



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV PROCESNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF PROCESS ENGINEERING

NAKLÁDÁNÍ S INFEKČNÍM ODPADEM

MANAGEMENT OF INFECTIOUS WASTE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Karel Martinek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Eva Konečná

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav procesního inženýrství
Student:	Karel Martinek
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Eva Konečná
Akademický rok:	2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Nakládání s infekčním odpadem

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Pro odpad produkovaný zdravotními zařízeními platí řada konkrétních pravidel, která musí být dodržována, aby byla zajištěna bezpečnost při manipulaci s odpadem. Tyto pravidla se však mohou v jednotlivých státech lišit. Přístup jednotlivých zemí se často liší i na úrovni jednotlivých krajů. Bakalářská práce poskytne ucelený přehled o stavu nakládání s infekčním odpadem vznikajícím ve zdravotnictví v rámci České republiky a porovnání přístupu s dalšími zeměmi.

Nabízené téma bakalářské práce je rešeršního charakteru. Práce je vhodná pro studenty, kteří se chtějí seznámit s problematikou nakládání s nebezpečnými odpady vznikajícími především ve zdravotních zařízeních.

Cíle bakalářské práce:

1. Rešerše o odpadech ze zdravotnictví – stručný popis přístupu v rámci ČR a dalších vybraných zemích.
2. Porovnání přístupů k problematice nebezpečných odpadů v jednotlivých zemích.
3. Srovnání využívání dostupných metod pro dekontaminaci a likvidaci infekčního odpadu.

Seznam doporučené literatury:

STEHLÍK, Petr. Up-to-Date Waste-to-Energy Approach, From Idea to Industrial Application. 1. 1. Cham, Switzerland: Springer International Publishing AG, 2016. 115 s. ISBN: 978-3-319-15466- 4.

KOVÁŘ, Lukáš. Metody nakládání s infekčním odpadem z nemocničních provozů [online]. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2018 [cit. 2018-09-19]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/82621>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Ústav procesního inženýrství. Vedoucí práce Eva Konečná.

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

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Petr Stehlík, CSc., dr. h. c.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

Cílem práce je přehled pravidel zpracování, manipulace a likvidace odpadu ze zdravotnických zařízení v České republice a porovnání přístupu s dalšími zeměmi. Legislativa zabývající se zpracováním nebezpečného odpadu se v jednotlivých zemích liší. Mírné odlišnosti jsou pozorovány i v koncepci jednotlivých krajů ČR. Stále častěji je infekční odpad před konečnou likvidací spálením dekontaminován. Práce poskytuje základní informace o dekontaminačních metodách, jejich výhody či nevýhody a srovnání některých z nich.

Klíčová slova

infekční odpad, dekontaminace, zpracování odpadu, odpad ze zdravotnictví

ABSTRACT

The aim of the thesis is the summary of processing rules, handling and disposal of waste from medical facilities in the Czech Republic and comparison of approach with other countries. Legislation of dangerous waste varies from country to country. Slight differences are also observed in the conception of individual regions of Czechia. Increasingly, infectious waste is decontaminated before final disposal by incineration. The thesis provides basic information, advantages or disadvantages of individual decontamination methods and comparison of some of them.

Key words

infectious waste, decontamination, waste treatment, medical waste

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MARTINEK, K. *Nakládání s infekčním odpadem*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2019. 42 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Eva Konečná.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Nakládání s infekčním odpadem vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Jméno a příjmení

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Evě Konečné za cenné připomínky a rady, které mi poskytla při vypracování závěrečné práce.

podpis

Obsah

1 Úvod.....	14
2 Legislativa.....	16
2.1 Definice infekčního odpadu	16
2.2 Definice dekontaminace infekčního odpadu.....	16
2.3 Legislativa Evropské Unie	16
2.4 Česká legislativa	17
3 Praxe v České republice.....	19
3.1 Produkce odpadů.....	19
3.2 Dekontaminační metody	19
3.3 Metodiky jednotlivých krajů.....	19
4 Specifika legislativy a praxe ve vybraných zemích	24
4.1 Spojené království.....	24
4.2 Německo	24
4.3 Spojené státy americké	25
5 Metody dekontaminace a likvidace infekčního odpadu.....	27
5.1 Parní sterilizace.....	27
5.2 Metody suchého tepla	29
5.3 Mikrovlnné systémy	30
5.4 Ozařování	31
5.5 Chemická dekontaminace	31
5.6 Elektrotermická metoda	32
5.7 Spalování odpadu.....	32
5.8 Sterilizační drtič	33
5.9 Srovnání využívání jednotlivých metod	34
6 Závěr	35
Seznam použitých zdrojů	36
Seznam použitých symbolů a zkratk.....	42

1 Úvod

Zodpovědné zpracování nebezpečného odpadu je nezbytné k zajištění čistého životního prostředí, proto pro něj platí přísná pravidla. Zvláštní kapitolou nebezpečného odpadu je infekční odpad pocházející zejména ze zdravotnických zařízení. Infekce představuje velké nebezpečí zvláště v době zvyšující se migrace obyvatelstva, kdy jsou pro její šíření hranice států pouhou křivkou na mapě [1]. Systém nakládání a skladování infekčního odpadu je v České republice (dále jen ČR) na různé úrovni, problémy při nakládání s ním však sehrává především lidský faktor. [2]

Bezpečný systém nakládání s infekčním odpadem by měl zahrnovat použití dekontaminačních procesů přímo ve zdravotnickém zařízení. Dále důsledné třídění vzniklého zdravotnického odpadu a jeho následné bezpečné skladování nejlépe v chlazených skladech, aby se zamezilo dalšímu množení patogenů. Následně jeho bezpečná přeprava a likvidace. Obecně se prosazuje likvidace nebezpečných odpadů ze zdravotnictví spalováním. [2]

V ČR se ve zdravotnických zařízeních za rok 2017 vyprodukovalo celkem 33 910 tun nebezpečného odpadu, z čehož 93 % je zařazeno mezi odpad nebezpečný skrze rizika infekce. Zbytek tvoří nepoužitelná léčiva, odpadní amalgám, ostré předměty, části lidských těl či různé nebezpečné chemikálie. Produkce tohoto odpadu plynule roste, od roku 2009 se zvýšila zhruba o 4 600 tun, což je vidět v grafu produkce na Obr. 1. [3]



Obr. 1 Vývoj produkce nebezpečného odpadu ve zdravotnictví [3].

Velkým rizikem je například nákaza z kontaminovaných injekcí. I přesto, že se četnost takovýchto nákaz díky snahám o omezení opětovného použití těchto nástrojů neustále snižuje, ještě v roce 2010 byly tyto injekce zodpovědné za 2,1 milionu nákaz hepatitidou (B nebo C) a HIV na světě. Jednou z příčin nákaz bývá nedostatečná ochrana zaměstnanců při ručním třídění, čištění a manipulaci s odpadem, což jsou stále ještě běžné metody v mnoha regionech světa. [4]

V rozvinutých zemích je problémem spíše nepřipravenost na nenadálé epidemie velmi nebezpečných chorob. Toto téma otevřela především epidemie eboly v roce 2014, která propukla v západní Africe [5]. Do Evropy a USA dorazilo několik nakažených, přičemž šlo většinou o zdravotníky, kteří nemocné v Africe ošetřovali [5]. Virus eboly se řadí mezi vysoceinfekční organismy [6]. Například ve Spojených státech amerických neexistovala před

vypuknutím této epidemie žádná legislativa, která by se nakládáním s takto kontaminovanými odpady zabývala, a připravenost země na podobné epidemie stále není dostačující [6].

Cílem této práce je poskytnout srovnání produkce a zpracování infekčního odpadu mezi ČR, Německem, Spojeným královstvím a USA, ačkoliv ohledně tohoto tématu panuje v každé ze zemí různá míra transparentnosti. Dále pak popsání jednotlivých metod dekontaminace infekčního odpadu: dekontaminace metodou parní sterilizace, metodou suchého tepla, mikrovlnnou technologií, pomocí sterilizačního drtiče aj.

2 Legislativa

2.1 Definice infekčního odpadu

Infekční odpady jsou takové odpady, které jsou kontaminovány biologickými činiteli (bakterie, viry, plísně, paraziti apod.), krví, močí, hnisem a dalšími tělními tekutinami. Jde o velmi rizikový druh odpadu, na který jsou kladeny speciální nároky vzhledem k prevenci šíření infekce. [7, 8]

Mezi infekční odpad lze dále zařadit použité chirurgické materiály, materiál z dialyzačních zařízení, použité nemocniční podložky, pleny, odpad z laboratoří zpracovávající biologický materiál apod. Infekční odpad je také veškerý odpad z infekčních oddělení nemocnic včetně zbytků ze stravování. [9]

Mezi infekční odpad naopak nepatří odpad dekontaminovaný, což je takový odpad, který byl zbaven infekčnosti v zařízení, které je schváleno příslušným krajským úřadem nebo obcí s rozšířenou působností podle zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech. Tento již spadá do kategorie odpadů, na jejichž sběr a odstraňování nejsou kladeny zvláštní požadavky s ohledem na prevenci infekce. [10]

Největší riziko souvisí vždy s nakládáním s použitými ostrými předměty, kde hrozí poranění o jehlu, čepel skalpelu či střepy [9].

2.2 Definice dekontaminace infekčního odpadu

Dekontaminace se definuje jako soubor postupů a metod k účinnému odstranění nebezpečné látky nebo vlastnosti této látky [11]. Dekontaminace je upřesněna pojmy dezinfekce a sterilizace.

- Dezinfekce se zabývá odstraněním patologických mikroorganismů [11].
- Sterilizace je definovaná jako zničení všech mikrobiologických organismů [11].

Úplné zničení všech mikroorganismů je však v praxi velice problematické, proto se zavádí 4 úrovně sterilizace dle mezinárodní směrnice [11].

Při dekontaminaci odpadů ze zdravotnických zařízení je považován odpad za sterilní, jestliže přežije nanejvýše 0,000 1 % původních organismů. Jedná se tedy o takzvanou třetí úroveň sterilizace. [11]

2.3 Legislativa Evropské Unie

V Evropské Unii (dále jen EU) se nebezpečným odpadem zabývá:

- Rozhodnutí Komise 2000/532/ES o seznamu odpadů [8].
- Rámcová směrnice 2008/98/ES o odpadech [12].
- Sdělení komise o technických pokynech pro klasifikování odpadu C/2018/1447 [13].
- Nařízení č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí [14].

Rozhodnutí Komise 2000/532/ES o seznamu odpadů (častěji se používá termín „katalog odpadů“) říká, že každý druh odpadu musí být určen šestimístným číslem, které umožní podnikům a příslušným orgánům rozhodnout, zda je odpad nebezpečný nebo nikoli [13]. V ČR je tento dokument převzat jako vyhláška č. 93/2016 Sb. o katalogu odpadů [8].

Infekční odpady jsou podle evropské směrnice 2008/98/ES o odpadech definovány jako takové, které obsahují životaschopné mikroorganismy nebo jejich toxiny, o kterých je známo nebo lze spolehlivě předpokládat, že způsobují onemocnění člověka nebo jiných živých organismů. Ve směrnici je dále vysvětleno, že se přiřazení vlastnosti HP 9 posuzuje podle pravidel stanovených v referenčních dokumentech nebo právních předpisech v členských zemích EU. [15]

Podle nařízení EU č. 1272/2008 však pro konkrétní infekční mikroorganismy neexistují žádná kódová označení jako pro jiné nebezpečné látky [14]. Touto klasifikací se naopak zabývá Organizace spojených národů (dále jen OSN) ve svém doporučení o přepravě zboží, které rozděluje infekční mikroorganismy na kategorie „A“ a „B“ [16]:

- Kategorie „A“: Mikroorganismy, které mohou způsobit trvalé následky, život ohrožující onemocnění nebo přímo smrt jinak zdravému člověku nebo zvířeti [16].
- Kategorie „B“: Všechny infekční mikroorganismy, které nespádají do kategorie „A“ [16].

2.4 Česká legislativa

V ČR se obecně nebezpečným odpadem zabývá vyhláška č. 93/2016 Sb. o katalogu odpadů, která se řídí evropským rozhodnutím Komise 2000/532/ES (zmněno výše). Odpad ze zdravotnictví spadá podle této české i evropské legislativy do kategorie 18 01, konkrétně odpad infekční má pak označení 18 01 03*, kde hvězdička zdůrazňuje jeho nebezpečnost. Naopak odpad, který prošel některým z dekontaminačních procesů, které jsou popsány v kapitole 5, se označuje kódem 18 01 04. Je to takový odpad, na jehož sběr a odstraňování již nejsou kladeny zvláštní požadavky s ohledem na prevenci infekce, proto se u něj již hvězdička nepíše. [8, 10, 17]

Vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, která je v souladu s Evropskou směrnicí 2008/98/ES o odpadech, říká, že všechny prostředky a místa pro shromažďování nebezpečného odpadu musí být označeny písemně názvem odpadu, katalogovým číslem, kódem a názvem nebezpečné vlastnosti, nápisem: „nebezpečný odpad“ a výstražným grafickým symbolem pro nebezpečnou vlastnost. Pro vlastnost odpadu: „infekčnost“ se používá označení HP 9 a výstražný symbol na Obr. 2. [12, 18]



Obr. 2 Symbol pro infekční odpad HP 9 [18].

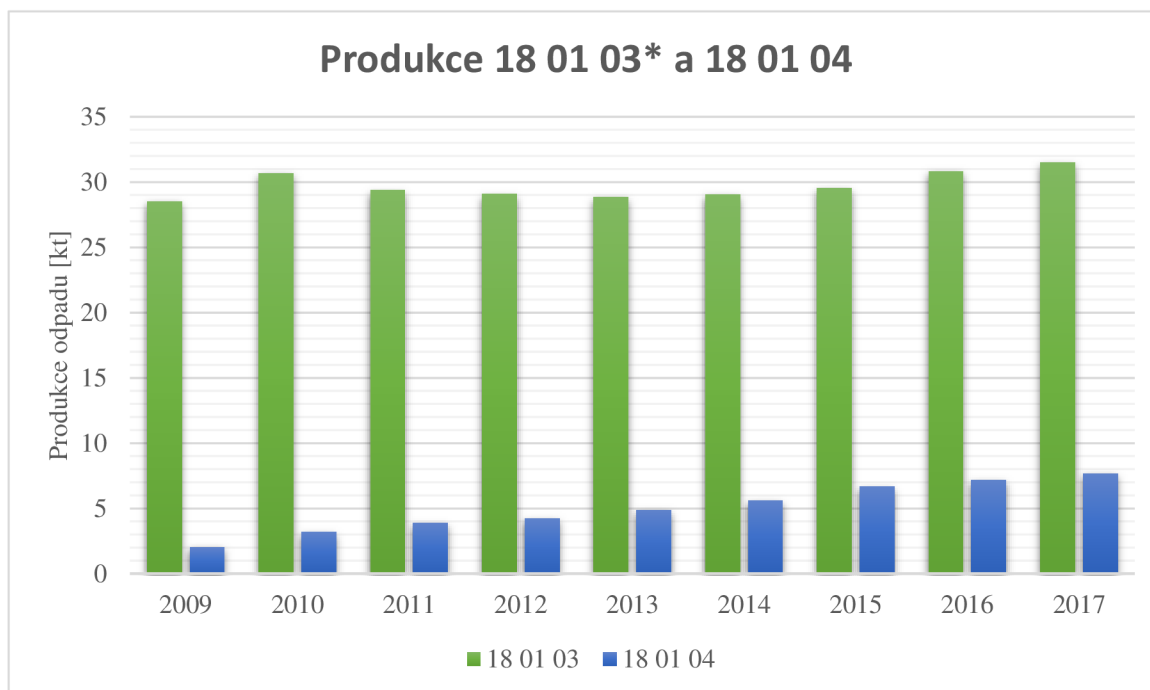
Kromě předepsaného značení se doporučuje používání žlutě označovaných sběrných a shromažďovacích prostředků, které musí být uzavíratelné, nepropustné a z mechanicky odolných materiálů. Ty musí být spalitelné bez nutnosti další manipulace s odpadem. Odpad musí být shromažďován v uzamčeném, nepovolaným osobám nepřístupném prostoru a nesmí se překládat z jednoho obalu do druhého ani dodatečně třídit. Přechnodné shromáždění před transportem k likvidaci nesmí být delší než 3 dny. Po dobu až 1 měsíce lze však infekční odpad skladovat v mrazicím nebo chlazeném prostoru při teplotě do 8 °C. [9]

Skládkovat je možné pouze v případě vytríděných odpadů, které prokazatelně nebyly kontaminovány, a spadají tedy do kategorie 18 01 04 (např.: nekontaminované obvazy, sádrové obvazy, prádlo, oděvy na jedno použití, pleny). Nebezpečný odpad ze zdravotnictví tedy skládkován být nesmí. [21]

3 Praxe v České republice

3.1 Produkce odpadů

V ČR není dekontaminace infekčního odpadu před jeho konečnou likvidací běžnou praxí, což dokládá srovnání roční produkce odpadu kategorií 18 01 03* a 18 01 04. Produkce odpadu 18 01 03* je nyní totiž zhruba 4× vyšší než 18 01 04. Ovšem ještě v roce 2009 nebyl rozdíl kategorií čtyřnásobný, nýbrž čtrnáctinásobný. V té době bylo v provozu jen zhruba 10 dekontaminačních zařízení. Vývoj produkce těchto dvou kategorií mezi lety 2009 a 2017 je vidět v grafu na Obr. 3. [3, 22]



Obr. 3 Produkce odpadu kategorie 18 01 03* a 18 01 04 [3].

Zcela odlišná praxe panuje v Německu, kde je dekontaminace infekčního odpadu, již v místě jeho vzniku, zavedenou praxí, poměr produkce těchto dvou kategorií je pak zcela opačný. Produkce odpadu 18 01 03* je dokonce 3× nižší než v ČR. [3, 23]

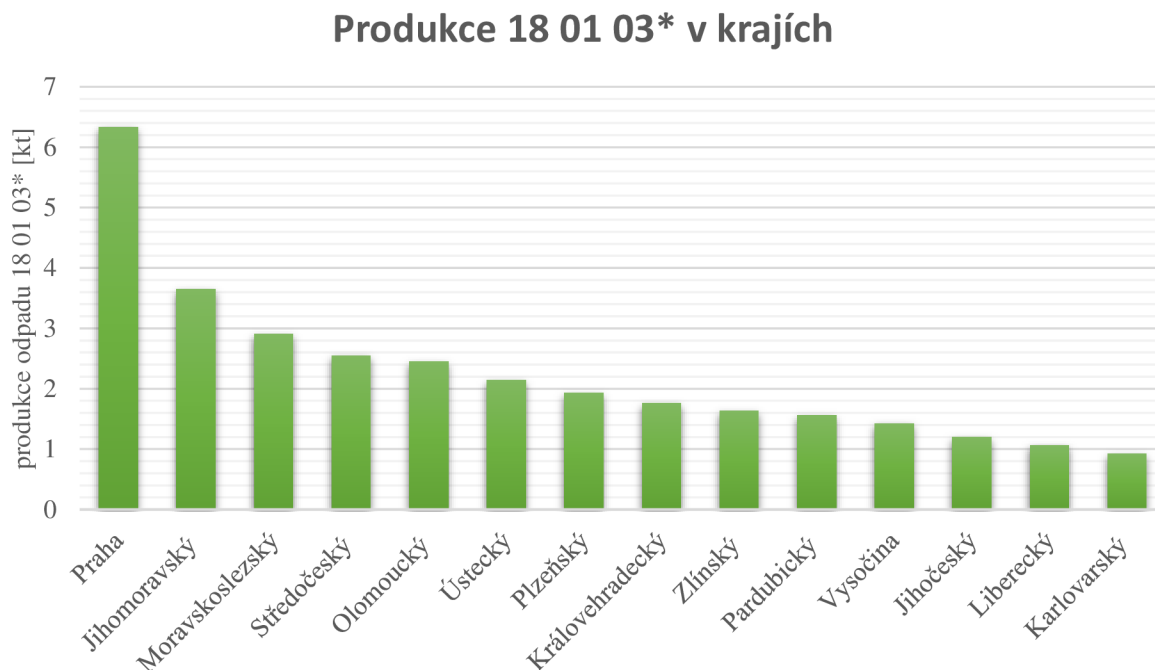
3.2 Dekontaminační metody

V ČR je dekontaminační úprava využívána stále častěji, avšak stále ještě nejde o běžnou praxi. Nejvíce se používá autoklávování a mikrovlnná dekontaminace. Po dekontaminaci se odpad většinou spaluje v běžné spalovně komunálních odpadů. Výjimečně je drcen a ukládán na skládku. Rychlejšímu zavedení úpravy odpadu z hlediska odstranění infekčnosti ve zdravotnických zařízeních brání poměrně vysoká pořizovací cena zařízení a velká náročnost na disciplinovanost zdravotnických pracovníků při separaci odpadů v místě jeho vzniku. [22]

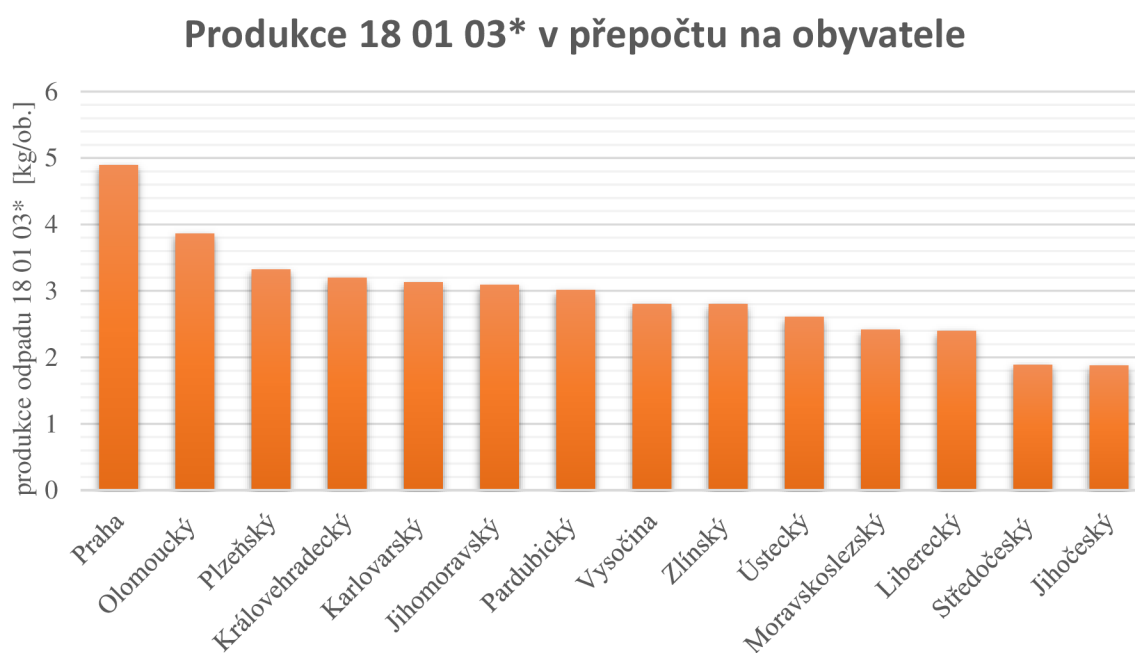
3.3 Metodiky jednotlivých krajů

V jednotlivých krajích ČR se míra produkce zdravotnických odpadů liší. Nejvíce infekčního odpadu se vyprodukuje v Praze (6,3 kt), nejméně v Karlovarském kraji (0,9 kt). V přepočtu na jednoho obyvatele je produkce odpadu nejvyšší rovněž v Praze (4,9 kg/ob.),

nejnižší však v kraji Jihočeském (1,9 kg/ob.), přehled všech krajů můžeme vidět v grafech na Obr. 4 a 5. [2]



Obr. 4 Produkce odpadu 18 01 03* v jednotlivých krajích (2017) [4].

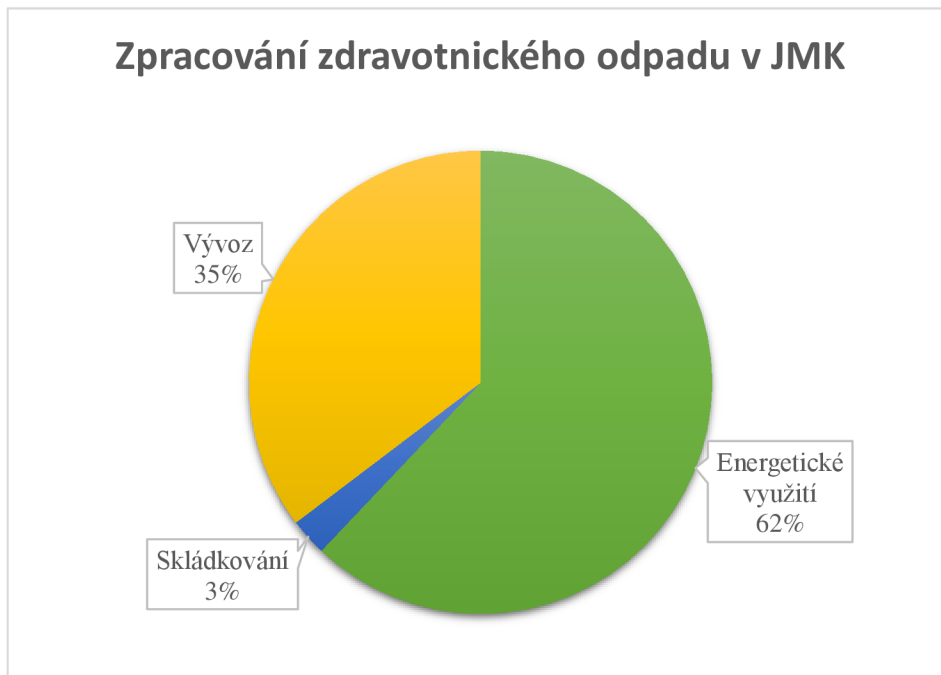


Obr. 5 Produkce odpadu 18 01 03* v přepočtu na 1 obyvatele daného kraje (2017) [3].

K podrobnějšímu srovnání byly vybrány kraje Jihomoravský a Moravskoslezský, protože oba mají zhruba stejný počet obyvatel (1,2 milionu), avšak kapacita spaloven nebezpečného odpadu, které mohou infekční odpad likvidovat, se značně liší.

Metodika Jihomoravského kraje

V Jihomoravském kraji (dále jen JMK) existují 2 spalovny, které likvidují nebezpečný odpad [19]. Bohužel, z veřejně dostupných dat nelze určit, jaký podíl infekčního odpadu spalují. Primárně se infekční odpad spaluje v zařízení Nemocnice Znojmo s kapacitou 730 tun odpadu ročně, kde odpad ze zdravotnických zařízení tvořil v roce 2013 78,22 % [19]. Odpad z Fakultní nemocnice v Brně však likviduje spalovna EKOTERMEX v Pustiměři na Vyškovsku, která zpracovává i další nebezpečné odpady [24]. Kapacita této spalovny je 3 500 tun nebezpečného odpadu ročně, z čehož odpad ze zdravotní péče tvořil v roce 2013 58,6 % [19]. Jak je patrné z grafu na Obr. 6, tyto spalovny zdaleka nestačí, velká část odpadu musí být vyvážena do jiných krajů nebo skládkována. Jak již ale bylo zmíněno v kapitole 2.4, skládkován smí být pouze přísně vytríděný odpad 18 01 04 [21].



Obr. 6 Zpracování zdravotnického odpadu v roce 2013 (JMK) [3, 19].

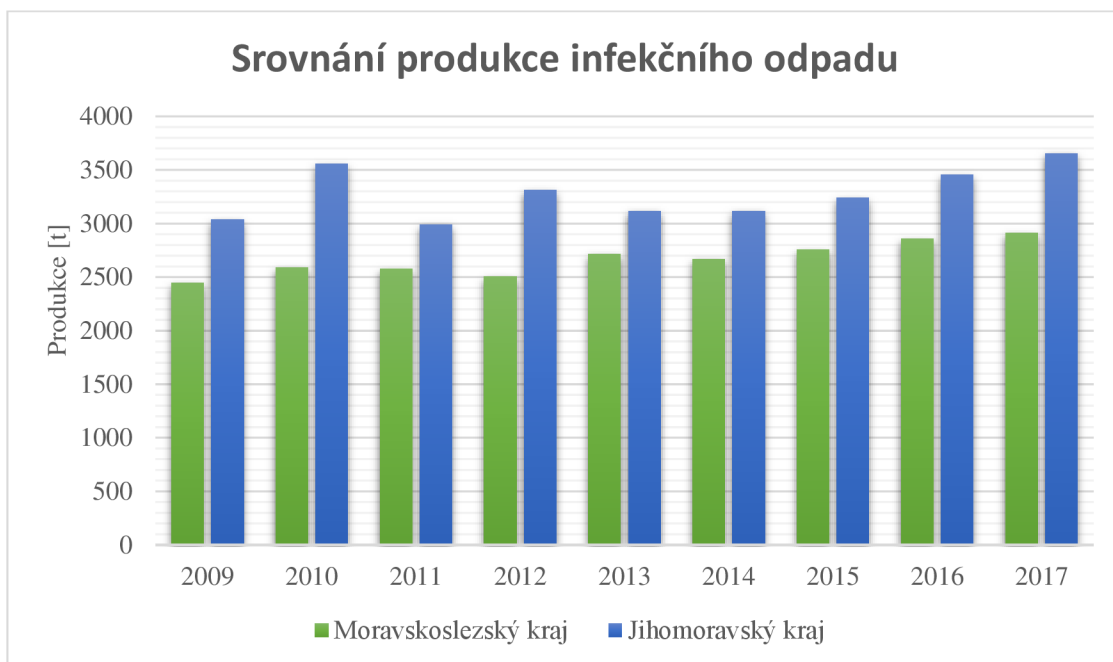
Největšími producenty zdravotnického odpadu jsou Fakultní nemocnice Brno, Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně, Nemocnice Znojmo, Nemocnice Vyškov a společnost Bioveta [19]. Celkem těchto pět největších producentů vyprodukovalo cca 40 % odpadů ze zdravotnictví v kraji [19]. Zbýlých 60 % zahrnuje dalších 17 nemocnic, 2 810 jiných ambulantních zařízení a další zdravotnické provozy, ústavy a laboratoře v kraji [25]. Z plánu odpadového hospodářství JMK vyplývá, že v roce 2013 bylo 35 % tohoto odpadu vyvezeno do jiných krajů [19]. Odhaduje se, že zhruba 90 % z veškerého odpadu z nemocnic podskupiny 18 01 tvoří odpad infekční (18 01 03*) [26].

Kdyby však byla veškerá kapacita jihomoravských spaloven nebezpečného odpadu využita ke spalování odpadu infekčního, pak by kapacita stačila, vzhledem k produkci 3 652 tun infekčního odpadu za rok 2017 a současné celkové kapacitě 4 230 tun ročně, kterou disponují obě spalovny dohromady [3, 19].

Metodika Moravskoslezského kraje

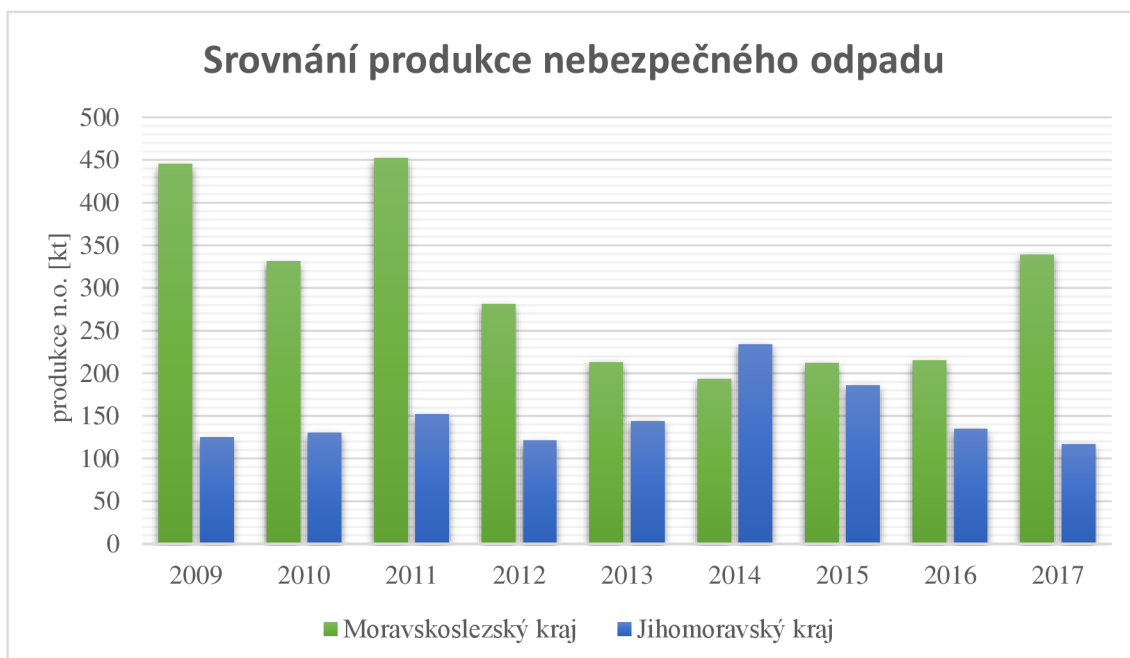
V Moravskoslezském kraji (dále jen MSK) je veškerý nebezpečný odpad ze zdravotnictví spalován [2]. V kraji se nachází jediná spalovna nebezpečného odpadu SUEZ v Ostravě s celkovou kapacitou 21 200 t/rok, která tak pokrývá veškerou produkci nebezpečného odpadu

ze zdravotnictví v kraji, která v roce 2017 dosáhla 3 376 t, z čehož odpad infekční tvořil 86,20 % [2, 3]. Vývoj produkce infekčního odpadu 18 01 03* vidíme v grafu na Obr. 7.



Obr. 7 Srovnání produkce infekčního odpadu v JMK a MSK [3].

Ostatní nebezpečný odpad je likvidován hlavně na skládkách nebezpečného odpadu, kterých je v kraji 7 a jejich celková kapacita je cca 350 kt, což je dnes postačující [2]. Zajímavý je vývoj produkce nebezpečného odpadu v kraji, který je ve srovnání s JMK poměrně nestabilní, jak je vidět v grafu na Obr. 8 [3].



Obr. 8 Vývoj produkce nebezpečného odpadu v MSK a JMK [3].

V Plánu odpadového hospodářství Moravskoslezského kraje pro období 2016–2026 je uvedeno, že v posledních třech letech došlo k významnému poklesu produkce nebezpečného odpadu, a proto lze předpokládat, že sběrná síť je pro takovou produkci dostatečná. Tento plán

byl vydán v lednu 2016, jak ale můžeme z grafu na Obr. 8 vyčíst, tak už v roce 2017 produkce odpadu významně vzrostla téměř k hodnotě maximální kapacity kraje zmíněné výše. [2]

4 Specifika legislativy a praxe ve vybraných zemích

4.1 Spojené království

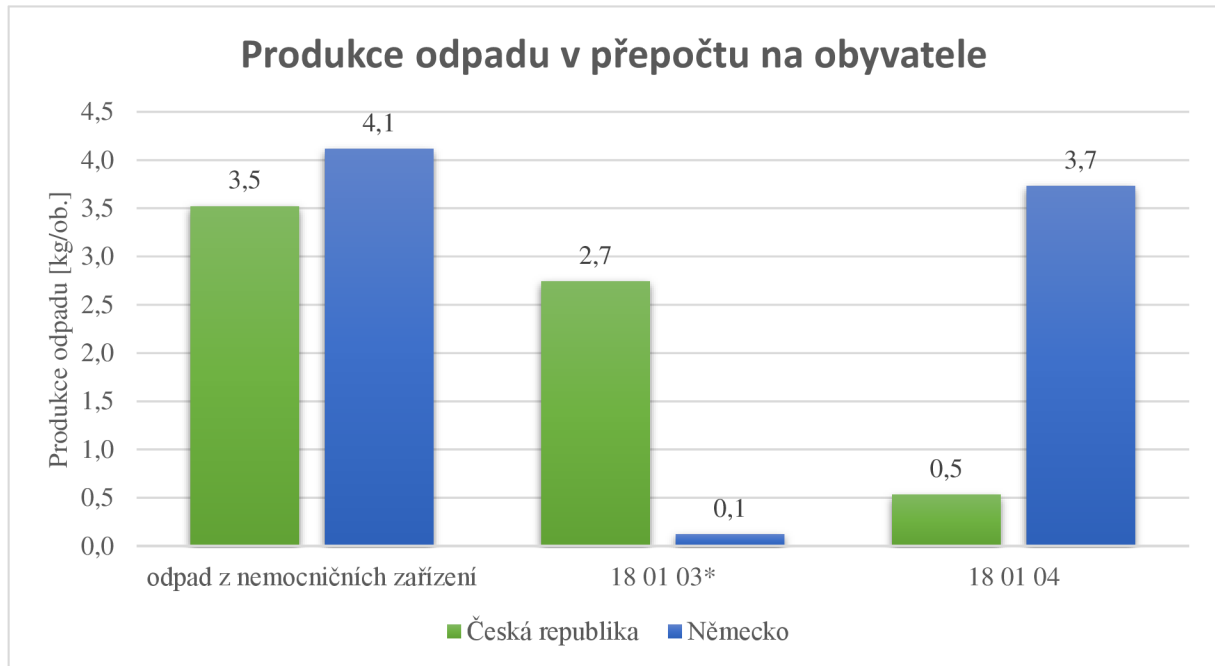
Na rozdíl od ČR se ve Spojeném království rozlišuje odpad infekční a vysoce infekční. Toto rozdělení respektuje kategorie nebezpečnosti mikroorganismů na skupiny „A“ a „B“ podle OSN, jak bylo zmíněno v kapitole 2.3. Vysoce infekční odpad (skupina A) se označuje *žlutě*. Takový odpad se musí zlikvidovat spálením. Odpad označený pouze jako infekční (skupina B) se označuje *oranžově*, ten může být uveden dekontaminací do bezpečného stavu. [27]

Odpad musí být skladován v dobře větraných a suchých prostorech odděleně od ostatního odpadu. Prostory musí být nepřístupné nepovolaným osobám a zabezpečeny proti vniknutí hmyzu. Nesmí se také nacházet v blízkosti potravinářských provozů. Na rozdíl od ČR není legislativa ve Spojeném království tolik přísná ohledně maximální doby přechodného skladování v místě vzniku odpadu (povoleno až 12 měsíců) a neplatí žádná teplotní omezení, což může být způsobeno rozdíly v klima těchto dvou zemí, kdy ve Spojeném království nejsou letní vlny veder tolik běžné, a tak silné jako v ČR. [27]

Ve Spojeném království bohužel není vedena veřejně dostupná statistika produkce infekčního odpadu. Při podrobnějším zkoumání však lze dohledat dílčí statistiky z některých nemocnic. Taková statistika byla vypracována v největší nemocnici hrabství Cornwall na jihovýchodě Anglie v roce 2005. Z této statistiky vyplývá, že se v tomto roce podílel infekční odpad 55 % na celkové produkci odpadu této nemocnice. Toto procento je značně nižší než v ČR, kde je podíl infekčního odpadu v nemocnicích odhadován až na 90 %, jak bylo uvedeno v předchozích kapitolách. [26, 28]

4.2 Německo

Německo je zemí s více než 8× více obyvateli než ČR, proto má jejich zdravotnictví přirozeně více pacientů a tím i větší produkci odpadu. Ačkoli německé zdravotnictví produkuje 9× více odpadu než české, tak se v tuzemsku vyprodukovalo téměř 3× více odpadu infekčního (18 01 03*), kdežto odpadu kategorie 18 01 04, ke kterému se řadí odpad dekontaminovaný, se v ČR vyprodukuje zhruba 55× méně [3, 23]. Z uvedených dat v grafu na Obr. 9, je tedy patrné, že v dekontaminaci infekčního odpadu za Německem značně zaostáváme [3, 23]. Rozdílnost je dána zejména tím, že v Německu je kladen větší důraz na předcházení vzniku odpadů, důsledné třídění odpadů, lepší vybavenost a technologie než v ČR [29]. Také je zde lepší vzdělávání a metodické vedení zaměstnanců zaměřené na nakládání s odpady [29].



Obr. 9 Produkce odpadů v přepočtu na obyvatele (2014) [3, 23].

Pro shromažďování infekčního odpadu platí v Německu podobná pravidla jako v ČR. Odpad musí být řádně označen katalogovým číslem a symbolem pro biologické nebezpečí. Odpad může být přechodně skladován v řádně větraných a chlazených prostorách při teplotě do 15 °C maximálně týden, při teplotách nižších než 8 °C po konzultaci s hygienikem i déle. [9, 30]

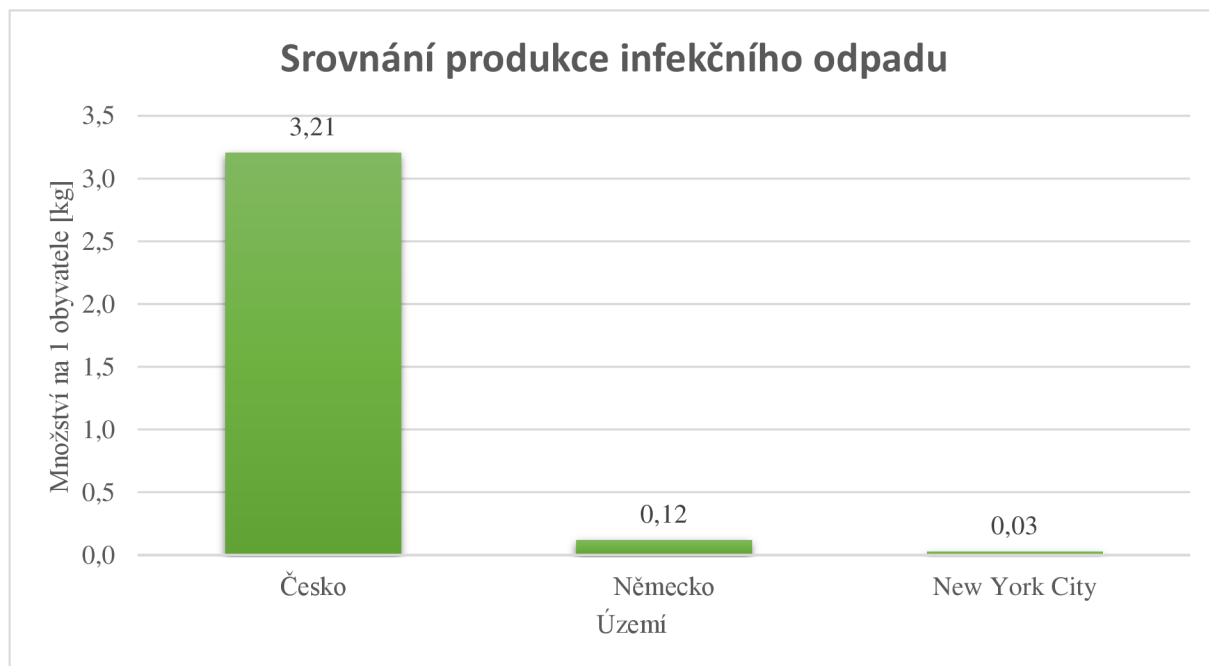
Pro dekontaminaci infekčního odpadu se využívají výhradně termické procesy. Každá technologie musí být schválena Ústavem Roberta Kocha. Téměř výhradně se používají vakuové autoklávy, kdy je vzduch nejdříve odveden přes filtr a teprve poté se dovnitř vpouští pára, což je nejefektivnější, ale i nejdražší typ autoklávy. [11, 31]

4.3 Spojené státy americké

Veškerá právní úprava nakládání s odpadem ze zdravotnictví je na úrovni jednotlivých států, žádný federální zákon se touto problematikou nezabývá [32]. Na federální úrovni sice existují kódová označení pro různé druhy nebezpečného odpadu, medicínský nebo infekční odpad však takové označení nemá [33]. To je velmi rozdílný přístup oproti ČR, respektive oproti celé EU, kde se členské státy řídí katalogem odpadů, který definuje jednotlivé kategorie nebezpečného odpadu a popisuje postup, jak odpad zařazovat [11].

Například ve státě New York se pro nebezpečný odpad ve zdravotnictví užívá pojem: „*regulated medical waste*“ zkratkou RMW. Musí být skladován ve speciálních *červených* plastových pytlech a označen znakem nebo nápisem: „biohazard“. Dočasné skladování infekčního odpadu je možné v prostorech stranou od veřejně přístupných míst, chráněné vůči proniknutí hmyzu, po dobu maximálně 30 dní. Pokud však odpad nepřekročí hmotnost 22,7 kg a je produkován pouze v zařízení, které ho i skladuje, pak je možné tuto dobu zdvojnásobit. Na rozdíl od Německa nebo Česka není skladování omezeno teplotou. Za porušování směrnic ohledně zpracování infekčního odpadu hrozí velmi vysoké sankce, které se odvíjejí od doby, po jakou byla směrnice porušována. Společnostem hrozí pokuta až 50 000 USD/den, k tomu odpovědným osobám až 10 000 USD za každý den prokázáno porušování předpisů. [34, 35]

V New York City, kde žije 19,5 milionu obyvatel, je ročně vyprodukováno zhruba 240 tun infekčního odpadu [35]. V New Yorku je tedy produkce infekčního odpadu přibližně 115× nižší než v České republice a 4× nižší než v Německu [3, 23, 35]. Tento propastný rozdíl ilustruje graf na Obr. 10. Rozdíl může být způsoben dostupností zdravotní péče, respektive náklady obyvatel na péči, kvůli tamějšímu systému zdravotního pojištění, který ani zdaleka nezaručuje bezplatnou péči, jak je tomu v ČR [36]. Je tedy pravděpodobné, že Newyorčané nechodí k lékaři tak často jako Češi nebo Němci. Zdravotnictví je však v USA na vysoké úrovni, je tedy pravděpodobné, že je zde stejně jako v Německu kladen větší důraz na předcházení vzniku odpadů a důsledné třídění, než je tomu v České republice. Také zde může být lepší vzdělávání a metodické vedení zaměstnanců zaměřené na nakládání s odpady.



Obr. 10 Srovnání produkce infekčního odpadu v Česku, Německu a New York City v přepočtu na 1 obyvatele [3, 23, 35].

Ke zneškodnění infekčního odpadu se používá buďto spalování, nebo dekontaminace. Mezi povolené dekontaminační metody patří parní sterilizace, chemická dezinfekce a elektrotermická metoda. [37]

5 Metody dekontaminace a likvidace infekčního odpadu

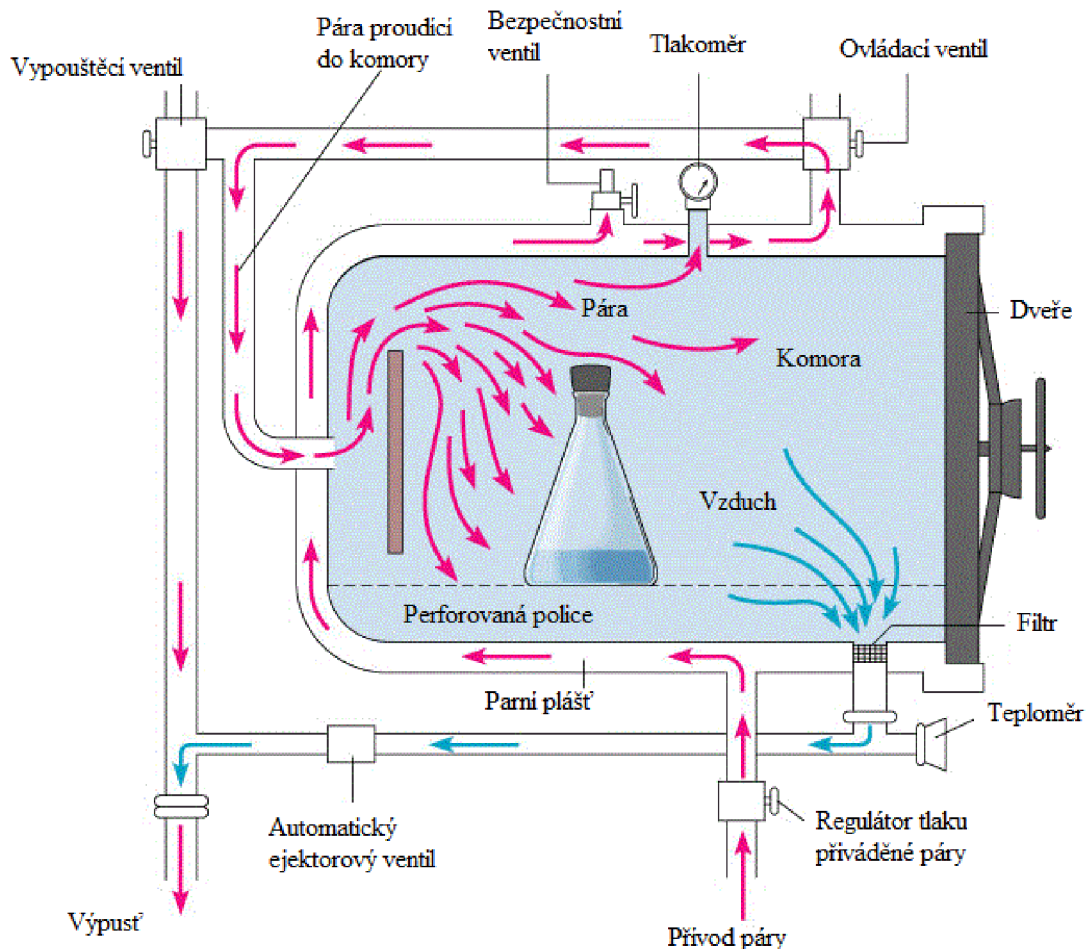
V této kapitole budou popsány jednotlivé dekontaminační technologie, jejich výhody a nevýhody, četnost jejich využívání v praxi a u nepoužívanějších metod jejich energetická náročnost.

5.1 Parní sterilizace

Parní sterilizace (neboli metoda mokrého tepla) je jedna z nepoužívanějších metod sterilizace infekčního odpadu. Vysoká teplota spolu s vysokým tlakem tvoří pro mikroorganismy smrtelné prostředí, které se vytváří pomocí horké páry v autoklávu. Toto zařízení je schopné sterilizovat celou řadu materiálů. Zejména ostré předměty, měkký odpad zahrnující gázy, bandáže, obvazy a jiné. Avšak u patologického materiálu s velkým průměrem (např. části těl) nemusí být pronikání vysokého tlaku a teploty skrze hmotu dostačující. Problémem dekontaminace do hloubky je vzduch, který v tkáních zůstává a bohužel je i velmi účinným izolantem, který brání prostupu tepla v materiálu. [11]

Autokláv tvoří kovová nádoba navržena tak, aby odolávala vysokým teplotám a tlakům. Do nádoby je potrubím přiváděna horká pára a stejně tak je z něj i odváděna spolu se zbylým vzduchem. Některé autoklávy mají vytápěný vnější plášť obklopující stěny nádoby, což snižuje kondenzaci vody na vnitřních stěnách komory. [11]

Zjednodušené schéma autoklávu je vyobrazeno na Obr. 11.



Obr. 11 Zjednodušené schéma autoklávu [38].

Autoklávy se od sebe liší způsobem realizace přívodu páry nebo metodami odstraňování vzduchu. Nejeftivnějším a nejnákladnějším typem je autokláv vakuový, kdy je téměř všechny vzduch nejdříve vypuštěn přes velmi účinný HEPA filtr a poté je teprve uskutečněno působení horkou parou. [11]

Pořizovací cena, provozní náklady a dopad na životní prostředí se liší podle toho, jakým způsobem daný autokláv hospodaří s vodou a jaká je cena vody v daném regionu [39]. Oproti jiným metodám se však dají považovat pořizovací a provozní náklady za relativně nízké, stejně tak nízký je i dopad na životní prostředí [40]. Nevýhodou všech autoklávů je nutnost použití drtiče před samotným tepelným procesem, jelikož, jak bylo výše zmíněno, autoklávy mají problémy se sterilizací odpadů o větším průměru [40]. Tyto drtiče jsou pak náchylné k mechanickým poruchám [40]. Další nevýhodou je vysoká spotřeba vody zejména u starších modelů [39].

Autoklávy se používají k různým účelům, nejen ve zdravotnictví. Vyrábí se v různých velikostech, od objemu 50 ml pro laboratorní využití až 2 300 m³ v rámci technologického procesu při konstruování trupu letadla [41, 42]. Většina zdravotnických center však používá autoklávy o objemu 80 až 160 litrů [43]. Velké nemocnice pak používají autoklávy o objemu i více než 1 000 litrů [44, 45].

Paradoxní je fakt, že voda spotřebovaná k produkci páry je pouze minoritní složkou celkového množství vody, které je k procesu dekontaminace potřeba. Jako příklad autokláv společnosti Yuesen Med o objemu komory 1 500 litrů spotřebuje 45 kg páry při jednom pracovním cyklu, avšak celkově 450 litrů vody [45]. Velké množství vody je spotřebováno k chlazení zkondenzované odpadní vody, která je odváděna výpustí do kanalizace, jelikož teplota této vody bývá omezena stavebními předpisy. U starších typů autoklávů se voda v předem daném poměru jednoduše mísí se studenou, což vede k její neúměrně vysoké spotřebě. Velké množství vody je potřeba také pro generování vakua. K tomu se využívá proudové čerpadlo s Venturiho trubicí nebo čerpadlo s kapalinovým kroužkem. Voda, kterou čerpadla využívají, však nebývá dále využívána a je odváděna kanalizací. [39]

Úspory lze snadno docílit připojením nádrže, do které je přiváděna odpadní zkondenzovaná pára spolu se studenou vodou. Přívod studené vody je řízen podle teploty v nádrži pomocí termostatu. Návratnost této investice je velmi rychlá, zhruba 3 až 6 měsíců podle ceny vody v dané oblasti. [39]

Nejúspornější typy autoklávů využívají recirkulace vody v čerpadlech, kdy je tato voda navíc využita i jako chlazení zkondenzované odpadní páry přes tepelný výměník na výpustí. Úpravou klesá spotřeba až o 85 % a návratnost investice je podle ceny vody mezi 2 až 5 lety. Stále častěji se v zařízeních, které autoklávy provozují, používá chladicích okruhů. Pomocí dalšího výměníku tepla, který je na tento okruh připojen, se pak docílí nulové spotřeby vody, kterou tak stačí napustit pouze jednou. V praxi je však přípojka vody pro bezpečnost ponechána, aby v případě potřeby okruh nouzově zchladila. [39]

Parametry dekontaminačního cyklu autoklávů určuje zákonná úprava daného území, na kterém je autokláv provozován. Jako příklad jsou uvedeny minimální požadavky pro dekontaminační cyklus ve Spojeném království v Tab. 1.

Tab. 1 Minimální parametry dekontaminačního cyklu ve Spojeném království [46].

Teplota [°C]	Tlak [bar]	Výdrž na teplotě [min.]
121	1,15	15
126	1,5	10
134	2,25	3

V Německu jsou Institutem Roberta Kocha předepsány ještě podrobnější parametry cyklů pro každý schválený model autoklávu zvlášť. Například systém Miele musí při tvorbě vakua dosáhnout tlaku vzduchu 50 mbar, poté dojde k napuštění páry do tlaku 400 mbar a opětovnému vysátí směsi na původních 50 mbar, podobný proces vysátí směsi a natlakování párou se ještě dvakrát opakuje za tlaku do 300 mbar. Poté teprve může začít samotný dezinfekční proces při mírném přetlaku buď za teploty 105 °C po dobu 25 minut nebo o 5 minut kratší cyklus o teplotě 115 °C. [31]

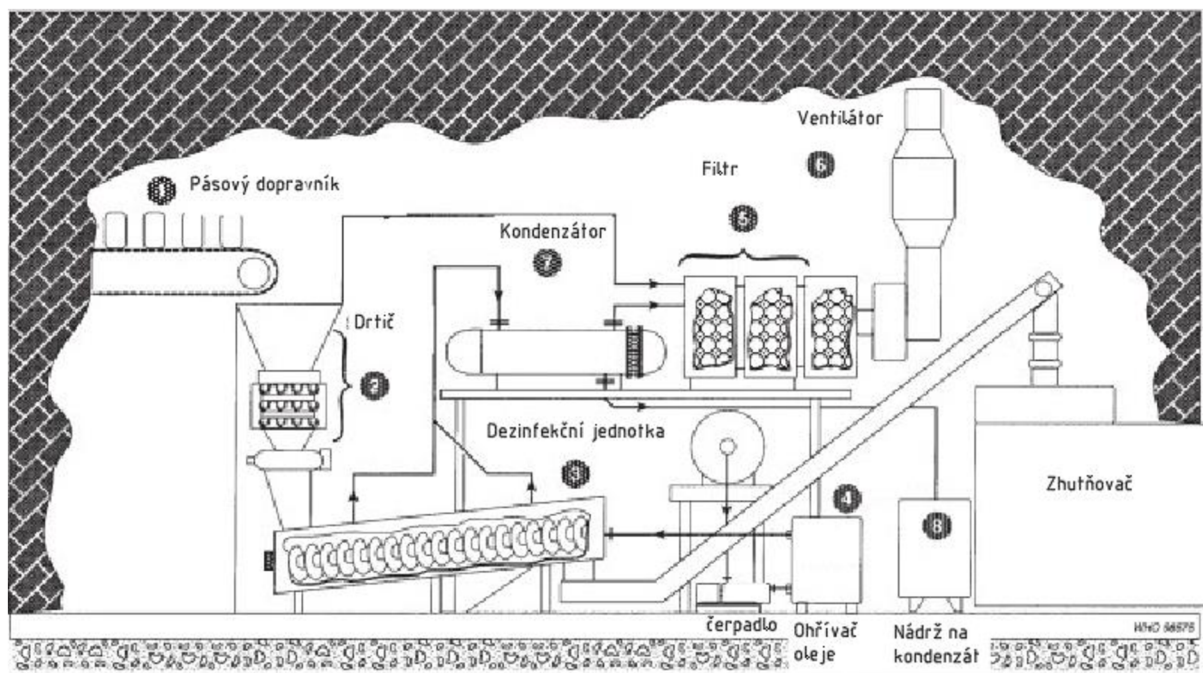
5.2 Metody suchého tepla

Jak název napovídá, při dekontaminaci těmito metodami není používána vodní pára. Ve srovnání s parní sterilizací je pořizovací cena stejná nebo mírně vyšší. Jejich instalace je však levnější, jelikož nepotřebují přípojku vodu, zdroj páry a zařízení mají nižší hmotnost. [47]

Metoda šroubového podavače

Materiál je nutné před zahájením dekontaminace drtit na částice o průměru menším než 25 mm. Šroubový podavač je zahříván na teplotu 110 až 140 °C pomocí oleje, který proudí skrze středovou hřídel. Délka této operace je zhruba 20 minut. Procesem dojde také ke snížení objemu odpadu o 80 % a snížení hmotnosti o 20 až 35 %. [11, 40]

Schéma dekontaminační jednotky je vyobrazeno na Obr. 13.



Obr. 13 Schéma dekontaminace pomocí šroubového podavače [40].

Metoda je vhodná pro dekontaminaci ostrých předmětů, má však mnoho nevýhod, mezi které patří přežití některých houževnatých spór, které dokážou suchému teplu odolávat. Další nevýhodou je nutnost vypořádat se s kapalinami, které se mohou v průběhu procesu vylučovat z ošetřovaného materiálu. Tyto nevýhody jsou důvodem, proč se jedná o jen velmi zřídka používanou metodu. [11, 40]

Metoda dekontaminace v inkubátoru

Inkubátorem se rozumí izolovaná komora, do které je z tlakové láhve přiváděn buď oxid uhličitý nebo peroxid vodíku. Komora inkubátoru je zahřívána na 125 až 180 °C, podle konkrétního modelu. Nevýhodou je délka pracovního cyklu, například inkubátoru od

společnosti Panasonic v režimu plnění peroxidem vodíku za teploty 180 °C trvá jeden dekontaminační cyklus necelé 3 hodiny. Dekontaminační cyklus modelu EuroClone, který pracuje za teploty 125 °C s oxidem uhličitým pak 12 hodin. Některé inkubátory jsou přizpůsobeny k používání obou plynů, podle preference zákazníka, případně jsou vybaveny regulátory jeho koncentrace. [48, 49]

Inkubátory se vyrábí většinou v menších objemech než autoklávy, tudíž je vzhledem k delšímu času cyklů zapotřebí jich pořizovat více, pokud je nutné zpracovat stejné množství materiálu [47].

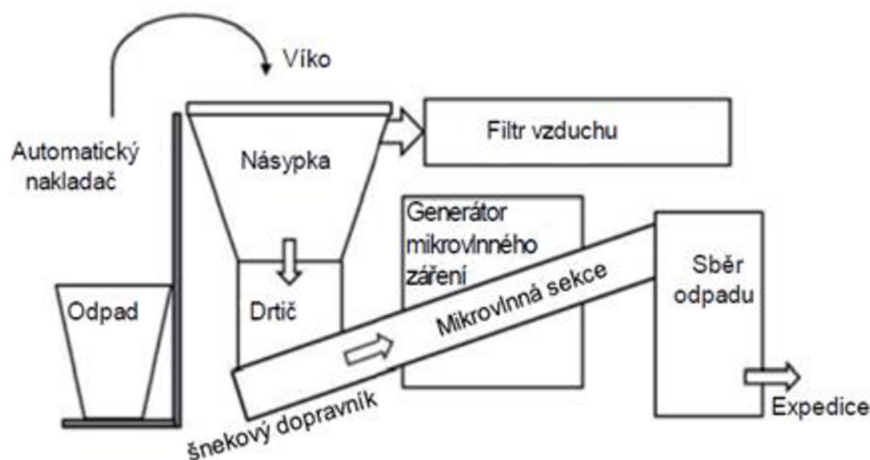
5.3 Mikrovlnné systémy

Tato technologie funguje na principu působení mikrovlnného záření na ošetřovaný materiál. Pro zpracování touto technologií jsou vhodné tkaniny potřísněné krví, gázy nebo bandáže. Naopak nelze ošetřovat kovové materiály či takové, kterým po vystavení mikrovlnnému záření hrozí exploze nebo dokonce chemická přeměna na látku ještě nebezpečnější. [11, 50]

Zařízení se obvykle skládá z komory, do které je soustředěna mikrovlnná energie, a generátorů mikrovln. Obvykle se používá 2 až 6 takovýchto generátorů, každý o výkonu okolo 1,2 kW. Stejně jako u běžné „mikrovlnky“ probíhá přenos tepelné energie, který je zprostředkován mikrovlnným zářením o frekvenci okolo 2,45 GHz. Záření způsobí zvýšení frekvence kmitání molekul vody, což se projeví zvýšením teploty. [11]

Existují dva základní druhy systémů: dávkové a polo-automatizované přístroje. [11]

- Dávkové systémy jsou navrženy pro manipulaci s 30 až 100 litry odpadu, nejčastěji bývají naprogramovatelné na cyklus o délce 30 až 60 minut [11].
- Poloautomatizované systémy jsou navrženy pro větší množství odpadu, zhruba okolo 250 kg/hod (3 000 tun ročně). Systém je složen z automatického nakládacího přístroje, ze kterého odpadní materiál padá do násypky. V průběhu této operace je velice důležité, aby nedocházelo k úniku patogenů do ovzduší. Z násypky odpad putuje do drtiče a následně je šnekovým dopravníkem přepraven do výše zmíněné komory, kde je soustředěna mikrovlnná energie. Schéma je vyobrazeno na Obr. 14. [11, 50]



Obr. 14 Schéma poloautomatického mikrovlnného dekontaminačního systému [50].

Srovnání spotřeby elektrické energie této a 2 předešlých technologií v kapitolách 5.1 a 5.2 je z dostupných zdrojů velmi obtížné, jelikož není známa přesná spotřeba elektrické energie během cyklu všech zmíněných metod. Rovněž se liší časy cyklů. Lze však říci, že mikrovlnná technologie je ze všech doposud zmíněných nejméně efektivní, jelikož výrobce zařízení ECOSTERYL 250, pracující na mikrovlnné technologii, uvádí, že rychlost zpracování materiálu je 4000 l/hod. Průměrný elektrický výkon tohoto zařízení během cyklu je zhruba 60 kW. Při srovnání s inkubátorem Panasonic, který pracuje na principu suchého tepla, vyšlo najevo, že i kdyby zařízení Panasonic pracovalo na maximální možný elektrický výkon, spotřebovalo by při zpracování stejného objemu odpadu zhruba 2× až 3× méně energie. Podobně vychází zmíněné mikrovlnné zařízení ve srovnání s autoklávem MK-Technology. [51, 52, 53]

5.4 Ozařování

Dekontaminace infekčního odpadu ozařováním je v praxi spíše výjimečná, záření bývá používáno spíše ke sterilizaci nástrojů a jiného znovupoužitelného materiálu. K dekontaminaci mohou být používány tři způsoby ozařování: UVC záření, ozařování svazkem elektronů a gama záření. [54]

Ultrafialové záření

Dekontaminace ultrafialovým zářením (dále jen UV záření) se používá jen jako doplňková metoda například při ošetření povrchu drtičů odpadu, které se používají u výše zmíněných metod [54]. Zdrojem ultrafialového záření je germicidní ultrafialový zářič (germicidní UV lampa) s vlnovou délkou světla 253,7 nm [11, 55]. Toto záření je prokazatelně zhoubné pro všechny živé organizmy. Jedná se o druh UV záření, které proniká do největší hloubky buněčného materiálu, čímž působí největší škody (tzv. UVC záření) [55].

Elektronové záření

Elektronové paprsky mají dostatečnou sílu, aby pronikly skrz odpadní pytle a obaly. Oproti gama záření je však jeho pronikavost nižší. Výhodou elektronového záření je možnost jeho přesného nasměrování a možnost jeho libovolného zapínání a vypínání, což je jeho hlavní výhoda oproti zářiči gama, který září neustále. [54]

Gama záření

Gama záření je produkováno zářičem z radioaktivního kobaltu 60 [56]. Materiál se ozářením gama zářičem nestává radioaktivním [56]. Nevýhodou tohoto způsobu je fakt, že působení gama záření nelze přesně nasměrovat tak, jako je tomu u záření elektronového, což má za následek nižší efektivitu sterilizace [54]. Záření také nelze nijak „vypnout“, hrozí proto nebezpečí úniku zbytkové radiace po skončení procesu [54]. Výhodou je vysoká pronikavost ve srovnání s elektronovým svazkem, je tedy možné dekontaminovat větší množství odpadu najednou [54].

5.5 Chemická dekontaminace

K chemické dekontaminaci jsou používány látky na bázi chloru, oxidu vápenatého, ozonu, peroctové kyseliny a dalších chemikálií. Klíčové je zajistit dostatečný kontakt použité látky s mikroorganismy. Zařízení bývají proto často vybavena drtiči a míchacími systémy, i přesto má chemická dekontaminace horší výsledky než jiné metody. Další nevýhodou je, že samotné dekontaminační látky jsou, již z podstaty svého účelu, velmi nebezpečné pro člověka i obecně pro životní prostředí. Hrozí také nebezpečí vzniku neočekávaných nežádoucích reakcí dekontaminačních chemikálií s látkami obsaženými v odpadu. [54]

5.6 Elektrotermická metoda

Tato metoda využívá ohmického tepla, které se generuje vlivem procházení elektrického proudu ošetřovaným materiálem, přičemž je k tomuto účelu střídavý proud účinnější než proud stejnosměrný. Používá se nízké napětí o velikosti 18 V. Byla dokázána účinnost této metody pro inaktivaci bakterií *Escherichia coli* (zkr. *E. coli*) v odpadní vodě, avšak pro běžný infekční odpad metoda nevyužívána není. [58]

5.7 Spalování odpadu

Spalování je proces, který probíhá za teplot od přibližně 200 °C do více než 1 000 °C. Cílem spalování je zmenšit objem a hmotnost odpadu a zničit nebezpečné biologické činitele v něm obsažené. Principem je suchý oxidační proces, při němž se transformují hořlavé, organické látky na látky nehořlavé, anorganické. Nevýhodou procesu je vypouštění škodlivin do ovzduší, které je nutno filtrovat, a tvorba popela. Při spalování nebezpečného odpadu ze zdravotnictví jsou mezi těmito vypouštěnými škodlivinami hlavně oxidy dusíku a těkavé látky, např.: kovy a halogenvodíkové kyseliny. [50]

Podmínkou spalování je minimální výhřevnost materiálu 8,4 MJ/kg. Zdravotnický odpad, který běžně obsahuje vysoké množství plastu tuto hranici zhruba 2× překračuje, ačkoliv některé druhy odpadu, zejména ty s vysokým obsahem vody, mají výhřevnost nižší [50]. O typu spalovny rozhoduje, zdali je odpad nebezpečný nebo nikoli [22]. Odpad dekontaminovaný se mezi nebezpečný odpad neřadí, a proto může být spalován ve spalovně komunálního odpadu, kdežto odpad infekční pouze v zařízení tomu uzpůsobeném (spalovny nebezpečného odpadu) [22]. V ČR je typické spalování odpadu bez jeho předchozí dekontaminace, např. ve spalovně SUEZ v Ostravě-Třebovicích s kapacitou 21 200 t/rok [2, 22]. K likvidaci infekčního odpadu jsou především pyrolytické spalovny a spalovny s rotačními pecemi [50].

Pyrolytické spalovny

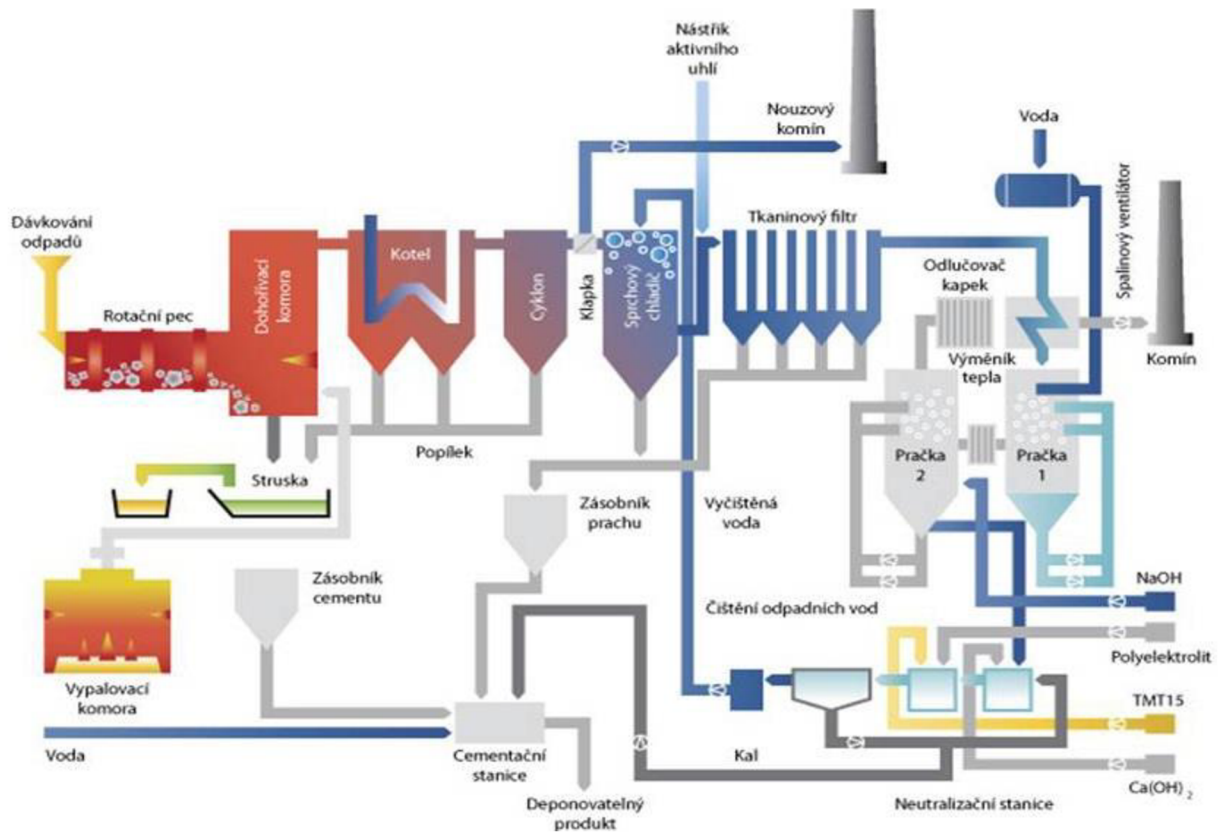
Při pyrolytickém spalování se používá menší než stechiometrické množství kyslíku. Proces se odehrává ve dvou komorách: primární a sekundární. V primární komoře dochází za sníženého obsahu kyslíku k termickému rozkladu odpadu v teplotním rozmezí 800 až 900 °C po dobu 1 až 4 hodin. Produktem hoření jsou popel a plyny. Plynné emise z primární komory jsou za vysoké teploty spáleny v komoře sekundární (v teplotním rozmezí 1 100 až 1 600 °C). Teplota hoření v sekundární komoře nesmí klesnout pod spodní hranici 1 100 °C. Pokud by se tak mělo stát, chybějící tepelná energie musí být dodána plynovým hořákem. Jedním z hlavních účelů sekundární komory je zamezit vypouštění oxidu uhelnatého do ovzduší. [50]

Spalovny s rotačními pecemi

Primárním účelem rotačních pecí je spalování chemického odpadu. Vhodnou úpravou však mohou být používány pro velkokapacitní spalování zdravotnického odpadu. Rotační pece spalují odpad při 800 až 1 200 °C, při rychlosti zpracování do 10 t/hod. Nevýhodou rotačních pecí jsou jejich vysoké náklady na provoz, což zahrnuje i vysokou spotřebu energie. [50]

Rychlost rotace se pohybuje mezi 2 až 5 otáčkami za minutu. Celá pec je odkloněna od horizontální osy o 2 až 3°. Podobně, jak je uvedeno u pyrolytických spaloven, jsou i zde vzniklé plyny po výstupu z pece spalovány za vysokých teplot v sekundární komoře. [11]

Schéma rotační spalovny určené ke spalování nebezpečného odpadu z nemocnic a průmyslu je vyobrazeno na Obr. 15.



Obr. 15 Spalovna nebezpečného odpadu s rotační pecí [59].

5.8 Sterilizační drtič

Sterilizační drtič je novým typem dekontaminačního zařízení. Odpad je v něm nejdříve rozdrcen na velmi jemné části, přičemž se mechanickým třením v průběhu drcení ohřívá. Pro účinnou sterilizaci je nutné dosáhnout minimální teploty 151 °C, přičemž k ohřevu na požadovanou teplotu musí dopomoci elektrický topný šnek na obvodu komory drtiče. Po dosažení této teploty je do komory vpuštěna voda, která se přemění na páru a po dobu tří minut velmi účinně sterilizuje obsah komory zařízení. Po skončení sterilizačního procesu je voda vypuštěna, dekontaminovaný odpad ochlazen na zhruba 60 °C a přesunut do připravených nádob. Tímto procesem se dosáhne redukce hmotnosti odpadu na polovinu a zmenšení objemu o zhruba 70 %. Výsledný produkt lze kvalifikovat jako: „palivo vyrobené z odpadu“ s označením 19 12 10. Spalovat je však možno pouze ve speciálních kotlích za teplot vyšších než 800 °C, jelikož produkt obsahuje velké množství plastů. Výhřevnost tohoto paliva se pohybuje kolem 25 MJ/kg, což je téměř jako výhřevnost hnědého uhlí, která se pohybuje kolem 27 MJ/kg. [11, 60]

Například sterilizační drtiče Converter se vyrábí o objemu komory od 135 do 5 000 l. Nejmenší dokáže za jednu hodinu zpracovat 25 až 40 kg odpadu, největší pak 400 až 600 kg. Celkový instalovaný výkon zařízení je u nejmenšího modelu 75 kW, u největšího 600 kW. K procesu je potřeba poměrně velké množství vody, pokud není ke sterilizačnímu drtiči připojeno žádné recirkulační zařízení. Za jednu hodinu provozu je spotřeba vody dle výrobce u nejmenšího modelu 1 200 l, u největšího pak dokonce 20 000 l, v běžném provozu však může být spotřeba i více než o polovinu vyšší. Při použití recirkulačního zařízení je podle výrobce možné spotřebu vody snížit o 95 %. Sterilizační drtiče vyžadují velmi dobré odvětrávání prostoru, ve kterém jsou umístěny, jelikož je jimi produkováno množství polétavého prachu. [61, 62]

5.9 Srovnání využívání jednotlivých metod

Nejširší využití ze všech dekontaminačních metod má jednoznačně parní sterilizace v autoklávech, která se používá na ostré předměty, měkký odpad zahrnující gázy, bandáže, obvazy a jiné. Problém však nastává u předmětů s větším průměrem, kdy je potřeba použít mechanický drtič. Tento problém může eliminovat sterilizační drtič zmíněný výše, který rovněž používá ke sterilizaci horkou páru. Oproti jiným metodám je nutné mít jak k autoklávu, tak ke sterilizačnímu drtiči, přípojku vody. Autoklávy se dále dělí na ty s integrovaným generátorem páry a na ty, do kterých je potřeba páru přivést z externího zařízení. Naopak do sterilizačních drtičů se pára nepřivádí, nýbrž se sama tvoří v dekontaminační komoře po kontaktu přiváděné vody se zpracovávaným odpadem. Spotřebu páry u autoklávu nelze snižovat. Redukovat lze pouze vodu nutnou pro čerpadlo k vytváření vakua a vodu, která se mísí se zkondenzovanou odpadní párou, čímž ji ochlazuje. Redukce spotřeby vody je možná instalací recirkulačního zařízení či instalací tepelného výměníku pro chlazení zkondenzované odpadní páry. [11, 39, 61, 62, 63]

Podobné možnosti využití jako parní sterilizace má i sterilizace suchým teplem v inkubátoru, je však časově náročnější, jelikož délka jednoho dekontaminačního cyklu je oproti parní sterilizaci několikanásobná. Délka pracovního cyklu také přímo souvisí s náročností instalace, jelikož je pro stejné množství odpadu nutné použít více zařízení, než by bylo nutné u sterilizace parní. Zařízení potřebují zdroj elektrického napětí, nepotřebují ale přípojku vody. Úzké využití má pak sterilizace ve šroubovém podavači, která je vhodná zejména pro ostré, kovové předměty. Obecně je však metoda suchého tepla oproti parní sterilizaci v autoklávu méně komplikovaná a bezpečnější, jelikož pracovníci obsluhující autoklávy jsou vystaveni většímu riziku popálení unikající horkou párou po skončení dekontaminačního procesu, musí proto kromě rukavic s dlouhými rukávy používat i ochranné brýle nebo v některých případech dokonce obličejové štíty. [11, 47, 64]

Kovové předměty jsou překážkou ve využívání mikrovlnné metody sterilizace, která je tak vhodná zejména pro kontaminovaný obvazový materiál. Zejména automatické mikrovlnné systémy jsou však o mnoho bezpečnější než sterilizace v autoklávu nebo v inkubátoru metodou suchého tepla. Výsledný produkt sterilizace totiž samovolně padá do sběrné nádoby stejně jako u sterilizačního drtiče, není potřeba ho z dekontaminační komory vykládat manuálně. Nevýhodou jsou však velké rozměry automatických zařízení, např. zařízení Ecosteryl s kapacitou 250 až 300 kg odpadu za hodinu je 5 m vysoké a 12 m dlouhé. [11, 50, 53]

Spalování, jako konečná metoda likvidace odpadu, je výhodné vždy, pokud má spalovaný materiál výhřevnost alespoň 8 MJ/kg, což je hranice, kterou běžný zdravotnický odpad překračuje zhruba dvojnásobně. Likvidovat zdravotnický, ať už dekontaminovaný nebo nedekontaminovaný, odpad spálením je ve světě běžnou praxí, v některých zemích je spalování infekčního odpadu dokonce povinnost. [50]

6 Závěr

Cílem práce bylo uvést rozdílnosti legislativy zabývající se zpracováním odpadu ze zdravotnictví v jednotlivých zemích, ukázat rozdíly v míře produkce tohoto druhu odpadu a popsat jejich příčinu. Další část práce se věnovala samotným způsobům zpracování těchto odpadů, zejména metodami jejich dekontaminace před konečnou likvidací.

Jak již bylo řečeno v úvodu, hlavním úkolem odpadového hospodářství je zabránit škodám, které by mohl odpad při špatném zpracování způsobit člověku, popř. životnímu prostředí. V odvětví zpracování infekčního odpadu to znamená zejména zabránit šíření chorob, které jsou způsobeny patogeny vyskytujícími se v odpadu ze zdravotnických zařízení. Jako u každého odvětví odpadového hospodářství je dále cílem co nejvíce snížit objem a hmotnost odpadu, a navíc tento odpad energeticky či jinak využít.

Koncepce zpracování infekčního odpadu se v každé zemi liší. Zejména v tom, zda je infekční odpad převážen rovnou do spalovny nebezpečných odpadů nebo je ještě před spálením dekontaminován přímo ve zdravotnickém zařízení, poté pak může být spálen v běžné spalovně komunálního odpadu. První zmíněná možnost s sebou však nese rizika, a to jak při přepravě, tak při samotné likvidaci. Infekční odpad totiž představuje značné nebezpečí při případné havárii, čím déle je s ním tedy nějakým způsobem nakládáno, zejména je-li přepravován na dlouhé vzdálenosti, tím je toto riziko větší. Bezpečnostní opatření v každém kroku zpracování s sebou nesou také finanční náklady. Pokud je odpad spalován ve větším objemu, může se produkované teplo energeticky využít, což celkovou bilanci vylepší. V ČR je tento druh nakládání s infekčním odpadem daleko běžnější praxí než v například v Německu.

Druhou možností je infekční odpad ještě v místě vzniku, tedy zdravotnickém zařízení, dekontaminovat neboli zbavit jeho infekčnosti. Nelze však s jistotou říci, že je tato možnost vždy lepší, účinné dekontaminační metody totiž často spotřebovávají velké množství vody a elektrické energie. Spotřebu vody však lze snížit investicí do rekuperačních zařízení. Nejčastěji používanou metodou dekontaminace je autoklávování, používají se však i jiné metody. Výhodná se zdá být dekontaminace pomocí sterilizačního drtiče, jelikož takto dekontaminovaný odpad má poměrně vysokou výhřevnost, která se blíží až výhřevnosti hnědého uhlí. Nelze však jednoznačně určit, která z metod je obecně nejvhodnější, vždy je potřeba individuálně posuzovat podle konkrétních potřeb daného zařízení a regionu, kde se nachází.

Celý proces jako celek ovlivňuje také například výkupní cena infekčního odpadu spalovnou nebezpečných odpadů a cena jeho přepravy, jakožto nebezpečného nákladu. Převoz dekontaminovaného odpadu neklade zvláštní nároky na bezpečnost, proto lze předpokládat, že je jeho přeprava určitě levnější. Pokud jsou však náklady na vybudování dekontaminační jednotky ve zdravotnickém zařízení ve srovnání s přímou likvidací infekčního odpadu ve spalovně příliš vysoké, potom z ekonomického hlediska nedává dekontaminace odpadu smysl.

I přesto, že se v ČR množství zdravotnického odpadu, který je likvidován jako dekontaminovaný, neustále zvyšuje, množství odpadu, který je likvidován jako infekční, neklesá. Trend zvyšující se míry využívání dekontaminačních metod se tedy nezdá být uspokojivý. Bylo by vhodné tento růst podpořit například dotacemi na nákup nových dekontaminačních zařízení a podpořit ty nemocnice a jiná zdravotnická centra, která již dekontaminačních metod využívají. Další cestou může být tlak na zvýšení cen za přepravu a likvidaci infekčního odpadu ve spalovnách nebezpečných odpadů, popř. další legislativní kroky.

Seznam použitých zdrojů

- [1] VOSTRÁ, Jana. Infekční onemocnění a migrace [online]. Praha, 2015 [cit. 2019-02-10]. Dostupné z: <is.cuni.cz/webapps/zzp/download/120192909> Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze. Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Dagmar Džúrová.
- [2] PITRÁK, Kryštof, Eva SMĚŠNÁ a Martina HÝBLER. Plán odpadového hospodářství Moravskoslezského kraje pro období 2016 – 2026: Analytická část. Moravskoslezský kraj [online]. Ostrava, (c), 5. 1. 2016 [cit. 2018-10-06]. Dostupné z: <www.msk.cz/assets/zivotni_prostredi/poh-msk-analyticka-cast.pdf>.
- [3] Veřejné informace o produkci a nakládání s odpady [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2018 [cit. 2018-10-08]. Dostupné z: <isoh.mzp.cz>.
- [4] Health-care waste. World Health Organization [online]. Ženeva, c2019, 8 February 2018 [cit. 2018-10-06]. Dostupné z: <www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste>.
- [5] ČTK. Epidemie eboly v západní Africe skončila. Zanechala přes 11 tisíc mrtvých. E15.cz [online]. Praha: CZECH NEWS CENTER, c2001-2019, 14. ledna 2016 [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: <www.e15.cz/zahranicni/epidemie-eboly-v-zapadni-africe-skoncila-zanechala-pres-11-tisic-mrtvych-1262088>.
- [6] LE, Aurora B., Selin HOBOY, Anne GERMAIN, et al. A pilot survey of the U.S. medical waste industry to determine training needs for safely handling highly infectious waste. American Journal of Infection Control [online]. 2018, 46(2), 133-138 [cit. 2018-10-07]. DOI: 10.1016/j.ajic.2017.08.017. ISSN 01966553. Dostupné z: <linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0196655317309975>.
- [7] Odpady ze zdravotnických zařízení. Krajská hygienická stanice Jihomoravského kraje se sídlem v Brně [online]. Brno, (c) [cit. 2018-10-12]. Dostupné z: <www.khsbrno.cz/katalog/souodkaz/hp/zdravot_odpady_obecne.pdf>.
- [8] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška o Katalogu odpadů. In: Sbíрка zákonů. Zákony pro lidi.cz, c2010-2019, 31.03.2016, 38/2016, číslo 93. Dostupné také z: <www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-93>.
- [9] Metodika pro nakládání s odpady ze zdravotnických, veterinárních a jim podobných zařízení: Projekt TAČR Beta TB050MZP010. (c) Státní zdravotní ústav [online]. [Praha], prosinec 2016 [cit. 2019-10-12]. Dostupné z: <www.szu.cz/uploads/documents/chzp/puda/legislativa_odpady/metodika.pdf>.
- [10] HAVELKA, Petr a Jana ANTONÍNOVÁ. Nakládání s odpady ve zdravotnických a sociálních zařízeních (zkušenosti ČIŽP z kontrol). Třetí ruka [online]. [Praha]: České ekologické manažerské centrum, c2013, 12.01.2010 [cit. 2018-10-12]. Dostupné z: <www.tretiruka.cz/news/nakladani-s-odpady-ve-zdravotnickych-a-socialnich-zarizenich-zkusenosti-cizp-z-kontrol/>.
- [11] KOVÁŘ, Lukáš. Metody nakládání s infekčním odpadem z nemocničních provozů [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2018 [cit. 2019-02-05]. Dostupné z: <primo.lib.vutbr.cz/primo-explore/fulldisplay?docid=420BUT_DSpace11012/82621&context=L&vid=420BUT&search_scope=Everything&tab=default_tab&lang=cs_CZ>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Eva Konečná.

- [12] EVROPSKÁ UNIE. Směrnice Evropského parlamentu a Rady o odpadech a o zrušení některých směrnic. In: . EUR-Lex, 2008, č. 1272/2008. Dostupné také z: <eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex%3A32008L0098>.
- [13] EVROPSKÁ UNIE. Sdělení komise o technických pokynech pro klasifikování odpadu. In: Úřední věstník Evropské unie. 2018, C/2018/1447. Dostupné také z: <eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?qid=1539450665095&uri=CELEX:52018XC0409(01)>.
- [14] EVROPSKÁ UNIE. Nařízení Evropského parlamentu a rady o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006. In: . EUR-Lex, 2008, 1272/2008. Dostupné také z: <eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex%3A32008L0098>.
- [15] EVROPSKÁ UNIE. Směrnice Evropského parlamentu a Rady o odpadech a o zrušení některých směrnic. In: . EUR-Lex, 2008, č. 1272/2008. Dostupné také z: <eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex%3A32008L0098>.
- [16] Recommendation on the TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS: Model regulations [online]. Nineteenth revised edition. New York and Geneva: United Nations, 2015 [cit. 2018-10-14]. ISBN 978-92-1-139151-1. Dostupné z: <www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/unrec/rev19/Rev19e_Vol_I.pdf>.
- [17] Medical Waste. Wastesupport [online]. ©360 Environmental Ltd. All rights reserved. [cit. 2018-11-11]. Dostupné z: <www.wastesupport.co.uk/ewc-codes/>.
- [18] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška Ministerstva životního prostředí o podrobnostech nakládání s odpady. In: Sbírka zákonů. Zákony pro lidi.cz, c2010-2019, 9. 11. 2001, 145/2001. Dostupné také z: <www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-383#f2244957>.
- [19] HŘEBÍČEK, Jiří, Jiří KALINA, František PILIAR, Jaromír POKOJ a Jana SOUKOPOVÁ. Plán odpadového hospodářství Jihomoravského kraje: Analytická část [online]. Verze 5.0. Brno: ECO – Management, 2015 [cit. 2018-10-27]. Dostupné z: <m.kr-jihomoravsky.cz/Default.aspx?PubID=294704&TypeID=7>.
- [20] Odpady ze zdravotnických zařízení. Krajská hygienická stanice Jihomoravského kraje se sídlem v Brně [online]. Brno: (c) khsbrno.cz, březen 2013 [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <www.khsbrno.cz/katalog/souodkaz/hp/zdravot_odpady_obecne.pdf>.
- [21] Metodické doporučení k nakládání s odpady ve zdravotnictví: z nemocnic a z ostatních zdravotnických zařízení nebo jim podobných zařízení. Státní zdravotnický ústav [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, (c), červenec 2007 [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <www.szu.cz/uploads/documents/chzp/puda/legislativa_odpady/MD_odpady_zdravotnictvi.pdf>.
- [22] Nakládání s odpady ze zdravotnických zařízení v České republice. Státní zdravotnický ústav [online]. (c) [cit. 2019-02-10]. Dostupné z: <www.szu.ústav.cz/uploads/documents/chzp/puda/legislativa_odpady/nakladani_s_odpady.pdf>.
- [23] Abfälle aus der humanmedizinischen oder tierärztlichen Versorgung. Der Abfallmanager Medizin [online]. Lünen, 28. Februar 2017 [cit. 2019-11-10]. Dostupné z: <www.abfallmanager-medizin.de/themen/krankenhausabfaelle-abfaelle-aus-der-humanmedizinischen-oder-tieraerztlichen-versorgung/>.
- [24] ŠTROBLOVÁ, Dita. Odpady z nemocničních zařízení [online]. Brno, 2008 [cit. 2019-02-02]. Dostupné z: <is.mendelu.cz/lide/clovek.pl?zalozka=13;id=6972;studium=27306;zp=14578;download_prac

e=1;lang=en>. Diplomová práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Vedoucí práce Josef Los.

[25] Zdravotnictví Jihomoravského kraje v číslech (2013). Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR [online]. Praha: Ústav zdravotnických informací a statistiky České republiky, 2014 [cit. 2019-02-02]. Dostupné z: <www.uzis.cz/cr-kraje/kraje/jihomoravsky-kraj>.

[26] Analýza současného systému sběru, shromažďování a skladování nebezpečných odpadů a odpadů ze zdravotnictví: Analýza současného systému sběru, shromažďování a skladování odpadů ze zdravotnictví. In: Ministerstvo životního prostředí [online]. Praha: Ernst & Young, s.r.o. | Ernst & Young Audit, s.r.o. | E & Y Valuations, 2016 [cit. 2019-02-02]. Dostupné z: <[www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/projekty_po8_opzp_2007_2013/\\$FILE/OODP-3_7_2_MZP_FIN-20160810.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/projekty_po8_opzp_2007_2013/$FILE/OODP-3_7_2_MZP_FIN-20160810.pdf)>.

[27] Health Technical Memorandum 07-01: Safe management of healthcare waste. In: GOV.UK [online]. London: Her Majesty's Government in the United Kingdom, 2013 [cit. 2019-02-04]. Dostupné z: <assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/167976/HTM_07-01_Final.pdf>.

[28] TUDOR, T.I. Healthcare waste management: a case study from the National Health Service in Cornwall, United Kingdom. Waste Management [online]. 2005, 25(6) [cit. 2019-02-05]. DOI: 10.1016/j.wasman.2004.10.004. ISSN 0956-053X. Dostupné z: <primo.lib.vutbr.cz/primo-explore/fulldisplay?docid=TN_osti20875665&context=PC&vid=420BUT&search_scope=Everything&tab=default_tab&lang=cs_CZ>.

[29] Analýza potřeb zdravotnických zařízení - určení vhodných technologií pro dané typy zařízení vycházející z jejich potřeb - vytipování zařízení vhodných k podpoře v rámci specifického cíle č. 2 PO3 OPŽP. In: Ministerstvo životního prostředí [online]. Praha: Ernst & Young, s.r.o. | Ernst & Young Audit, s.r.o. | E & Y Valuations, 2016 [cit. 2019-02-02]. Dostupné z: <[www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/projekty_po8_opzp_2007_2013/\\$FILE/OODP-3_5_MZP_FIN-20160810.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/projekty_po8_opzp_2007_2013/$FILE/OODP-3_5_MZP_FIN-20160810.pdf)>.

[30] Infektiöse Abfälle entsorgen. Abfallmanager Medizin [online]. Lünen: REMONDIS Medison, 18. Dezember 2018 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <www.abfallmanager-medizin.de/abfall-abc/infektioese-abfaelle-entsorgen/>.

[31] Liste der vom Robert Koch-Institut geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und -verfahren. Bundesgesundheitsbl [online]. Springer Berlin Heidelberg, 2017, (60), 1274–1297 [cit. 2019-02-09]. DOI: <doi.org/10.1007/s00103-017-2634-6>. ISSN 1437-1588. Dostupné z: <www.rki.de/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/Desinfektionsmittel/Downloads/BGBI_60_2017_Desinfektionsmittelliste.pdf?__blob=publicationFile>.

[32] Medical Waste. United States Environmental Protection Agency [online]. November 7 2017 [cit. 2018-11-12]. Dostupné z: <www.epa.gov/rcra/medical-waste>.

[33] Waste Code List. United States Environmental Protection Agency [online]. March 2018 [cit. 2018-11-12]. Dostupné z: <rcrapublic.epa.gov/rcrainfoweb/action/modules/main/glossary/waste>.

[34] UNITED STATES OF AMERICA. Management of Regulated Medical Waste: Containment and storage. In: . Albany: State of New York, 2006, Title 10, Section 70-2.2. [online] [cit. 2018-11-18] Dostupné také z: <regs.health.ny.gov/content/section-70-22-containment-and-storage>.

- [35] Medical Waste Disposal NYC. Citiwaste: Medical Waste Disposal [online]. New York: Citiwaste, a Sharps Compliance, Inc. Company, 2019 [cit. 2019-02-06]. Dostupné z: <citiwaste.com/nyc>.
- [36] STAVOVČÍK, Jiří. Americké zdravotnictví z českého pohledu.: Část druhá: Pojištění. Argument [online]. Praha: Argument OVIA, z.s., L 67316, 2019, 21. 2. 2017 [cit. 2019-02-07]. ISSN 2570-6934. Dostupné z: <casopisargument.cz/2017/02/21/americke-zdravotnictvi-z-ceskeho-pohledu-cast-druha-pojisteni/>.
- [37] Medical Waste Treatment Guidelines: About. NYC Business [online]. New York: City of New York, c2019 [cit. 2019-02-20]. Dostupné z: <www1.nyc.gov/nycbusiness/description/medical-waste-treatment-guidelines>.
- [38] Autoclave. In: Oorja: Energy engineering [online]. Hyderabad: Oorja Energy Engineering Service, c2019, 2004 [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: <www.oorja.in/wp-content/uploads/2016/09/autoclave_2.gif>.
- [39] LORENZI, Neal. TREATING MEDICAL WASTE. Health Facilities Management [online]. Chicago: Health Forum, 2014, 27(7), 41-4 [cit. 2019-04-05]. ISSN 08996210. Dostupné z: <search.proquest.com/docview/1547325686/>.
- [40] Treatment and disposal technologies for health-care waste. In: World Health Organization [online]. Geneva, c2019 [cit. 2019-02-17]. Dostupné z: <www.who.int/water_sanitation_health/medicalwaste/077to112.pdf?ua=1>.
- [41] Accessories for gases. Carl Roth [online]. Karlsruhe: Carl Roth GmbH + Co., c2019 [cit. 2019-02-27]. Dostupné z: <www.carlroth.com/en/en/Labware/Laboratory-appliances/Autoclaves/High-pressure-laboratory-autoclave-Model-0/Accessories-for-gases/p/000000090001f96900020023_en>.
- [42] Largest autoclave. Guinness World Records [online]. London: Guinness World Records Limited, c2019 [cit. 2019-02-27]. Dostupné z: <www.guinnessworldrecords.com/world-records/largest-autoclave-#>.
- [43] Řada ekonomických autoklávů středního objemu. Costrad [online]. Praha: COSTRAD [cit. 2019-02-27]. Dostupné z: <www.costrad.cz/tutthsg.html>.
- [44] Velké autoklávy. Unipro-Aplha [online]. Praha: UNIPRO - ALPHA C. S., spol. s r.o., 2010 [cit. 2019-02-27]. Dostupné z: <www.unipro-alpha.com/produkty/autoklavy-tuttnauer/parni-sterilizatory-pro-zdravotnictvi/velke-autoklavy/>.
- [45] 1500L large sliding door medical autoclave sterilizer equipment YSMJ-MD1500. Yuesen Med [online]. Guangzhou: Yuesen Med - Guangzhou Yueshen Medical Equipment, c2014 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <www.yuesenmed.com/products-detail.php?ProId=486>.
- [46] GOLDING, Simon. Waste Decontamination and Disposal. University of Bristol [online]. Bristol, c2002-2019, 27 November 2009 [cit. 2019-02-10]. Dostupné z: <www.bristol.ac.uk/safety/media/gn/biowaste-gn.pdf>.
- [47] DION, Marcel, Dave KARLE a Michael PALMER. Steam or Dry Heat Sterilization: Which is Best for My Application. Laboratory Equipment [online]. Rockaway (New Jersey): Advantage Business Marketing, c2019 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <www.laboratoryequipment.com/article/2018/12/steam-or-dry-heat-sterilization-which-best-my-application>.

- [48] S@fegrow 188: EuroClone CO2 incubator. Euroclone [online]. Pero (Italia): EUROCLONE S.p.A., c2014 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <www.euroclonergroup.it/documents/documents/S@feGrowEN_3227_.pdf>.
- [49] Contamination Control Methods in the Panasonic Healthcare CO2 and Multigas (CO2 and O2) Cell Culture Incubators: Available Systems and Comparative Benefits. Phcbi: PHC Corporation of North America [online]. Wood Dale (Illinois): PHC Corporation, c2018, 19. 5. 2017 [cit. 2019-04-01]. Dostupné z: <www.phchd.com/us/~/media/biomedical/americas/us/promotion/CellCulture/11126_2_PHC_NA_Dry_Heat_App_Note_vF.pdf?la=en-US>.
- [50] CHARTIER, Yves, Jorge EMMANUEL, Ute PIEPER, et al., ed. Safe management of wastes from health-care activities [online]. Second edition. Geneva: World Health Organization, 2014 [cit. 2019-04-05]. ISBN 978-92-4-154856-4. Dostupné z: <www.searo.who.int/srilanka/documents/safe_management_of_wastes_from_healthcare_activities.pdf>.
- [51] MK Autoclave MK A-100. Mk technology [online]. Graftschaf: MK Technology [cit. 2019-04-07]. Dostupné z: <www.mk-technology.com/?pageID=166>.
- [52] Electric Ovens: Dry heat Sterilizers. SIFO [online]. Taipei: Xihe Technology, 2013 [cit. 2019-04-07]. Dostupné z: <www.sifo.com.tw/WebFiles/menu/MOVseries_web.pdf>.
- [53] AMB Ecosteryl: Serial 250. AMB ecosteryl [online]. Mons: AMB ecosteryl, c2018 [cit. 2019-04-07]. Dostupné z: <ecosteryl.com/wp-content/uploads/2017/11/fiche_serie_250_en.pdf>.
- [54] PILNÁČEK, Vojtěch. Studie nakládání se zdravotnickými odpady v ČR a EU [online]. Praha, 2012 [cit. 2019-02-18]. Dostupné z: <is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/117766/>. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze. Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Libuše Benešová.
- [55] Germicidní lampy: UV záření [online]. Praha: UVC servis, c2019 [cit. 2019-02-18]. Dostupné z: <germicidni.cz/>.
- [56] CHMIELEWSKI, Andrzej. Gamma Irradiators for Radiation Processing. International Atomic Energy Agency [online]. Vienna: IAEA, c1998-2019 [cit. 2019-02-18]. Dostupné z: <www-naweb.iaea.org/napc/iachem/Brochgammairradd.pdf>.
- [57] Záření gama. Fyzika v moderním lékařství [online]. [cit. 2019-02-20]. Dostupné z: <cz7asm.wz.cz/fyz/index.php?page=zargam>
- [58] YIN, Ziqiang, Michael HOFFMANN a Sunny JIANG. Sludge disinfection using electrical thermal treatment: The role of ohmic heating. Science of the Total Environment [online]. Elsevier B.V, 2018, 615, 262-271 [cit. 2019-02-20]. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.09.175. ISSN 0048-9697. Dostupné z: <www-sciencedirect-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/science/article/pii/S004896971732524X>.
- [59] Schéma spalovny. In: Ekologické centrum Kralupy nad Vltavou [online]. Kralupy nad Vltavou: Ekologické centrum Kralupy nad Vltavou [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <www.eckralupy.cz/prumysl/pic/schema_spalovna.jpg>.
- [60] SLÁNSKÝ, Jan. Zhodnocení vývoje cen vybraných druhů paliv [online]. Praha, 2016 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/65652/F2-BP-2016-Slansky-Jan-Bakalarska%20prace-Jan%20Slansky.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Jan Havlík.

[61] Converter H200. Ompeco [online]. Torino: OMPECO, c2015, 2015 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <www.ompeco.com/italian/wp-content/downloads/datasheets/Scheda_tecnica_H200.pdf>.

[62] Converter H5000. Ompeco [online]. Torino: OMPECO, c2015, 2014 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <www.ompeco.com/italian/wp-content/downloads/datasheets/Scheda_tecnica_H5000.pdf>.

[63] The Autoclave Steam Generator. Tuttnauer [online]. Breda: Tuttnauer, c2019 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <tuttnauer.com/blog/autoclave/steam-generator>.

[64] Autoclave Safety. Stanford University [online]. Stanford: Stanford University [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <ehs.stanford.edu/reference/autoclave-safety>.

Seznam použitých symbolů a zkratek

ČR	Česká republika
ES	Evropské společenství
EU	Evropská unie
HEPA	high efficiency particulate arrestance (<i>zachytávání mikročástic s vysokou účinností</i>)
HIV	Human Immunodeficiency Virus (<i>virus lidské imunitní nedostatečnosti</i>)
HP	Hazard property (<i>nebezpečná vlastnost</i>)
JMK	Jihomoravský kraj
MSK	Moravskoslezský kraj
OSN	Organizace spojených národů
USA	United States of America (<i>Spojené státy americké</i>)
UV	ultraviolet (<i>ultrafialové</i>)
UVC	krátkovlnné ultrafialové

<i>symbol</i>	význam	jednotka
E	energie	[MeV]
f	frekvence	[GHz]
H	výhřevnost	[MJ/kg]
m	hmotnost	[kg], [t]
p	tlak	[bar]
P	elektrický výkon	[kW]
T	teplota	[°C]
t	výdrž na teplotě	[min]
U	elektrické napětí	[V]
v	rychlost zpracování hmotnosti	[t/hod]
v	rychlost zpracování objemu	[l/hod]
V	objem	[l], [m ³]
λ	vlnová délka	[nm]