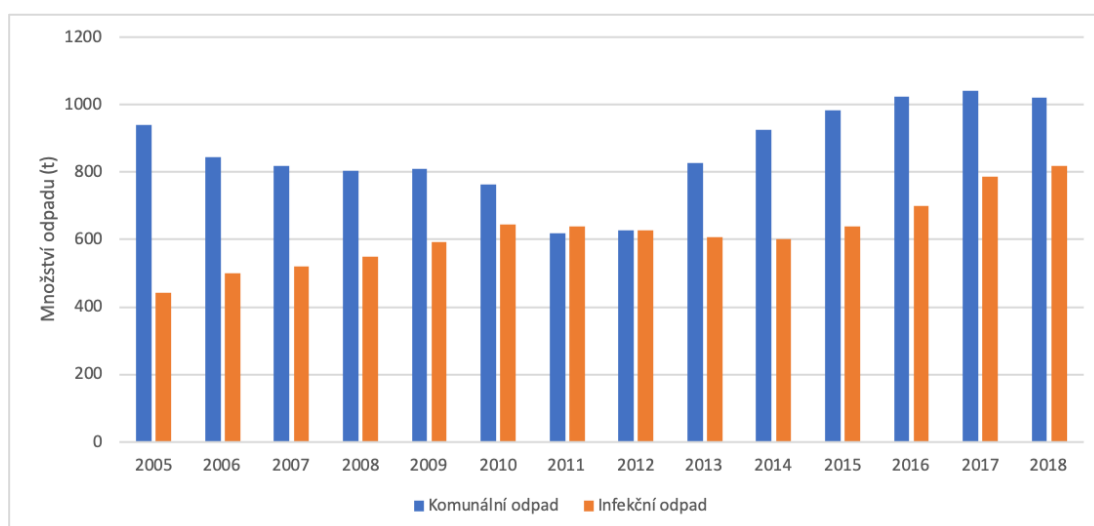
Tab. 7: Produkce odpadů z OHTS fakultní nemocnice ČR

Rok	Komunální odpad (kg)	Infekční odpad (kg)	Ostatní druhy odpadu (kg)	Odpady celkem (kg)
2011	619 019	639 850	412 230	1 671 099
2012	628 380	627 380	444 513	1 700 272
2013	826 241	607 152	626 394	2 059 787
2014	924 965	602 091	674 855	2 201 911
2015	983 464	638 723	592 741	2 215 928
2016	1 022 780	699 474	564 220	2 286 474
2017	1 042 747	785 442	873 648	2 402 837
2018	1 020 881	817 186	682 347	2 520 414

V Tab. 7 sloupec Ostatní druhy odpadu označuje skupinu, kam spadají plasty, cihly, železo a ocel, papír a lepenka, sklo, tuky a další méně frekventované druhy odpadu. Za rok 2018 se vyprodukovalo a zrecyklovalo 4 872 kg plastu, 7 940 kg cihel a suti, 123 740 kg železa a ocele, 76 341 kg papíru/lepenky a 6 777 kg skla.

Dále lze v Tab. 7 pozorovat, že fakultní nemocnice B vyprodukovala za rok 2018 více jak 2 500 tun odpadu, z čehož víc jak 1 020 tun připadá na směsný komunální odpad a necelých 820 tun na infekční nebezpečný odpad. Infekční odpad tak tvoří téměř třetinu (víc jak 32 %) celkového množství vyprodukovaného odpadu dané nemocnice. Komunální odpad zastává 40,5 % z celkového množství odpadu za rok 2018.

Od roku 2005, kdy na celkové množství infekčního odpadu připadlo více než 440 tun, vzrostlo množství infekčního nebezpečného odpadu téměř jednou tolik. Pro rok 2018 to bylo téměř 820 tun. Jeden z hlavních aspektů tohoto nárůstu je fakt, že dříve recyklovatelné materiály, jako je sklo a plast, užívané jako nádoby pro různé druhy infuzí, se nyní již recyklovat nesmějí kvůli zbytkovému množství potenciálně infekčního materiálu jako je krev, zbytky tkáně, apod., které v nádobách zůstávají. Tento materiál tak patří do infekčního odpadu a musí se, spolu s ostatním nebezpečným odpadem, spálit ve spalovně nebezpečného nemocničního odpadu. Z tohoto důvodu množství recyklovaného odpadu výrazně pokleslo a naopak množství infekčního odpadu každoročně narůstá. Poslední meziroční nárůst dosahoval necelých 5 %.



Obr. 7: Produkce komunálního a infekčního odpadu nemocnice B

Pozitivní změnou v oblasti odpadů je přechod zobrazovací rentgenové techniky na digitální přenos. Vedle stále se snižující radiální dávky, kterou je pacient během

vyšetření ozářen, dochází zejména k minimalizaci nebezpečného odpadu, který vznikl z roztoků ustalovačů, vodných roztoků vývojek a aktivátorů. V roce 2011 nastal v této nemocnici (B) úplný přechod na digitální technologii, čímž bylo ukončeno používání vývojek a ustalovačů. Pro ukázkou, ještě v roce 2005 se vyprodukovalo téměř 18 tun odpadu č. 09 01 01, což jsou právě vodné roztoky vývojek a aktivátorů a přes 6 tun roztoků ustalovačů s č. 09 01 04 v Katalogu odpadů.

To samé platí i pro zářivky a další výrobky obsahující rtuť, které k roku 2010 z nemocnic vymizely, na základě Nařízení (ES) č. 1907/2006, které stanovilo zákaz uvádění rtuťových teploměrů a dalších měřicích zařízení na trh. V současné době probíhá už pouze zpětný odběr měřicí techniky s obsahem rtuti.

Zpětný odběr je ve fakultní nemocnici dále aplikován na zářivky, tonery a baterie. Všechny položky jsou shromažďovány zvlášť ve speciálních kontejnerech, které sváží zpětným odběrem externí firmy.

Spotřební materiál, který je vyroben z buničínového papírového materiálu, jako jsou nádoby na moč, podložní mísy, nočníky a další, se hojně využívá na oddělení s dlouhodobou péčí pro pacienty neschopné pohybu či v bezvědomí. Tento materiál nelze desinfikovat a po použití se likviduje v tzv. macerátorech, kde je spolu s obsahem rozmělněn a vypuštěn. Tím, že buničina ve vodě nabobtnává, může snadno nastat problém ucpání odpadu, pokud je takového materiálu příliš.

5.3.2 Roční spotřeba spotřebního materiálu

Údaje o spotřebním materiálu byly primárně získány z okresní nemocnice střední velikosti - nemocnice C. Tato data byla následně vztažena na celou Českou republiku, a to k poslední informaci o lůžkovém fondu ke dni 31.12.2017, kdy bylo ÚZIS evidováno na 77 578 lůžek v České republice. V celkovém množství lůžek v ČR jsou zahrnuta všechna zdravotnická zařízení, kam spadají fakultní nemocnice, nemocnice, nemocnice následné péče, léčebny pro dlouhodobě nemocné (LDN), léčebny tuberkulózy a respiračních nemocí (TRN), psychiatrické léčebny, rehabilitační ústavy a ostatní odborné léčebné ústavy, dětské psychiatrické léčebny a ostatní dětské odborné léčebné ústavy, dětské ozdravovny, hospice a další lůžková zařízení.

Jelikož v každém typu zdravotnického zařízení převažuje odlišný typ péče, s čímž souvisí i potřeba různého zdravotnického materiálu a jeho použití, data pro spotřebu spotřebního materiálu byla vztažena přímo na skupinu Nemocnice v ČR, kam nemocnice C spadá. Ke dni 31.12.2017 bylo v ČR na 43 821 nemocničních lůžek, což bylo mj. o 259 nemocničních lůžek méně než k poslednímu dni roku 2016. Tento pokles byl pravděpodobně ovlivněn především administrativními změnami, které nastaly během let 2016 a 2017. Konkrétně byla vyřazena zařízení, která vykazovala pouze administrativní činnost a žádné výkony nebo lůžka. Dále potom došlo ke změnám druhu zdravotnického zařízení, což se týká např. Léčeben pro dlouhodobě nemocné, které byly dříve brány jako začleněná zařízení a od roku 2017 se již berou jako samostatná oddělení. [17]

Do spotřebního materiálu, který byl vyhodnocován, je zařazen nesterilní a sterilní obvazový materiál různého typu. Mezi nesterilní obvazový materiál patří např. různé druhy a velikosti tamponů k odsávání krve a dalších lidských sekretů na povrchu kůže, které se hojně používají v chirurgii k operačním výkonům. Dále prošívané tampony a roušky, opatřené tzv. RTG tkanicí pro snadnější detekci ran při snímání rtg zářením. Roušky jsou prošívané z důvodu zvýšení pevnosti materiálu. Do skupiny nesterilního obvazového materiálu dále spadají obinadla (pletená a elastická) či nesterilní komprese tzv. Vliwazell pro vícevrstvé krytí ran a jemná netkaná komprese Vliwasoft pro krytí ran.

Tampony jsou číslovány dle velikosti, např. č. 2 má průměr 25 mm, č. 4 průměr 45 mm a č. 6 průměr 55 mm. Přesná specifikace vždy záleží na výrobcí. Balení po 100 ks tamponů stojí od 75 do 175 Kč s DPH. Prošívaný tampon s tkanicí o velikosti 45x45 cm stojí 147 Kč, prodává se většinou v balení po 100 ks. Orthovatta tvoří podkladovou vrstvu pod sádru a je dostupná v balení po 4 m o různé šířce. Balení 10 ks od 98 do 420 Kč s DPH, dle šíře. V Tab. 8 je uvedená celková cena s DPH za souhrnné množství spotřebního materiálu za rok pro nemocnici C. V Tab. 9 je tato spotřeba vztažena na všechny nemocnice České republiky, tj. na počet 43 821 lůžek (údaj k poslednímu dni roku 2017).

Tab. 8: Přehled nesterilního obvazového materiálu

Materiál	Spotřeba (ks)	Celk.cena (Kč)
Tampon č.2	6000	4 500
Tampon č.6	34 000	59 500
Prošívaný tampon	7 200	106 398
Orthovatta	730	7 117
Obinadlo pletené	12 000	108 000
Obinadlo elastické	450	4 500
Jemné netkané krytí ran	48 000	41 280

Tab. 9: Přepočtení roční spotřeby nesterilního materiálu pro všechny nemocnice v ČR

Materiál	Spotřeba (ks)	Celk.cena (Kč)
Tampon č.2	627 508	470 631
Tampon č.6	3 555 881	6 222 791
Prošívaný tampon	7 530 100	11 127 606
Orthovatta	3 555 881	744 957
Obinadlo pletené	627 508	11 295 150
Obinadlo elastické	3 012 040	470 631
Jemné netkané krytí ran	627 508	4 317 257

5.3.3 Přehled výkonů a spotřebovaného materiálu na oddělení kardiologie

V této kapitole je zhodnocení spotřebovaného operačního a katetrizačního materiálu z oddělení kardiologie fakultní nemocnice A, stejně tak jako množství výkonů, které se na tomto oddělení ročně provedou.

V Tab. 10 je přehled nejčastějších výkonů za roky 2016, 2017 a 2018 spolu s celkovou cenou s DPH, které se na oddělení kardiologie provedou.

Tab. 10: Přehled výkonů na oddělení kardiologie fakultní nemocnice A

Výkon	2016	Cena (mil.Kč)	2017	Cena (mil.Kč)	2018	Cena (mil.Kč)
CABG	159	4,3	140	3,7	129	3,4
AVR	57	1,8	76	2,3	67	2,1
CABG + AVR	36	1,3	23	0,9	22	0,8
MVR	23	0,7	17	0,5	20	0,6

První ze zákroků v Tab. 10 je aortokoronární bypass (CABG), jehož celková cena je cca 27 000 Kč s DPH. Konkrétně je pro tuto operaci potřeba jedna aortální perfuzní kanyla (1 000 Kč), dvoufázová venózní kanyla (700 Kč), kanyla pro kořen aorty (500 Kč), kardioplegický adaptér (200 Kč), kardioplegiální set 4:1 (6 000 Kč), kyveta H/S 1/2x1/2 (1 000 Kč), oxygenátor (15 000 Kč), dále stříkačky, spojovací hadičky, zkumavky a sensory za cca 2 000 Kč.

Náhrada aortální chlopně (AVR) vyžaduje vybavení za přibližně 31 000 Kč s DPH. Kromě materiálu pro CABG je navíc potřeba retrográdní kanyla (2 000 Kč), močový katetr s termistorem (600 Kč), dvě koronární kanyly (600 Kč/ks) a perikardiální jímka (400 Kč).

Pro kombinovanou operaci AVR+CABG je potřeba stejného materiálu, jako pro samostatnou výměnu aortální chlopně a navíc zkumavky na hemochron (200 Kč za kus) a CDI systém 510H shunt sensor (5 000 Kč). Celková cena tak vychází na cca 36 000 Kč s DPH.

Náhrada mitrální chlopně (MVR) vyjde na 30 000 Kč s DPH. Vybavení je po-

dobné jako pro AVR. Navíc je nutná přímá a zahnutá žilní kanyla (500 Kč/ks), která je pro tento výkon typická kvůli specifickému uložení mitrální chlopně.

V Tab. 11 je přehled použitých operačních materiálů ke kardiochirurgickým výkonům za poslední 3 roky na oddělení kardiochirurgie fakultní nemocnice A. Za toto období (od posledního čtvrtletí roku 2015 do konce minulého roku 2018) se na kardiochirurgické výkony použilo celkem 60 chlopní (z toho 2/3 aortálních - konkrétně 7 biologických aortálních chlopní Perimount Magna Ease od firmy He-bios s.r.o., zastupující americkou značku Edwards Lifesciences a 32 mechanických, převážně od výrobce STM - St Jude Medical, jehož českým distributorem je firma Cardion s.r.o.). Mechanické chlopně dnes již převažují nad biologickými chlopněmi. Na tomto oddělení se mechanické chlopně používají ve více jak 80 % případů.

Náhradní chlopně se používají především pro náhradu stávajících chlopní u pacientů, kterým již dosluhují vzhledem ke stáří nebo trpí vrozenou srdeční vadou, jako je např. TOF (Fallotova tetralofie - nejčastější cyanotická srdeční vada). V dnešní době lze nahradit všechny srdeční chlopně. Jedná se o výkony AVR (Aortic Valve Replacement - náhrada aortální chlopně), MVR (Mitral Valve Replacement - náhrada mitrální chlopně), PVR (Pulmonary Valve Replacement) a TVR (Tricuspid Valve Replacement - náhrada trikuspidální chlopně). Chlopně se dodávají v různých velikostech tak, aby byla náhrada co nejvěrnější a mohla plně funkčně nahradit stávající chlopně pacienta. Velikost záleží na konstituci pacienta.

Tab. 11: Přehled použitých operačních materiálů na oddělení kardiochirurgie

Druh/materiál	4Q 2015	2016	2017	2018
Chlopně	5	13	16	26
Konduit	1	12	16	7
Lepidlo	14	72	60	60
Protéza	4	28	45	59
Anuloplastický prstenec	-	2	6	9
Záplata	58	183	184	215

Tkáňové lepidlo bylo použito celkem u 206 operačních zákroků. Dodává se od

různých výrobců jako je Baxter, Coseal, Cryolife, Dalhausen, Ethicon nebo Mallinckrodt.

Cévní protéza je náhrada cévy v podobě úzké trubičky, většinou ze syntetického materiálu, který je kompatibilní s biologickou tkání. Za daný časový úsek se použilo celkem 137 cévních protéz od různých výrobců - Goretex, Stimcare, Vascutek a Im-momedical. Protézy nahrazují poškozené úseky cév.

Anuloplastické prstence představují náhradu vazivových prstenců, které se nacházejí kolem srdečních chlopní. Za časový úsek (4Q 2015 až 2018) bylo použito celkem 18 anuloplastických prstenců od výrobců Edwards/Hebios, St.Jude/cardion či Medtronic (Inlab).

Cévní záplaty jsou pletené z polyesterových vláken a slouží jako náhrada či záplata částí poškozené tepny. V Tab. 11 je vidět, že cévní záplata je často používaný materiál. Za daný časový úsek bylo použito celkem 641 cévních záplat od firem Bard/Euromedical, Goretex, Stimcare, CorMatrix/Mac'sMedical, St.Jude/cardion, Biointegral/Mac's Medical, VUP Medical, Autotissue či Admedus.



Obr. 8: Příklad cévní protézy (vlevo) a cévní záplaty (vpravo) [19]

Zmíněné použité materiály jsou neresterilizovatelné a v kardiochirurgii alternativy na více použití těchto materiálů nemohou být brány v potaz.

5.4 Výběr zdravotnického materiálu

Pro vhodné zvolení zdravotnického materiálu k této práci bylo nutné udělat průzkum, které zdravotnické prostředky či jejich spotřební materiál se používají jak v jednorázovém provedení, tak v provedení na více použití, které se dá resterilizovat.

Mezi tento výběr byly vybrány lahve k odsávačkám, které se hojně dodávají a používají v plastovém jednorázovém provedení. Jejich resterilizovatelnou alternativu zastupují polysulfonátové či polykarbonátové lahve, které se dají sterilizovat v autoklávech.

Dýchací okruhy

Dalším vybraným zdravotnickým materiálem, používaným hojně v jednorázovém provedení, jsou dýchací okruhy k plicním ventilátorům. Dýchací okruhy na jedno použití jsou plastové, narozdíl od silikonových hadic, které se dají sterilizovat v autoklávech.

Firma Cheirón nabízí jednorázový dýchací okruh o délce 120 a 150 cm (Obr. 9(a)) nebo koaxiální dýchací okruh s kolínkem o délce 150 a 300 cm (Obr. 9(b)). Alternativou k jednorázovým dýchacím okruhům jsou resterilizovatelné silikonové hadice o průměru 22 mm a délce 40, 60, 80, 110, 130 či 150 cm, které lze autoklávat na teplotu 134 °C (na Obr. 9(c) vpravo).



(a)



(b)



(c)

Obr. 9: Jednorázové dýchací okruhy (a),(b) a resterilizovatelná silikonová hadice (c)

Lahve pro odsávací vaky

Prvním takovým výrobkem jsou lahve k odsávačkám. Lahve mohou být plastové na jedno použití. Po naplnění daného objemu sekrem se celá lahev (případně i s odsávacím vakem) pomocí spojek odpojí od systému odsávání a vyhodí se. Resterilizovatelným řešením jsou lahve z polysulfonátu či polykarbonátu, které se dají autoklávovat většinou na 121 °C.



Obr. 10: Jednorázové lahve FLOVAC k odsávačkám v provedení 1l, 2l a 3l s 1,8m hadicí

Firma Cheirón nabízí jednorázové lahve Flovac k odsávačkám v různém provedení - pro objemy 1 l, 2 l a 3 l, a resterilizovatelné polysulfonové lahve FLOVAC pro objemy 1 a 3 litry. Dále 2l lahve Monokit dodávané s vakem na jedno použití. Všechny resterilizovatelné lahve Cheirón se dají autoklávovat na 121 °C. Na Obr. 10 je zleva jednolitrová, dvoulitrová a dvoulitrová lahev s 1,8m dlouhou hadicí.



Obr. 11: Lahve FLOVAC na více použití pro objemy 1 a 3 l, a 2l lahev Monokit

Na Obr. 11 jsou resterilizovatelné lahve FLOVAC v objemu 1 a 3 litry a dvoulitrová lahev Monokit. Jak je vidět, všechny resterilizovatelné lahve se dodávají bez víčka, jelikož dodávaný odsávací vak na jedno použití toto víčko obsahuje a jsou vyráběny tak, aby byly kompatibilní s uvedenými lahvemi.

Další firmou, dodávající na český trh lahve k odsávacím systémům, je společnost Polymed. Ve svém portfoliu nabízí 3 druhy polykarbonových lahví viz Obr. 12, kde je zleva dvoulitrová a čtyřlitrová lahev HOSPIVAC a litrová lahev pro odsávačky MASpeed. Lahve jsou k dostání, narozdíl od firmy Cheirón, přímo s víčkem, které se dá také samostatně dokoupit.



Obr. 12: Polykarbonátové lahve HOSPIVAC k odsávačkám v provedení objemu 2l, 4l a 1l

Dalšími odsávačkami na trhu jsou odsávačky Medela, které zprostředkovává mj. i brněnská firma DN Formed. V jejich nabídce jsou autoklátovatelné lahve v několika provedeních pro objemy 0,5, 1, 2, 3, 5 a 0,25 litru, které slouží jako pojistné lahve proti přesátí. Ostatní objemy lahví jsou určeny pro odsávání, které probíhá přímo do lahve bez použití jednorázového odsávacího vaku.

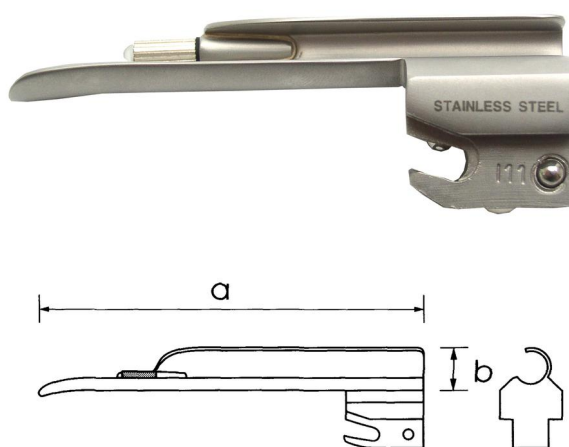
Pro odsávací vaky Medela existuje i 1,5l a 2,5l provedení polysulfonových lahví.

Laryngoskopické lžíce

Laryngoskopické lžíce jsou další velkou skupinou, kde se v hojném množství používají jednorázové plastové lžíce, přestože existuje kovová resterilizovatelná alternativa. Laryngoskopické lžíce se používají pro vyšetření hrtanu, zavádějí se přímo přes ústní dutinu. Fungují buď na principu vláknové optiky - tyto laryngoskopy bývají většinou

resterilizovatelné, na více použití nebo na systému zrcátek.

Pro kovové lžíce se využívá matných povrchů, aby nedocházelo k odleskům a odrazům světla, které by mohlo rušit signál vláknové optiky. Laryngoskopické lžíce se vyrábí v několika velikostech pro použití na pacientech různých konstitucí. Pro standardní lžíce se používá bílé LED světlo o vysoké svítivosti. Pro laryngoskopy s vláknovou optikou je zdroj světla umístěn v rukojeti laryngoskopu a skrz laryngoskopickou lžici vede světlovod, kudy světlo prochází.



Obr. 13: Laryngoskopická lžíce

Velikost laryngoskopických lžic se označuje dvěma rozměry: "a" a "b" viz Obr. 13. Pro standardní lžici Miller jsou rozměry následující:

vel. 00: a = 65 mm, b = 12 mm

vel. 2: a = 153 mm, b = 13 mm

vel. 0: a = 77 mm, b = 11 mm

vel. 3: a = 195 mm, b = 13 mm

vel. 1: a = 102 mm, b = 11 mm

vel. 4: a = 205 mm, b = 16 mm



Obr. 14: Jednorázové laryngoskopické lžíce Miller (vel. 0, 1, 2) a McIntosh (vel. 3 a 4)

Oblíbenými laryngoskopickými lžícemi jsou Miller a McIntosh v různém provedení, které nabízí i společnost Cheirón. Obvyklá svítivost těchto lžic se pohybuje mezi 1500 a 2000 lux/2,5 V. Lžice Miller a McIntosh ve velikostech 3 a 4 viz Obr. 14.

5.4.1 Sterilizační obaly

Výroba sterilizačních obalů se řídí normou ČSN EN ISO 11 607, částí 1 a 2. Jedním z hlavních kritérií pro sterilizační obaly je jejich propustnost pro vzduch, páru, bakterie či vodu. Pro sterilizaci se využívají buď kombinované obalové materiály papír-fólie či sterilizační kontejnery.

1) Sterilizační kontejnery

Do sterilizačních kontejnerů z hliníku a oceli se umístí znečištěné zdravotnické prostředky určené ke sterilizaci a umístí se přímo do sterilizátoru, kde jsou prostředky vysterilizovány příslušným programem. Kontejnery mohou mít automatické pojistky pro těsné uzavření. Jejich cena se pohybuje v řádech několika desetitisíců korun. [30]

2) Sterilizační obaly

Možností je buď volba samostatných samolepících sáčků dané velikosti, které jsou dražší, ale není k nim potřebná svářecí stanice. Na druhé straně je levnější řešení v podobě role s navinutým obalovým materiálem, který lze oddělit libovolně dle potřeby a velikosti sterilizovaného materiálu. Role se prodávají v různých šířkách, ale je k nim navíc potřebná svářečka sterilizačních obalů, která vychází kolem 8 000 Kč s DPH (univerzální nejpoužívanější velikost). [31]

a) Obaly pro dýchací okruhy

Pro dýchací okruh o délce 150 cm je třeba sterilizačního obalu o rozměrech 30x45 cm. Samolepící sáček takové velikosti stojí 8,85 Kč s DPH. Naproti tomu 200m role o šířce 30 cm za cenu 2 294,16 Kč s DPH vydá na 400 sterilizačních obalů pro dýchací okruh, pokud je brán rozměr obalu 30x50 cm. Cena obalu pak vychází na 5,74 Kč s DPH, což je zhruba o třetinu levnější řešení i přes náklady na svářečku.

b) Obaly pro lahve k odsávačkám

Dvoulitrová lahev k odsávačkám odpovídá délce 25 cm a průměru cca 10 cm. Na základě těchto rozměrů byla zvolena minimální velikost obalu o šířce 20 cm a délce

35-40 cm. Samolepící sáček o rozměru 20x35 cm stojí 4,69 Kč s DPH. Levnějším řešením je 200m role o šíři 20 cm, která stojí 1529,4 Kč s DPH. Pro sterilizační obal o velikosti 20x40 cm vychází na 3 Kč s DPH pro jednu polysulfonovou lahvi.

c) Obaly pro laryngoskopické lžíce

Laryngoskopická lžíce McIntosh velikosti 3 je široká 2,6 cm a dlouhá 19,5 cm (vzdálenost a a $2b$ viz Obr. 13). Lžíce McIntosh velikosti 4 je široká 3,2 cm a dlouhá 20,5 cm. Vzhledem k velikosti lžic byl vybrán samolepící sáček o velikosti 9x25 cm za 1,86 Kč s DPH. Co se týče použití 200m role, byla vybrána šíře 10 cm za 787,7 Kč s DPH, z které lze vyrobit obaly o velikosti 10x25 cm a ceně 0,99 Kč s DPH za kus.

6 Metodika zpracování dat

Pro všechny tři typy vybraného zdravotnického materiálu byly navrženy modelové situace, na jejichž základě jsou zhodnoceny přínosy a celkové roční náklady na používaný materiál pro jednorázovou i resterilizovatelnou variantu.

Kromě pořizovacích nákladů je potřeba k celkovým nákladům na jednorázové řešení započítat i náklady na jeho likvidaci. Dle fakultní nemocnice B byla v roce 2018 cena za odvoz a likvidaci 1 kg nebezpečného odpadu 9,2 Kč bez DPH, tj. 11,04 Kč s DPH. V předešlém roce 2017 byla přitom cena za stejné množství nebezpečného infekčního odpadu téměř poloviční a to 4,25 Kč bez DPH. Důvod tak významného meziročního nárůstu není objasněn.

Pro případ resterilizovatelného řešení je nutné započítat náklady na cyklus sterilizace, který do své celkové částky zahrnuje mnoho aspektů, jako pořizovací cena sterilizátoru a jeho typ, pořizovací cena a typ úpravny vody, pravidelné testy a validace, cena desinfekce, plat personálu obsluhující sterilizační linku a mnoho dalších. Vzhledem k tomu, že záleží na tolika proměnných, které se napříč nemocnicemi velice liší, bylo vycházeno z ceníku oddělení centrální sterilizace z Krajské nemocnice Liberec pro externí firmy, který by všechny tyto aspekty měl zohledňovat. Přehled cen sterilizace pro jednotlivé zdravotnické prostředky jsou v Tab. 12. [24]

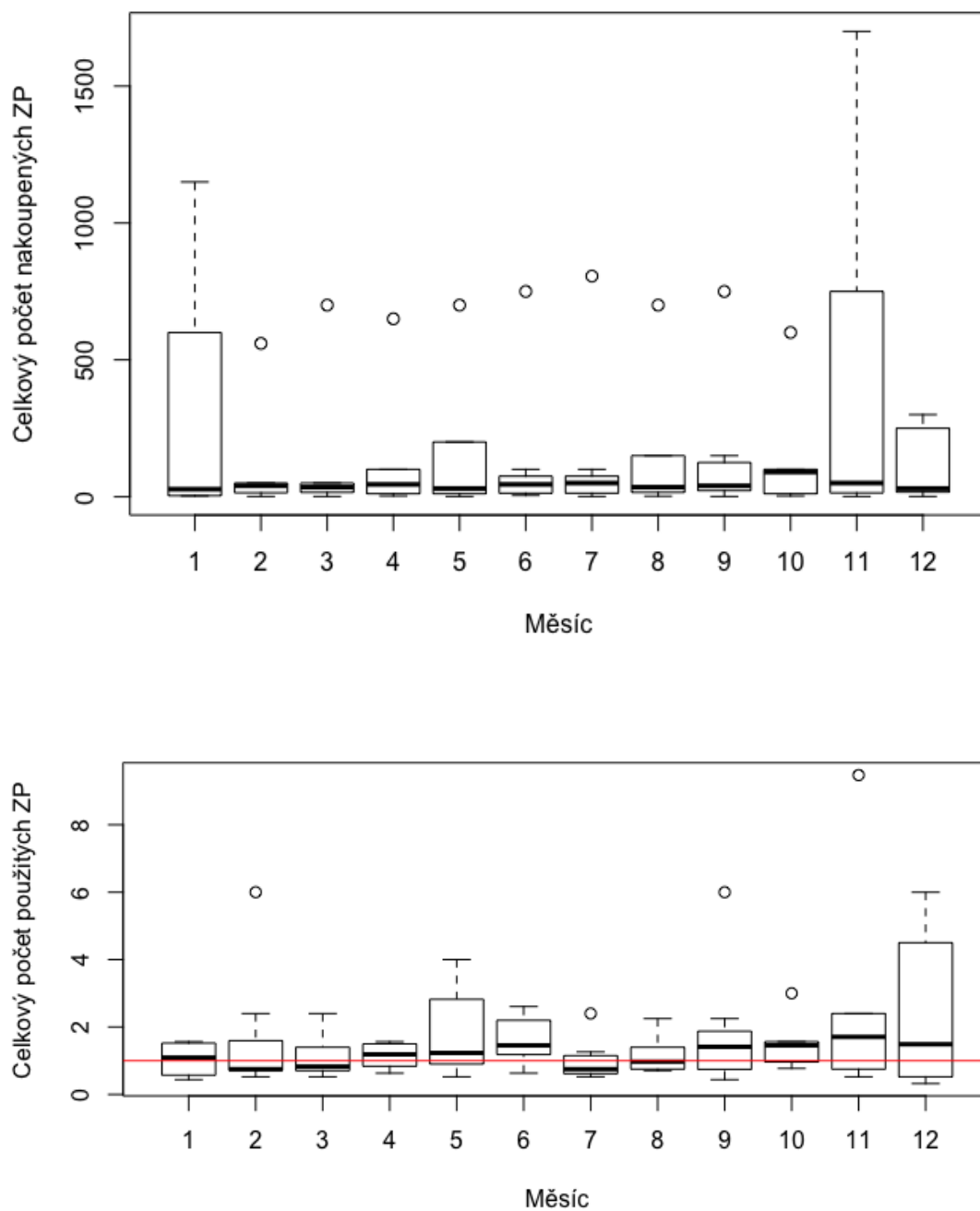
Tab. 12: Cena jednoho cyklu sterilizace zdravotnického materiálu [24]

Produkt	Dýchací okruh	Lahev	Laryng. lžíce
Cena (Kč s DPH)	98	51	26

Na základě těchto informací byly vytvořeny modelové situace na časové rozmezí 2 let pro zhodnocení nákladů a přínosů jak jednorázového, tak znovupoužitelného řešení vybraného zdravotnického materiálu. Zpracování výsledků probíhalo pomocí statistického nástroje R v prostředí Rstudio.

Během výpočtů se předpokládá, že objednávání a nákup zdravotnického materiálu je napříč rokem stejný. Na Obr. 15 lze vidět charakteristiku dat nakoupených zdravotnických produktů z nemocnic D až I, která poukazuje na rozdílnost v nákupu během celého roku. Jedná se o absolutní hodnoty nakoupených zdravotnických pro-

duktů v nemocnicích D až I za jednotlivé měsíce v roce 2018. Jako vztažná hodnota byl brán průměr hodnot, na který jsou všechny hodnoty nanormované. Boxplot ukazuje rozptyl nákupu přes všechny produkty a nemocnice pro daný měsíc.



Obr. 16: Boxplot použitých ZP v závislosti na měsíci v roce 2018

Na Obr. 16 jsou zohledněné rozdíly mezi spotřebou jednotlivých produktů a nároky dané nemocnice. Na rozdíl od předchozího grafu byly produkty, které byly pouze nakoupeny a nebyly použity, označeny nulou. Průměrem je zde červená linka, díky níž lze vidět, zda v daném měsíci bylo použito více či méně produktů než je jejich průměr použití. Tyto závislosti lze využít směrem k plánování finančních prostředků a řízení zásob.

Spotřeba dýchacích okruhů na oddělení ARO

Byla navržena modelová situace pro oddělení ARO, kde pacienti dle ÚZIS průměrně stráví 6 dní. Vzhledem k tomu, že resterilizovatelné okruhy se v nemocnicích mění průměrně po 5 až 7 dnech, byla průměrná doba použití dýchacího okruhu brána taktéž 6 dní. Tato doba souhlasí s průměrnou ošetrovací dobou pacienta na lůžku oddělení ARO. V České republice jsou nemocnice, které dýchací okruhy k plicním ventilátorům mění již po 3 dnech především kvůli zvýšení prevence nozokomiálních nákaz a celkové hygieny. V tomto případě jsou na každého pacienta průměrně spotřebovány 2 dýchací okruhy. [20, 21]

Pro jednorázové dýchací okruhy, které se po použití vyhazují do nebezpečného infekčního odpadu je nutné započítat i náklady na jeho likvidaci. Použitý dýchací okruh váží 0,2 až 0,25 kg. Přičemž likvidace 1 kg nebezpečného zdravotnického odpadu za rok 2018 stála, dle informací nemocnice B, 11,04 Kč s DPH.

Pro resterilizovatelné dýchací okruhy je vedle pořizovacích nákladů nutné započíst i náklady na sterilizaci, které obsahují mnoho aspektů zmíněných v předchozích kapitolách. Cena jedné sterilizace dýchacího okruhu byla stanovena na 98 Kč s DPH. Pro zvýšení efektivity sterilizace je vhodné sterilizovat jedenkrát týdně tak, aby byla využita plná kapacita sterilizátoru. [21, 24]

Pro výpočet spotřeby dýchacích okruhů na oddělení ARO byly namodelovány různé situace použití dýchacích okruhů. Výpočty jsou vztažené na časové období 1 rok a 1 lůžko tak, aby se výsledné informace daly aplikovat na příslušnou velikost oddělení. Byly vytvořeny dvě modelové situace pro spotřebu dýchacích okruhů. První pro okruhy řady M. Standard / A firmy Weinmann, jejichž jednorázový okruh stojí 858 Kč s DPH a resterilizovatelný dýchací okruh stejné řady 7 234 Kč s DPH.

Na základě průměrné ošetrovací doby bylo určeno, že 2 sterilizovatelné dýchací okruhy jsou minimální počet pro 1 lůžko. Pro druhou situaci byla zvolena data z nemocnice I, kde se používá jednorázový okruh za cenu 53,24 Kč s DPH a resterilizovatelná alternativa za 1 195,36 Kč s DPH. Pro obě situace byly počítány celkové náklady pro dobu výměny dýchacího okruhu po 3 a 6 dnech. [20, 23]

Výpočet roční spotřeby znovupoužitelných dýchacích okruhů Weinmann na lůžko:

$$CN = n \cdot PN + p \cdot S, \quad (1)$$

kde:

CN : celkové roční náklady

PN : pořizovací náklady 1 ks dýchacího okruhu

n : počet dýchacích okruhů na lůžko

p : počet použití dýchacích okruhů na lůžku za rok

S : cena sterilizace

Po dosazení do vzorce (1) lze získat celkové roční náklady na spotřebu dýchacích okruhů M. Standard / A značky Weinmann na více použití.

$$CN = 2 \cdot 7234,1 + 61 \cdot 98 = 20\,430 \text{ Kč s DPH}$$

Výpočet roční spotřeby jednorázových dýchacích okruhů Weinmann na lůžko:

$$CN = n \cdot PN + p \cdot m \cdot c, \quad (2)$$

kde:

m : váha 1 ks dýchacího okruhu (kg)

c : cena za 1 kg nebezpečného odpadu (Kč/kg)

Po dosazení do vzorce (2) lze získat celkové roční náklady na spotřebu dýchacích okruhů M. Standard / A značky Weinmann na jedno použití.

$$CN = 67 \cdot 858 + 67 \cdot 0,25 \cdot 11,04 = 57\,597 \text{ Kč s DPH}$$

Spotřeba lahví k odsávačkám

Spotřeba lahví k odsávačkám byla namodelována na konkrétní nemocnici F. V této nemocnici je celkem 80 lůžek na oddělení následné pooperační péče, jednotce intenzivní péče (JIP) a oddělení dlouhodobé intenzivní péče (DIOP). Za minulý rok se v této nemocnici spotřebovalo přes 10 200 jednorázových lahví k odsávačkám za pořizovací náklady 622 200 Kč s DPH. Pokud jedna použitá lahev váží 0,25 kg, bylo za minulý rok vytvořeno celkem 2 567 kg plastového infekčního odpadu pouze z lahví k odsávačkám. Cena za odvoz a likvidaci odpadu z použitých lahví k odsávačkám za minulý rok 2018 v nemocnici F vychází na 28 152 Kč s DPH. Celkové roční náklady tak činily 650 352 Kč s DPH.

Pro tuto situaci byla vytvořena alternativa v podobě modelové situace používání znovupoužitelných lahví. Celkové množství resterilizovatelných lahví potřebných pro tuto nemocnici bylo spočteno jako počet lůžek plus 25 % tohoto počtu, což je celkem 100 resterilizovatelných lahví pro nemocnici F. Z důvodu časté výměny a sterilizace je nutné mít těchto lahví dostatečné množství.

Za zástupce resterilizovatelných lahví k odsávačkám byla vybrána 2l lahev HOSPI-VAC od firmy Polymed za 946,95 Kč s DPH. Pořizovací náklady 100 ks těchto lahví jsou 94 695 Kč s DPH. Náklady na sterilizaci jedné lahve byly určeny na 51 Kč s DPH. Pro 10 200 použití jsou roční náklady na sterilizaci 520 200 Kč s DPH. Z toho vychází celkové roční náklady sterilizovatelného řešení na 614 895 Kč s DPH, což je nižší hodnota než pro jednorázové řešení. [24, 25]

I v tomto případě lze pro výpočet použít vzorce (1) a (2). Grafické znázornění viz Obr. 21 v kapitole Výsledky.

Spotřeba laryngoskopických lžic

Pro modelovou situaci spotřeby laryngoskopických lžic byl počítán případ maximální využitelnosti těchto nástrojů. V rámci efektivního používání laryngoskopických lžic je požadováno, aby každá byla použita 200krát za rok. Laryngoskopické lžíce se vyrábí až v 6 různých velikostech. Pro tento případ byly vybrány 2 ks lžic 3 různých velikostí, tj. celkem 6 lžic. Laryngoskopické lžíce se vyrábí v resterilizovatelné kovové variantě anebo jednorázové kovové či plastové. Od každé varianty byl vybrán jeden adekvátní zástupce, používající se běžně v nemocnicích D, H a I. Na základě reálných cen z těchto nemocnic byl vytvořen model nákladů. Cena za vybranou plastovou jednorázovou laryngoskopickou lžicí vychází na 36,30 Kč s DPH, za kovovou jednorázovou laryngoskopickou lžicí na 128,26 Kč s DPH a za resterilizovatelnou kovovou laryngoskopickou lžicí na 1 318,9 Kč s DPH. Cena je jednotná pro všechny velikosti lžic. Všechny vybrané laryngoskopické lžíce jsou od jednoho výrobce a pracují na principu vláknové optiky. [29]

Pořizovací náklady na nákup 6 znovupoužitelných laryngoskopických lžic jsou 7 913 Kč s DPH. Cena za sterilizaci jedné sterilizovatelné laryngoskopické lžíce byla určena na 26 Kč s DPH Tab. 12. Za těchto podmínek jsou roční náklady na sterilizaci 31 200 Kč s DPH a celkové roční náklady na resterilizovatelné řešení laryngoskopických lžic vyjdou na 39 113 Kč s DPH. [24]

Roční pořizovací náklady na plastové jednorázové lžíce jsou 43 560 Kč s DPH. Jedna tato lžíce váží 0,15 kg, roční náklady na likvidaci jsou potom 1 987 Kč s DPH a celkem se vytvoří 180 kg plastového nebezpečného odpadu. Celkové roční náklady na provoz jednorázového plastového řešení laryngoskopických lžic vychází na 45 547 Kč s DPH. Pro případ jednorázových kovových laryngoskopických lžic se jedná o pořizovací roční náklady 153 912 Kč, 3 974 Kč za likvidaci 360 kg nebezpečného odpadu za rok. Celkové roční náklady vychází na 157 886 Kč s DPH.

Kovové laryngoskopické lžíce tak vychází z finančního hlediska nejvýhodněji ze všech analyzovaných produktů. Studie navíc poukazují na fakt, že používání kovových laryngoskopických lžic značně snižuje intubační časy i pro případ horší průchodnosti dýchacích cest. [22]

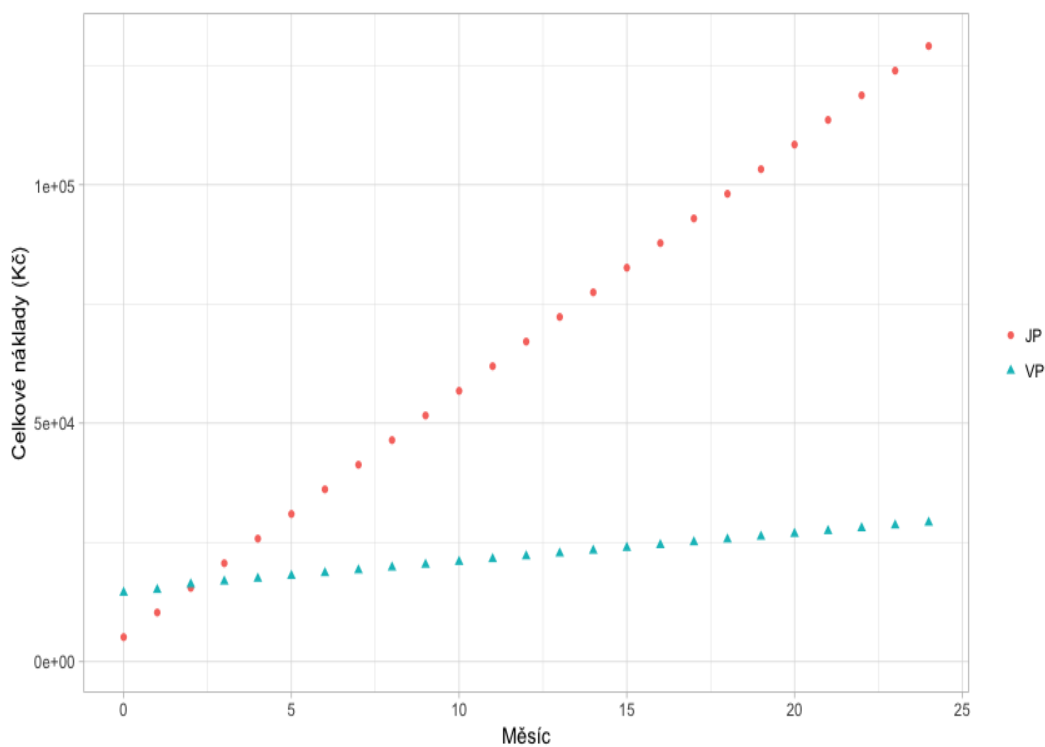
7 Výsledky

V Tab. 13 je srovnání spotřeby dýchacích okruhů Weinmann k plicním ventilátorům pro různé situace. Tabulka zahrnuje spotřebu jednorázových (JP) a znovupoužitelných (VP) dýchacích okruhů s dobou výměny po 3 a 6 dnech.

Tab. 13: Srovnání roční spotřeby dýchacích okruhů Weinmann na 1 lůžko [23]

Typ dýchacího okruhu	VP	VP	JP	JP
Výměna dýchacího okruhu po (dny)	6	3	6	3
Množství dýchacích okruhů (ks)	2	2	67	134
Počet použití 1 dých. okruhu	31	61	1	1
Pořizovací cena dých. okruhů (Kč s DPH)	14 468	14 468	66 921	133 842
Cena sterilizace/likvidace (Kč s DPH)	7 056	14 112	199	398
Celkové náklady (Kč)	22 112	28 580	67 120	134 240

Na Obr. 17 je zobrazena závislost spotřeby jednorázových a znovupoužitelných dýchacích okruhů Weinmann s dobou výměny po 6 dnech.



Obr. 17: Celkové náklady dýchacích okruhů Weinmann na jedno a více použití [23]

Je patrné, že přestože jsou na počátku náklady na resterilizovatelné okruhy vyšší, již po 3 měsících používání dorovnávají výši celkových nákladů na jednorázové okruhy. Z dlouhodobého hlediska jsou náklady na znovupoužitelné okruhy až 4x nižší než na jednorázové řešení dýchacích okruhů M. Standard / A od firmy Weinmann. V grafu je znázorněna projekce na časové období 2 let, tj. 24 měsíců. [23]

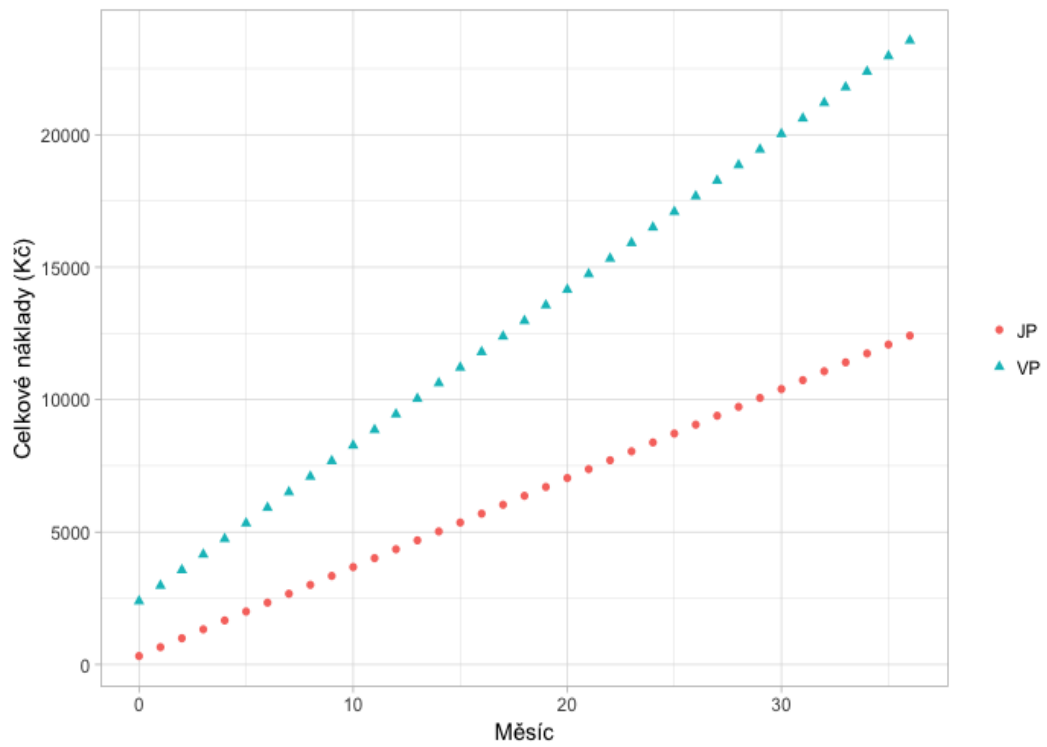
V Tab. 14 jsou srovnány různé situace spotřeby dýchacích okruhů používané v nemocnici I. Cena jednorázových dýchacích okruhů je zde několikanásobně nižší, což se projevuje na celkových nákladech opačným způsobem než v prvním případě. Počáteční náklady znovupoužitelných dýchacích okruhů jsou vyšší než na jednorázové dýchací okruhy, nicméně cena za 1 kus jednorázového okruhu je natolik nízká, že náklady na znovupoužitelné okruhy vychází vyšší po celou dobu časové projekce 24 měsíců.

Tab. 14: Srovnání roční spotřeby dýchacích okruhů na 1 lůžko nemocnice I

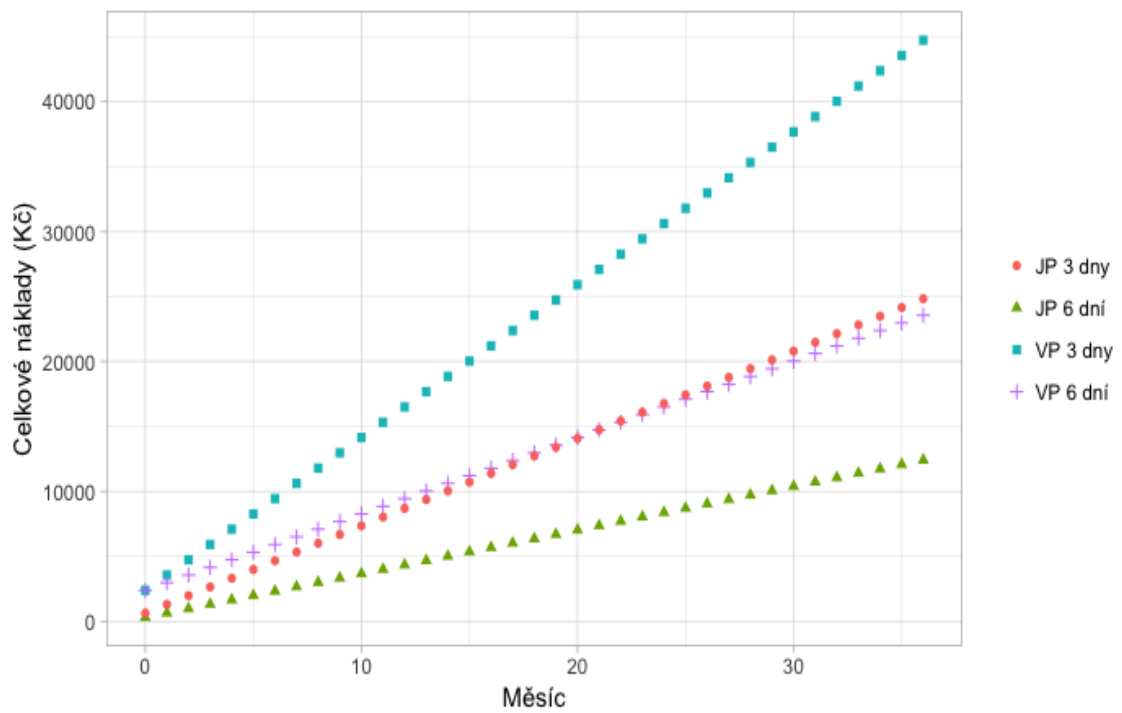
Typ dýchacího okruhu	VP	VP	JP	JP
Výměna dýchacího okruhu po (dny)	6	3	6	3
Množství dýchacích okruhů (ks)	2	2	67	134
Počet použití 1 dýchacího okruhu	31	61	1	1
Požizovací cena dých. okruhu (Kč s DPH)	2 391	2 391	4 153	8 306
Cena sterilizace/likvidace (Kč s DPH)	7 056 Kč	14 112	199	398
Celkové náklady (Kč)	9 447	16 503	4 351	8 703

Na Obr. 18 je závislost spotřeby jednorázových a znovupoužitelných dýchacích okruhů s dobou výměny po 6 dnech. Spotřeba resterilizovatelných dýchacích okruhů zde může dosáhnout až na dvojnásobek celkových nákladů jednorázového řešení.

Na Obr. 19 je srovnání spotřeby jednorázových a znovupoužitelných dýchacích okruhů, používaných v nemocnici I. Je vidět, že se potkávají křivky pro jednorázové okruhy měněné po 3 dnech a znovupoužitelné s výměnou po 6 dnech. Náklady na znovupoužitelné dýchací okruhy měněné po 6 dnech jsou od začátku vyšší, ale po uplynutí 28 měsíců začne být jednorázové řešení s dobou výměny po 3 dnech nákladnější.



Obr. 18: Celkové náklady dýchacích okruhů na jedno a více použití s výměnou po 6 dnech



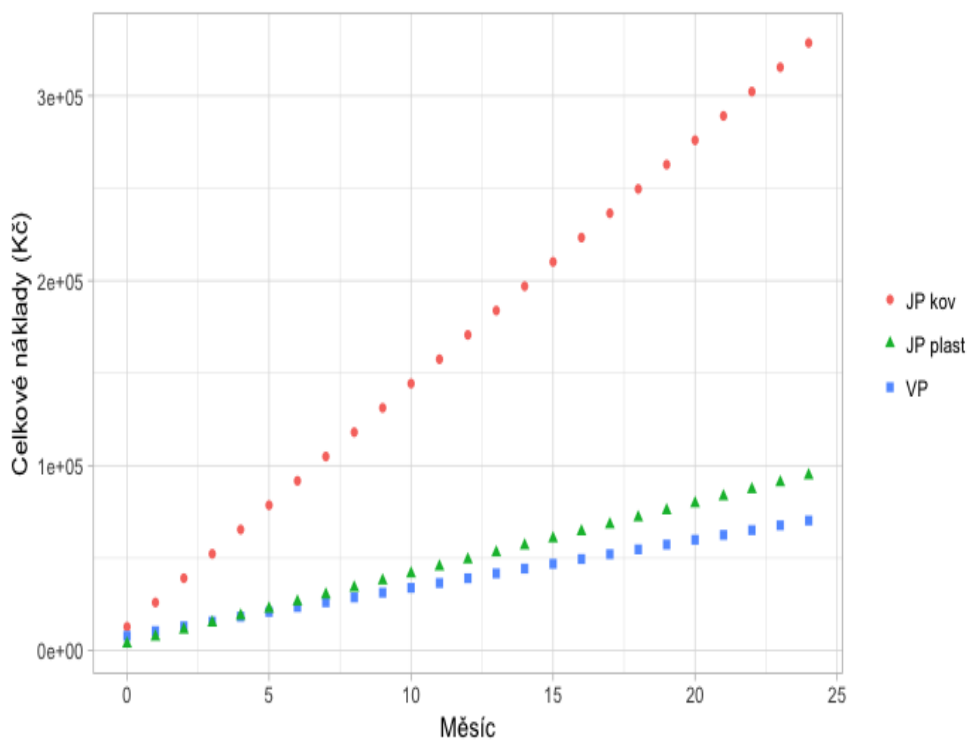
Obr. 19: Celkové náklady dých. okruhů na jedno a více použití s výměnou po 3 a 6 dnech

V Tab. 15 je srovnání celkových ročních nákladů používání různých druhů laryngoskopických lžic - znovupoužitelných kovových, jednorázových plastových a jednorázových kovových.

Tab. 15: Srovnání roční spotřeby a nákladů na laryngoskopické lžice

Typ LŽ	VP	plast JP	kov JP
Množství LŽ (ks)	6	1 200	1 200
Počet použití 1 LŽ	200	1	1
Pořizovací cena LŽ (Kč s DPH)	7 913	43 560	153 912
Cena sterilizace/likvidace (Kč s DPH)	28 600	1 822	3 643
Celkové náklady (Kč)	36 513	45 382	157 555

Na Obr. 20 jsou křivky rostoucích nákladů různých typů laryngoskopických lžic za časové období 24 měsíců. Z grafu lze pozorovat, že nejnákladnějším řešením je používání jednorázových kovových laryngoskopických lžic.



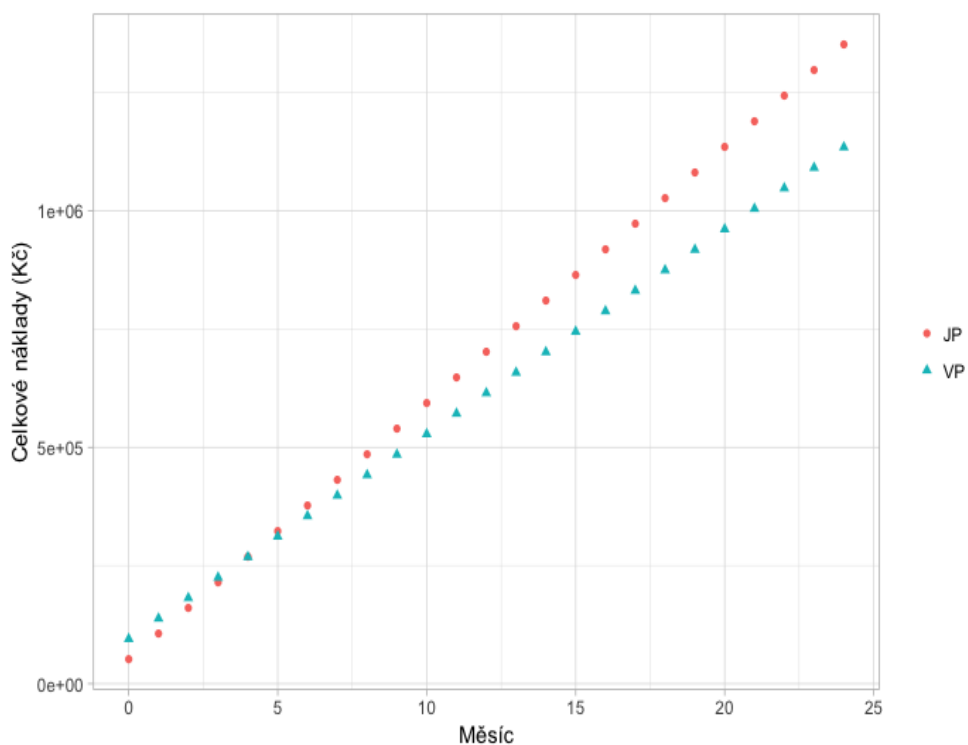
Obr. 20: Celkové náklady na používání různých druhů laryngoskopických lžic

Pořizovací náklady znovupoužitelných kovových laryngoskopických lžic jsou vyšší než pro jednorázové plastové řešení. Nicméně celkové náklady obou produktů se vyrovnávají již po 6 měsících používání. V dlouhodobém horizontu jsou náklady na užívání vícerázových kovových laryngoskopických lžic nižší než pro plastové JP.

Při volbě jednorázového řešení se za rok vyprodukuje 120 kg infekčního odpadu v případě plastových lžic a 360 kg pro případ kovových lžic na jedno použití.

Tab. 16: Srovnání roční spotřeby lahvím k odsávačkám tělních tekutin

Typ lahve	VP	JP
Množství lahví (ks)	100	10 200
Počet použití 1 lahve	128	1
Pořizovací cena lahví (Kč s DPH)	94 695	622 200
Cena sterilizace/likvidace (Kč s DPH)	476 850	25 806
Celkové náklady (Kč)	571 545	648 006



Obr. 21: Celkové náklady jednorázových a znovupoužitelných lahví k odsávačkám

V Tab. 16 je znázorněné srovnání lahví k odsávačkám v jednorázovém a zno-
vupoužitelném provedení. Opět se jedná o případ, kdy jsou na začátku pořizovací
náklady resterilizovatelných lahví vyšší, nicméně po 6 měsících používání se náklady
srovnávají s náklady za jednorázové provedení a v dlouhodobém horizontu jsou cel-
kové náklady na resterilizovatelné lahve nižší.

8 Diskuse

Za rok 2018 byla cena za odvoz a likvidaci 1 kg nebezpečného nemocničního odpadu dvojnásobně navýšena oproti předešlému roku 2017. Pokud bude tato cena i nadále stoupat, mohlo by se jednat o jednu z motivací pro ústupek od jednorázového zdravotnického materiálu. Momentálně jsou náklady na sterilizaci stále vysoké, vzhledem ke všem aspektům, které je třeba do finální ceny zahrnout (viz kapitola Náklady na sterilizaci). Nastávají situace, kdy je pořizovací cena jednorázového zdravotnického materiálu natolik nízká, že se ani v dlouhodobém časovém horizontu z finančního hlediska nevyplatí zavádět resterilizovatelné řešení. Důsledkem toho je produkce velkého množství nebezpečného odpadu s vysokým podílem plastu, které se může pohybovat v řádu stovek tun na nemocnici ročně.

Ve výsledcích lze vidět, že počáteční náklady na resterilizovatelná řešení jsou většinou dražší kvůli vyšší pořizovací ceně, nicméně z dlouhodobého hlediska je toto řešení často finančně výhodnější. Lze tak zároveň ušetřit tuny nebezpečného infekčního odpadu s vysokým podílem plastu ročně. Jednorázové řešení je ovšem firmami často nabízeno za nízké ceny (systém množstevních slev), takže se nemocnicím z ekonomického pohledu vyplatí. Další světlou stránkou jednorázových zdravotnických prostředků je minimalizace nozokomiálních nákaz a dalších infekčních onemocnění, která je určitě žádoucí. Záleží proto na tom, za jakou cenu nemocnice daný materiál vysoutěží ve výběrovém řízení a často také, jaký druh řešení jsou na daném oddělení zvyklí používat.

V modelových situacích bylo počítáno s variantou, že se všechny potřebný zdravotnický materiál nakoupí na začátku roku a slouží souběžně několik měsíců až let. V praxi se ovšem resterilizovatelné výrobky nakupují postupně. Nový prostředek se nakoupí výměnou za zdravotnický prostředek, jemuž skončila životnost či byl nějakým způsobem poškozen, (př. proříznutí silikonového dýchacího okruhu v autoklávu).

V modelovém návrhu laryngoskopických lžic se ukázalo, že znovupoužitelné kovové lžice jsou z dlouhodobého hlediska finančně výhodnější. Studie navíc poukazují na fakt, že při těžko průchodných dýchacích cestách, se intubační časy po aplikaci kovových laryngoskopických lžic výrazně zkracují v porovnání s jednorázovým

řešením. [22]

Dalším zajímavým přístupem pro zpracování dat může být analýza bezporuchovosti, kterou popisuje Weibullovo rozdělení. Stav bezporuchovosti popisuje stav přístroje v bezporuchovém stavu během jeho plného fungování až do stavu jeho poruchy. Tento časový úsek je popsán jako "doba do poruchy". Pro výpočet funkce bezporuchovosti $R(t)$ by bylo potřeba znát dobu do poruchy a intenzitu poruch $\lambda(t)$. Tyto parametry by bylo nutné odhadnout z reálných dat za delší historické časové období, a proto zůstává tento přístup otevřený dalším experimentům. [27]

9 Závěr

Cílem této práce bylo seznámit se s problematikou nakládání s odpady a s ní související legislativou, platnou na území České republiky.

Mezi zástupce zdravotnického materiálu pro vytvoření modelového návrhu byly vybrány dýchací okruhy k plicním ventilátorům, lahve k odsávačkám a laryngoskopické lžíce. Tento materiál byl vybrán na základě obdržných dat z českých nemocnic a společnosti Vamed Mediterra a.s. Vybrané zdravotnické produkty se v běžné praxi používají jak v jednorázové, tak ve znovupoužitelné variantě, což bylo podmínkou pro modelový návrh.

Na základě reálných dat byly vytvořeny modelové návrhy způsobu ročního nakládání s uvedeným zdravotnickým materiálem a byly zhodnoceny přínosy a náklady těchto situací. Pořizovací náklady resterilizovatelných zdravotnických produktů jsou většinou vyšší, přestože je jich potřeba menší množství. Nicméně celkové náklady v dlouhodobém časovém horizontu zůstávají ve většině situací nižší pro resterilizovatelné řešení. Velmi záleží na prvotních pořizovacích nákladech jednorázového zdravotnického materiálu. Cílem firem se zdravotnickým materiálem často bývá prodat co největší množství, což může výslednou pořizovací cenu za kus dostat na tak nízkou úroveň, že se resterilizovatelné řešení finančně nevyplatí ani pro dlouhodobé používání. Každopádně je třeba mít na paměti, že důsledkem nízké počáteční ceny je vysoké množství nebezpečného odpadu, dosahující stovky tun na nemocnici ročně.

Reference

- [1] Plán odpadového hospodářství ČR. Ministerstvo životního prostředí [online]. 2015. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_cr
- [2] Metodika pro nakládání s odpady ze zdravotnických, veterinárních a jim podobných zařízení [online]. Státní zdravotní ústav: Ministerstvo životního prostředí ČR, 2016. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/nakladan_s_odpady_zdravotnictvi
- [3] Hierarchie nakládání s odpady. Arnika [online]. Praha: Arnika, 2014. Dostupné z: <https://arnika.org/hierarchie-nakladani-s-odpady>
- [4] BEZPEČNÁ PŘÍPRAVA POMŮCEK A ZDRAVOTNICKÝCH PROSTŘEDKŮ UŽÍVANÝCH PRO DIAGNOSTICKO-TERAPEUTICKÉ POSTUPY A OŠETŘOVATELSKOU PÉČI O PACIENTY [online]. Brno, 2013. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1411/jaro2013/BLKHL061p/um/Sterilizace_a_dezinfekce.pdf. Masarykova univerzita v Brně.
- [5] Sterilizace nemocničního odpadu. UNIPRO ALPHA [online]. Praha, 2010. Dostupné z: <http://www.unipro-alpha.com/produkty/autoklavy-tuttnauer/parni-sterilizatory-pro-zdravotnictvi/sterilizace-nemocnicniho-odpadu/>
- [6] Centrální sterilizace - Nemocnice Na Homolce. Nemocnice Na Homolce [online]. Praha: Nemocnice Na Homolce, 2017. Dostupné z: <https://www.homolka.cz/nase-oddeleni/11635-ostatni-zdravotnicka-pracoviste/11635-centralni-sterilizace/>
- [7] Centrální sterilizace - Thomayerova nemocnice. Thomayerova nemocnice [online]. Praha: ftn.cz, 2016-2019. Dostupné z: <http://www.ftn.cz/centralni-sterilizace-36/>
- [8] Centrální sterilizace. Nemocnice Na Bulovce [online]. Praha: Nemocnice Na Bulovce, 2019. Dostupné z: <http://bulovka.cz/kliniky-a-oddeleni/centralni-sterilizace/>
- [9] Centrální sterilizace - Ústřední vojenská nemocnice ČR. ÚVN Praha - Ústřední vojenská nemocnice Praha [online]. Praha: uvn.cz, 2019. Dostupné z: <https://www.uvn.cz/cs/namestek-pro-nelekarske-zdravotnicke-profese-a-rizeni-kvality-zdravotni-pece/centralni-sterilizace>
- [10] Oddělení centrální sterilizace - Rehabilitační nemocnice Beroun. Rehabilitační nemocnice Beroun [online]. Beroun: AKESO holding, 2019. Dostupné z: <https://www.nemocnice-beroun.cz/oddeleni/oddeleni-centralni-sterilizace>

- [11] Alternatives to Incineration - Health Care Without Harm. Health Care Without Harm [online]. Health Care Without Harm, 2019. Dostupné z: <https://noharm-uscanada.org/issues/us-canada/alternatives-incineration>
- [12] What is Dioxine? Unsolved Mysteries of Human Health. Oregon State University [online]. Corvallis, Oregon, USA: Oregon State University, 2018. Dostupné z: <https://unsolvedmysteries.oregonstate.edu/flow-02>
- [13] Proč nespalovat zdravotnický odpad: Rizika odpadů ze zdravotnictví. Arnika [online]. Praha: Sdružení Arnika, červen 2012.
- [14] Oddělení emisí a zdrojů - Seznam spaloven odpadů v ČR. Český hydrometeorologický ústav [online]. ČHMÚ, 2019. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/emise/spalovny/index.html>
- [15] Dioxins and their effects on human health. World Health Organization [online]. WHO, 2019. Dostupné z: <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/dioxins-and-their-effects-on-human-health>
- [16] Chemické látky - dioxiny (PCDD/PDCF). Arnika [online]. Praha: Arnika, 2014. Dostupné z: <https://arnika.org/dioxiny-pcdd-pcdf>
- [17] NOVÁKOVÁ, Ing. Zdeňka. ZDRAVOTNICTVÍ ČR: LŮŽKOVÝ FOND 2017. Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR [online]. Praha: NÁRODNÍ ZDRAVOTNICKÝ INFORMAČNÍ SYSTÉM – EKONOMICKÉ ZPRAVODAJSTVÍ, 2018. Dostupné z: <http://www.uzis.cz/publikace/luzkovy-fond-2017>
- [18] Produkce, využití a odstranění odpadů za období 2016. Český statistický úřad [online]. Česká republika: Eurostat, 2017. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/produkce-vyuziti-a-odstraneni-odpadu>
- [19] Cévní chirurgie. VUP - Výrobce speciálních zdravotnických prostředků [online]. PUXdesign, 2018. Dostupné z: <http://www.vup.cz/cs/cevni-chirurgie>
- [20] Hospitalizovaní v nemocnicích ČR 2016: Rozvoj technologické platformy NZIS. ZDRAVOTNICKÁ STATISTIKA ČR [online]. Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR, Praha 2, Palackého nám. 4: ÚZIS ČR, 2017. Dostupné z: www.uzis.cz
- [21] BENEŠOVÁ, Bc. Lucie. Zhodnocení efektivity sterilizace ventilačních okruhů v nemocnici [online]. Kladno, 2016. Dostupné z:

- <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/67568/FBMI-DP-2016-Benesova-Lucie-prace.pdf>. Diplomová práce. ČVUT v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Katedra biomedicínské techniky. Vedoucí práce Ing. Silvie Jeřábková, MSc.
- [22] MORITZ, Andreas, Sebastian HEINRICH a IROUSCHEK. Comparison of Metal and Plastic Disposable Laryngoscope Blade with Reusable Macintosh Blade in Difficult and Inhalation Injury Airway Scenario: A Manikin Study. *The Journal of Emergency Medicine* [online]. 2017, 52(1), 8-15. DOI: 10.1016/j.jemermed.2016.07.108. ISSN 07364679. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27693076>
- [23] M.Standard / A (2). MEDIPRAX CB s.r.o. [online]. České Budějovice: MEDIPRAX CB, 2018. Dostupné z: http://mediprax.cz/index.php?id_category=15controller=categoryp=2
- [24] Centrální operační sály - Krajská nemocnice Liberec: Základní informace pro externí uživatele Sterilizačního centra KNL, a.s. Krajská nemocnice Liberec [online]. Liberec - Staré Město: Krajská nemocnice Liberec, 2016. Dostupné z: <https://www.nemlib.cz/centralni-operacni-saly/doc>
- [25] Láhev 2000ml s víčkem, HOSPIVAC. POLYMEDshop.cz [online]. Hradec Králové: POLYMED medical CZ, 2017. Dostupné z: <https://www.polymedshop.cz/z14224-lahev-2000ml-s-vickem-hospivac>
- [26] Obj.č. 15.100.072 - Bowie-Dick test pro velké parní autoklávy - startovací balení. Adz.cz - obchod nejen se zdravotnickou technikou [online]. Praha: adz.cz, 2019. Dostupné z: <https://www.adz.cz/obchod/index.php?productID=560>
- [27] NOVOTNÝ, Ing. Radovan. Weibullovo rozdělení při analýzách bezporuchovosti. *Elektrorevue* [online]. Ústav mikroelektroniky: FEKT VUT Brno, 2002. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/02017/index.html?fbclid=IwAR0HuOTYB1rr-QDX2yeVGfYN2tFdpKw59wc4.O3SLVg7wf73utPt1SYZ6mI>
- [28] PASBAN-NOGHABI, Saeid, Ali REZA MOSLEM a Naser GODARZI. Amenable Intubation by Disposable Laryngoscope Blades. *Bulletin of Emergency And Trauma* [online]. 2014, Jan(2(1)), 62-63. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4771263/>
- [29] Laryngoskop-lžíce McIntosh 3, VO, JP. POLYMEDShop.cz [online]. Hradec Králové: POLYMED medical CZ, 2017. Dostupné z: <https://www.polymedshop.cz/z12277-laryngoskop-lzice-mcintosh-3-vo-jp>
- [30] Sterilizační kontejnery. Hypokramed [online]. Praha: Hypokramed, 2010. Dostupné z: <http://www.hypokramed.cz/produkty-a-sluzby/sterilizacni-kontejnery>

- [31] Sterilizační obaly WIPAK / STERIKING. STERIPAK [online]. Modřice: Steripak, 2018. Dostupné z: <https://www.steripak.cz/product-category/wipak/sterilizacni-obaly-wipak-steriking/>
- [32] Velké parní sterilizátory. BMT Medical Technology s.r.o. [online]. Brno: BMT Medical Technology, 2019. Dostupné z: <https://www.bmt.cz/velke-parni-sterilizatory-bmt>
- [33] Elektřina - aktuální a historické ceny elektřiny, graf vývoje ceny elektřiny - 1 rok - měna CZK 1 kWh. Kurzy měn, akcie, komodity, zákony, zaměstnání [online]. Česká republika: AliaWeb, spol. s r.o., 2019. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/komodity/cena-elektriny-graf-vyvoje-ceny/index.asp?A=5idk=142curr=EURon=0unit=1>
- [34] UNGER, Scott a Amy LANDIS. Assessing the environmental, human health, and economic impacts of reprocessed medical devices in a Phoenix hospital's supply chain. *Journal of Cleaner Production* [online]. 2016, 112, 1995-2003. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.07.144. ISSN 09596526. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652615010756>

Seznam obrázků

1	Celková produkce odpadu v České republice	16
2	Produkce evropského komunálního odpadu za rok 2015 [18]	17
3	Přehled třídění, recyklace a kompostování komunálního odpadu za rok 2015 [18]	17
4	Produkce odpadů dle Eurostatu za rok 2016 (v tunách) [18]	19
5	Hierarchie nakládání s odpady v ČR [3]	21
6	Struktura sloučeniny 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxinu	28
7	Produkce komunálního a infekčního odpadu nemocnice B	31
8	Příklad cévní protézy (vlevo) a cévní záplaty (vpravo) [19]	37
9	Jednorázové dýchací okruhy (a),(b) a resterilizovatelná silikonová hadice (c)	38
10	Jednorázové lahve FLOVAC k odsávacím v provedení 1l, 2l a 2l s 1,8m hadicí	39
11	Lahve FLOVAC na více použití pro objemy 1 a 3 l, a 2l lahev Monokit	39
12	Polykarbonátové lahve HOSPIVAC k odsávacím v provedení objemu 2l, 4l a 1l	40
13	Laryngoskopická lžíce	41
14	Jednorázové laryngoskopické lžíce Miller (vel. 0, 1, 2) a McIntosh (vel. 3 a 4)	41
15	Boxplot nakoupených ZP v závislosti na měsíci v roce 2018	45
16	Boxplot použitých ZP v závislosti na měsíci v roce 2018	45
17	Celkové náklady dýchacích okruhů Weinmann na jedno a více použití [23]	50
18	Celkové náklady dýchacích okruhů na jedno a více použití s výměnou po 6 dnech	52
19	Celkové náklady dých. okruhů na jedno a více použití s výměnou po 3 a 6 dnech	52
20	Celkové náklady na používání různých druhů laryngoskopických lžic	53
21	Celkové náklady jednorázových a znovupoužitelných lahví k odsávacím	54

Seznam tabulek

1	Celková produkce odpadů v České republice [18]	16
2	Produkce odpadů v ČR dle mezinárodní klasifikace EWC-STAT Rev. 4 [18]	18
3	Produkce podnikových odpadů dle ekonomické činnosti "Zdravotní a soc. péče" [18]	18
4	Produkce podnikových odpadů dle Katalogu odpadů [18]	19
5	Parametry sterilizace sytou vodní parou [4]	23
6	Seznam spaloven odpadu v ČR s uvedeným množstvím spáleného odpadu (<i>t/rok</i>)	27
7	Produkce odpadů z OHTS fakultní nemocnice ČR	30
8	Přehled nesterilního obvazového materiálu	34
9	Přepočet roční spotřeby nesterilního materiálu pro všechny nemocnice v ČR	34
10	Přehled výkonů na oddělení kardiologie fakultní nemocnice A	35
11	Přehled použitých operačních materiálů na oddělení kardiologie	36
12	Cena jednoho cyklu sterilizace zdravotnického materiálu [24]	44
13	Srovnání roční spotřeby dýchacích okruhů Weinmann na 1 lůžko [23]	50
14	Srovnání roční spotřeby dýchacích okruhů na 1 lůžko nemocnice I	51
15	Srovnání roční spotřeby a nákladů na laryngoskopické lžíce	53
16	Srovnání roční spotřeby lahvím k odsávacím tělních tekutin	54