

# Nespaľovacie technológie pre nakladanie so zdravotníckymi odpadmi

Dr. Jorge Emmanuel  
Dr. Čestmír Hrdinka



**Priatelia  
Zeme**  
SPZ



# Nespaľovacie technológie pre nakladanie so zdravotníckymi odpadmi

Dr. Jorge Emmanuel  
Dr. Āestmír Hrdinka

Vydali

Health Care Without Harm Europe

a

Priatel'ia Zeme – SPZ

štúdiu **Health Care Without Harm Europe**  
vydalo občianske združenie pre ochranu životného prostredia  
Priatel'ia Zeme – SPZ

grafický návrh obálky a grafická úprava textu: René Říha  
preklad: Zuzana Rusinková – Némethová

**Priatel'ia Zeme – SPZ**

P.O. Box H – 39

040 01 Košice

tel.fax: 00421 55 6771677

[spz@priateliazeme.sk](mailto:spz@priateliazeme.sk)

[www.priateliazeme.sk/spz](http://www.priateliazeme.sk/spz)

Za finančnú podporu pri vydaní tejto publikácie ďakujeme :

**FOUNDATION POUR UNE TERRE HUMAINE**

**HEALTH CARE WITHOUT HARM EUROPE**

**NADÁCIA EKOPOLIS**

Túto publikáciu vydalo združenie Priatel'ia Zeme – SPZ v roku 2006.

Vytlačené na recyklovanom papieri.



# Obsah

	Predhovor	2
1.	<b>Úvod: Prečo uprednostňovať nespáľovacie technológie namiesto spaľovní</b>	3
	Spaľovne emitujú toxické látky do ovzdušia	3
	Nebezpečné látky zostávajú v popole a škvare	3
	Spaľovne sú drahé	3
	Spaľovne musia spĺňať nové emisné limity	4
	Medzinárodná dohoda o eliminácii perzistentných organických polutantov (POPs)	4
2.	<b>Minimalizácia, triedenie odpadov – základný koncept pre zavádzanie nespáľovacích technológií</b>	5
3.	<b>Kategórie zdravotníckeho odpadu</b>	7
4.	<b>Nespáľovacie technológie – základné rozdelenie</b>	9
	Nízko-termické procesy	9
	Chemické procesy	9
	Radiačné procesy	9
	Biologické procesy	9
	Mechanické procesy	11
5.	<b>Nízko-termické technológie : autoklávy, mikrovlnné zariadenia a ďalšie systémy založené na pôsobení horúcej pary</b>	12
	Zariadenia založené na pôsobení horúcej pary – autoklávy, retorty	12
	Príklady systémov založených na pôsobení pary	14
	Mikrovlnné systémy	17
	Príklady systémov založených na pôsobení mikrovln	18
6.	<b>Nízko-termické technológie založené na pôsobení horúceho vzduchu</b>	20
7.	<b>Technológie založené na pôsobení chemikálií</b>	22
	Príklady systémov založených na pôsobení chemikálií	23
	Iné systémy	24
8.	<b>Radiačné, biologické a ďalšie technológie</b>	25
	Radiačné technológie	25
	Príklady systémov založených na elektrónovom zväzku	26
	Biologické systémy	26
9.	<b>Faktory, ktoré je potrebné zohľadniť pri výbere nespáľovacej technológie</b>	27
10.	<b>Ekonomické zhodnotenie nespáľovacích technológií</b>	29
	Nákladové položky	29
	Náklady na nespáľovacie technológie	30
	Zdroje použitých informácií	32

# Nespaľovacie technológie pre nakladanie so zdravotníckymi odpadmi

Informácie obsiahnuté v tejto publikácii vychádzajú predovšetkým zo správy “Non-Incineration Medical Waste Treatment Technologies: A Resource for Hospital Administrators, Facility Managers, Health Care Professionals, Environmental Advocates, and Community Members“ vydané koalíciou Health Care Without Harm v auguste, a sú doplnené údajmi vzťahujúcimi sa k situácii v Európe, v Českej a Slovenskej republike.

## Predhovor

Takmer výhradným spôsobom nakladania s nebezpečnými odpadmi zo zdravotnej starostlivosti bolo v nedávnej minulosti ich spaľovanie.

V roku 1996 zverejnil Úrad Spojených štátov pre ochranu životného prostredia (U.S. Environmental Protection Agency) štúdiu, ktorá identifikovala spaľovne nemocničných odpadov ako hlavný zdroj dioxínov v Spojených štátoch amerických. Nasledoval zákon o čistote ovzdušia, ktorý zaviedol nové emisné limity, a existujúce spaľovne museli byť dovybavené zariadeniami na čistenie dymových plynov, ak mali vyhovieť novým legislatívnym požiadavkám. Pre naprostú väčšinu nemocníc a ďalších prevádzkovateľov spaľovní nemocničných odpadov bola však investícia do účinných filtrov príliš veľká a preto spaľovne radšej uzavreli a začali zavádzať nespaľovacie technológie. Od roku 1998 bolo v USA uzavretých cez päť tisíc spaľovní nemocničných odpadov.

V roku 2000 boli zavedené prísnejšie emisné limity pre spaľovne odpadov zo zdravotníckych zariadení aj v krajinách Európskej únie a následne v kandidátskych krajinách EU, čo viedlo k uzavretiu mnoho desiatok spaľovní a k nárastu počtu nespaľovacích zariadení pre spracovanie infekčných odpadov zo zdravotnej starostlivosti. Ich zavedenie do praxe je však pomalšie než v USA a spaľovanie zostáva naďalej prevažujúcim spôsobom nakladania s týmto druhom odpadu v Európe. Nespaľovacie technológie však získavajú stále väčšiu podporu i na európskom kontinente. Ako príklad môže slúžiť nedávne rozhodnutie Spoločnej rady Írska pre nakladanie s odpadmi (The Joint Waste Management Board of Ireland) dekontaminovať väčšinu zdravotníckeho odpadu pomocou autoklávov využívajúcich horúcu paru.

Slovenská republika prijala po vzore Európskej únie emisné limity pre spaľovne. V súčasnej dobe stále viac spaľovní nemocničných odpadov v SR prekračuje limit pre emisie dioxínov (0,1 ng/m<sup>3</sup> TEQ). Aby mohli byť v budúcnosti dodržané zákonné limity, ponúkajú sa dve cesty – buď spaľovne veľmi drahodovo vybaviť filtermi, alebo ich zavrieť a dať sa cestou alternatívnou, cestou znižovania množstva odpadov, triedeného zberu a nespaľovacích technológií. Tie sú šetrnejšie k životnému prostrediu a spravidla lacnejšie než spaľovne. Nespaľovacie technológie (na rozdiel od spaľovní) neprodukurujú jedovaté dioxíny a ich zavádzanie je v súlade so Štokholmskou dohodou o eliminácii POPs (perzistentných organických polutantov) z roku 2001.

Priatelia Zeme – SPZ a medzinárodná koalícia Health Care Without Harm dúfajú, že Slovenská republika bude podporovať rozvoj znižovania, triedenia odpadov v zdravotníckych zariadeniach a zavádzanie nespaľovacích technológií pre nakladanie so zdravotníckymi odpadmi namiesto rekonštrukcie a dovybavovania nevyhovujúcich spaľovní, alebo podpory výstavby spaľovní nových.

### Úvod:

# Prečo uprednostňovať nespáľovacie technológie namiesto spaľovní

## Spaľovne emitujú toxické látky do ovzdušia

Spaľovne nemocničných odpadov emitujú do ovzdušia množstvo polutantov vrátane dioxínov a furánov, ťažkých kovov (ako napríklad olovo, ortuť alebo kadmium), jemné prachové častice, chlorovodík, oxid siričitý, oxid uhoľnatý, oxidy dusíka a mnohé ďalšie znečisťujúce látky. Tieto emisie majú vážne negatívne dôsledky pre zdravie zamestnancov spaľovní, verejnosti a životné prostredie. Najtoxickéjší zástupca dioxínov, 2,3,7,8 TCDD je klasifikovaný Medzinárodnou agentúrou pre výskum rakoviny (IARC – International agency for Research on Cancer) ako ľudský karcinogén 1. skupiny a niektoré ďalšie dioxíny ako pravdepodobné rakovinotvorné látky pre človeka<sup>1</sup>. Dioxíny rovnako narušujú hormonálny systém, znižujú obranyschopnosť organizmu, sú spájané s vývojovými vadami, cukrovkou, endometriózou a ďalšími chorobami<sup>2,3,4,5</sup>.

Spaľovne nemocničných odpadov sú podľa Štokholmskej dohody o eliminácii perzistentných organických polutantov (POPs) jedným z podstatných zdrojov dioxínov v životnom prostredí. Národné správy o zdrojoch uvoľňovania dioxínov identifikovali spaľovne odpadov ako jeden z najväčších zdrojov. Ich podiel na znečisťovaní prostredia dioxínmi a ďalšími perzistentnými organickými polutantmi naznačujú aj nasledovné fakty. V SR bolo v poslednom období v prevádzke 22 spaľovní odpadov zo zdravotníckych zariadení, z nich 7 ukončí svoju činnosť po 31.12. 2005, 15 bude pokračovať. Z týchto 15 však bude mať ďalej výnimku jeden rok pre nedodržiavanie limitov toxických emisií do ovzdušia 11 spaľovní.

Dovybavením, resp. inštaláciou rôznych zariadení na zníženie plynných emisií sa spravidla zvýši obsah týchto škodlivín v pevnej fáze odpadu. Navyše, účinnosť filtrov na zachytávanie veľmi jemných častíc je značne obmedzená; pre veľmi jemné častice menšie ako 2,5µm sa uvádza 5 – 30%, častice menšie ako 1µm sú prakticky nezachytiteľné. Tieto veľmi jemné častice sú vysoko reaktívne, a to aj v prípade, že pochádzajú z relatívne inertného materiálu. Výskumy z poslednej doby naznačujú, že vdychovanie týchto extrémne malých častíc môže mať negatívny vplyv na ľudské zdravie<sup>7</sup>.

## Nebezpečné látky zostávajú v popole a škvare

Dovybavenie spaľovní zariadeniami na čistenie plynných emisií spravidla neznižuje množstvo emitovaných dioxínov, len ich prevedie do inej fázy odpadu. V spaľovni s najlepšou dostupnou technológiou (BAT) predstavovalo množstvo dioxínov v plynných emisiách len 2% z celkového množstva dioxínov zistených vo všetkých odpadoch zo spaľovne. Dioxíny v popole predstavovali 6%, škvare 72%, kaloch 2% a popolčeku 18% z celkového množstva uvoľnených dioxínov<sup>8</sup>. Okrem dioxínov a furánov sú v popole prítomné aj ďalšie nebezpečné látky, vrátane vysokého obsahu niektorých kovov (železo, chróm, nikel, olovo, zinok, meď)<sup>9</sup>, ktoré sa môžu vylučovať do prostredia.

Popolček unášaný horúcim vzduchom a dymovými plynmi do komína spaľovne obsahuje ťažké kovy, dioxíny, furány a ďalšie toxické látky, ktoré sa viažu na povrch pevných častíc. Účinnosť zachytenia týchto látok na zariadeniach na čistenie dymových plynov závisí od účinnosti a kvality filtra. Ani najlepšie filtre nie sú ale schopné zachytiť všetky plynné emisie. Škodlivé látky sa behom procesu čistenia dymových plynov koncentrujú a ukladajú vo filtračných koláčoch, aktívnom uhlí a odpadových vodách z procesu čistenia spalín. Takýto odpad je samozrejme klasifikovaný ako nebezpečný<sup>10</sup> a musí s ním byť náležite nakladané.

Zvyškový odpad zo spaľovní aj z nespáľovacích technológií na úpravu zdravotníckych odpadov je nutné ukladať na skládky odpadov. V hierarchii nakladania s odpadmi by malo byť uprednostňované skládkovanie dekontaminovaných odpadov, ktoré nie sú nebezpečné, pred skládkovaním nebezpečných odpadov vznikajúcich pri spaľovaní. Navyše **poplatky za ukladanie nebezpečného odpadu zo spaľovní na skládky nebezpečných odpadov sú niekoľkonásobne vyššie než poplatky za ukladanie dekontaminovaného zdravotníckeho odpadu na skládky komunálneho odpadu**, a tak zvyšujú náklady zdravotníckych zariadení.

## Spaľovne sú drahé

Náklady na výstavbu, respektíve dovybavenie a prevádzku spaľovne nemocničných odpadov predstavujú zvlášť pre nemocnice a ďalšie zdravotnícke zariadenia zápasenie s nedostatkom financií dôležitý faktor pri voľbe najvhodnejšieho spôsobu spracovania odpadov. V súčasnej dobe, keď mnoho spaľovní nemocničných odpadov v SR nespĺňa emisné limity pre dioxíny, je potrebné vziať do úvahy obrovské náklady na inštaláciu účinných dioxínových filtrov, náklady na meranie emisií, poplatky za ukladanie popolčeku na skládky nebezpečných odpadov, atď. Napríklad, odhaduje sa, že iba dovybavenie vybraných spaľovní nemocničných odpadov v Českej republike tak, aby spĺňali limit 0,1 ng TEQ/m<sup>3</sup>, stojí 270-280 mil. Kč<sup>11</sup>.

Náklady na vybudovanie a prevádzku spaľovne alebo vybrané nespaľovacie technológie sa môžu líšiť v rôznych štátoch napríklad v závislosti na legislatívnych podmienkach – kategorizácia odpadu, poplatkoch za skládkovanie nebezpečných a komunálnych odpadov, na dostupnosti technológie a ďalších faktoroch. Všeobecne však platí, že rôzne nespaľovacie technológie sú spravidla lacnejšie než spaľovne nemocničných odpadov. Pre ilustráciu, v USA sú náklady na vybudovanie spaľovne 3 až 4 krát vyššie než na autokláv spracovávajúci rovnaké množstvo odpadu (viď. tabuľka 4)<sup>12</sup>. Rovnako náklady na prevádzku nespaľovacích technológií sú väčšinou nižšie než náklady na prevádzku spaľovne.

## Spaľovne musia spĺňať nové emisné limity

Podľa direktívy Európskej únie 200/76/EC o spaľovaní odpadov musia spaľovne nemocničných odpadov spĺňať emisný limit, ktorý je stanovený pre dioxíny a furány na 0,1 ng TEQ/M<sup>3</sup>. Tento limit je prevzatý aj do legislatívy Slovenskej republiky a začne platiť od roku 2006. V súčasnej dobe väčšina spaľovní nemocničných odpadov v Slovenskej republike daný emisný limit nespĺňa. Pokiaľ majú spaľovne tento limit dosiahnuť, je nutné ich zrekonštruovať či dovybaviť účinnými filtrami. To si vyžiada výdaje rádovo v stovkách miliónov korún. Vhodnejšou alternatívou sa javí možnosť investovať do lacnejších, k životnému prostrediu šetrnejších nespaľovacích technológií.

## Medzinárodná dohoda o eliminácii perzistentných organických polutantov (POPs)

V máji 2001 bola vo švédskom Štokholme prijatá medzinárodná Dohoda o eliminácii perzistentných organických polutantov (POPs). Článok 5 tejto dohody požaduje, aby štáty eliminovali vznik POPs, medzi ktoré patria aj dioxíny vznikajúce ako vedľajšie produkty priemyselných procesov. Príloha C tejto dohody uvádza spaľovne nemocničných odpadov medzi hlavnými zdrojmi dioxínov v prostredí<sup>13</sup>.

Slovenská republika ako signatár Štokholmskej dohody má vypracovať plán na znižovanie perzistentných organických látok v životnom prostredí. Na rozdiel od spaľovní nevznikajú behom spracovania nemocničných odpadov v nespaľovacích technológiách perzistentné organické polutanty (POPs), a tak zavádzanie nespaľovacích technológií pre zdravotnícky odpad je vhodným nástrojom pre napĺňanie záväzkov vyplývajúcich zo Štokholmskej dohody.

# Minimalizácia, triedenie odpadov – základný koncept na zavádzanie nespáľovacích technológií

Predchádzanie vzniku odpadov a ich minimalizácia sú prioritami odpadového hospodárstva v krajinách EÚ i v SR a mala by im byť venovaná náležitá pozornosť aj v zdravotníctve. Zavádzanie nespáľovacích technológií pre nakladanie so zdravotníckymi odpadmi je preto nutné posudzovať v širšom kontexte. Aj keď sú nespáľovacie technológie na rozdiel od spaľovní šetrnejšie k životnému prostrediu, neprodukujú dioxíny ani ďalšie perzistentné organické látky a môžu redukovať objem odpadu až o 80%, zvyškový podiel (rovnako ako škvara a popolček zo spaľovní) je nutné zabezpečiť uložením na skládku odpadov. Rozhodnutiu zaviesť nespáľovaciu technológiu by mal preto predchádzať účinný program minimalizácie a triedenia odpadov, aby množstvo odpadov bolo čo najnižšie.

V minulosti – a v niektorých prípadoch stále i dnes – sa všetok odpad zo zdravotníckych zariadení – od papierového odpadu v kanceláriách, kartónových obalov, kuchynských odpadov až po odpady z operačných sál, kontaminované ostré predmety a odpady z laboratórií – likvidoval spoločne v spaľovniach. Takmer sa tu neuplatňovala logická priorita odpady triediť, znovu využívať alebo recyklovať. S uzatváraním mnohých spaľovní sa situácia mení a nemocnice stále viac zvažujú, akým spôsobom, kde a za akú cenu odpad zlikvidovať. S ohľadom na priority odpadového hospodárstva sa ponúka možnosť zaviesť účinný program minimalizácie odpadov, čo prospieva k ochrane životného prostredia a navyše šetrí v zdravotníctve toľko potrebné finančné prostriedky.

Opätovné využívanie a recyklácia odpadov, materiálová náhrada produktov, zmena technológií či zavedenie pracovných postupov má mnohé výhody. Nižšie množstvo vznikajúcich odpadov prispieva k ochrane životného prostredia, znižuje možnosť nákazy a tým zvyšuje bezpečnosť zdravotníckeho personálu a pacientov. Súčasne klesajú náklady na zneškodňovanie odpadu a v neposlednom rade sa zlepšujú vzťahy s okolitými susedmi.

Dôsledným triedením sa podiel infekčných odpadov, ktoré sú považované za nebezpečné, môže poznateľne znížiť<sup>14</sup>. Tým sa zároveň ušetrí, pretože poplatky za nakladanie s nebezpečnými odpadmi sú niekoľkonásobne vyššie než za nakladanie s odpadmi komunálnej povahy.

Minimalizáciou odpadov rozumieme čo možno najväčšie zníženie ich množstva pri použití rôznych postupov. Následne uvádzame praktiky minimalizácie odpadov zoradené hierarchicky podľa dôležitosti:

### 1) Znižovanie odpadov v mieste vzniku

#### Niektoré postupy, ktoré znižujú množstvo alebo nebezpečné vlastnosti odpadov:

- Eliminácia používania rôznych materiálov alebo ich náhrada – napríklad zavedenie nových biologicky odbúrateľných čistiacich prostriedkov; zavádzanie pomôcok na viacnásobné použitie namiesto jednorazových tam, kde je to možné a bezpečné; náhrada ortuťových teplomerov; zavádzanie pomôcok bez PVC.
- Zmena technológie alebo procesu – používanie zariadenia na dezinfekciu pracujúcich na báze UV žiarenia alebo pary namiesto metód využívajúcich chemické činidlá.
- Zavádzanie vhodných pracovných postupov – zlepšenie inventarizácie; zakrývanie nádob s dezinfekčnými roztokmi, aby sa zabránilo vyparovaniu; nepoužívanie nadmerných koncentrácií účinných látok na dezinfekciu.
- Vhodný nákup pomôcok a zdravotníckeho materiálu. Uprednostňovanie predajcov, ktorí používajú minimálne množstvo nutných obalov.

### 2) Triedenie rôznych kategórií odpadov

### 3) Opätovné využitie a recyklácia materiálov pochádzajúcich z odpadov.

#### Ako špecifické príklady sa dajú uviesť:

- Zber novinového papiera, plastov, skla, hliníkových fólií a ich predanie na recykláciu.
- Uprednostňovanie nákupu produktov z recyklovaných materiálov.
- Oddelené zhromažďovanie a prípadné kompostovanie využiteľných zvyškov z kuchyne.
- Znovuzískavanie striebra a ďalších látok z fotografického materiálu.

#### **4) Nakladanie s odpadmi**

– v prípade infekčného odpadu to znamená odstránenie nebezpečných vlastností, potlačenie patogénnych organizmov. Tu dochádza k uplatňovaniu nespáľovacích technológií.

#### **5) Zneškodňovanie odpadov**

– potom, čo sú vyčerpané všetky možnosti minimalizácie odpadov a ich ďalšieho využitia, zvyškový odpad by mal byť zneškodnený metódou s najmenším možným dopadom na životné prostredie. Úplná väčšina nespáľovacích technológií zbaví infekčný odpad nebezpečnej vlastnosti a s dezinfikovaným odpadom tak ide nakladať ako s odpadom komunálnym. HCWH a Priatelia Zeme – SPZ nepodporujú spaľovanie zdravotníckych odpadov ako vhodnú metódu zneškodňovania odpadov.



## Kategórie zdravotníckeho odpadu

Odpady vznikajúce v zdravotníckych zariadeniach sú rôznorodej povahy. Zdravotnícke odpady sa dajú rozdeliť do 4 základných skupín:

- **Odpady komunálnej povahy** – Odpady tejto kategórie tvoria úplnú väčšinu zdravotníckych odpadov (Podľa Mgr. Kowalskej z Poľska je to 75- 80% z celkového objemu) a môžu / mali by sa triediť, recyklovať, kompostovať či použiť ďalšie metódy ich zhodnotenia. Jedná sa o odpady, ktoré nevykazujú infekčné alebo iné nebezpečné vlastnosti a môže s nimi byť nakladané ako s odpadom komunálnym. Patrí medzi nich kancelársky papier, kartóny, plastové obaly a ďalšie plasty, neznečistené sklo, kovy, odpady z kuchyne atď.
- **Nebezpečný odpad** – odpad, ktorý je nebezpečný z hľadiska svojho chemického zloženia a pôsobenia na živé organizmy. Patria sem napríklad chemikálie, cytostatiká, odpadový amalgám zo stomatologickej starostlivosti.
- **Infekčný odpad** – tvorí drvivú väčšinu nebezpečného odpadu zo zdravotníckych zariadení. Jedná sa o odpad, ktorý obsahuje patogénne zárodky a môže spôsobiť infekčné ochorenie.
- **Rádioaktívne odpady**

Kategórie nebezpečného zdravotníckeho odpadu špecifikuje spravidla národná legislatíva tej či onej krajiny. Svetová zdravotnícka organizácia delí nebezpečný odpad zo zdravotníctva do 9 kategórií<sup>15</sup>. Katalóg odpadov SR<sup>16</sup> stanovuje 9 kategórií pre odpad zo zdravotníctva (porovnanie vid. Tabuľka 1).

**Tabuľka 1: Porovnanie kategórií nebezpečných odpadov v zdravotníctve, WHO, Katalóg odpadov**

Svetová zdravotnícka organizácia (WHO)	Katalóg odpadov SR*	
Ostré predmety	18 01 01	Ostré predmety (Ostatné odpady, pokiaľ nepatria pod 18 01 03 )
Patologický odpad	18 01 02	Časti a orgány tiel vrátane krvných vakov a krvných konzerv okrem 18 01 03
Infekčný odpad	18 01 03	Odpady, ktorých zber a zneškodňovanie podliehajú osobitným požiadavkám z hľadiska prevencie nákazy
Chemický odpad	18 01 06	Chemikálie pozostávajúce z nebezpečných látok alebo obsahujúce nebezpečné látky
Rádioaktívny odpad	18 01 07	Chemikálie iné ako uvedené v 18 01 06
Genotoxický odpad	18 01 08	Cytotoxické a cytostatické liečivá
Farmaceutický odpad	18 01 09	Liečivá (Ostatné odpady, pokiaľ nepatria pod 18 01 08)
Odpady s vysokým obsahom ťažkých kovov	18 01 10	Amalgámový odpad z dentálnej starostlivosti
Pretlakové nádoby		

\*18 01 04 – odpady, ktorých zber a zneškodňovanie nepodliehajú osobitným požiadavkám z hľadiska prevencie nákazy (napr. obväzy, sadrové obväzy, posteľná bielizeň, odevy na jedno použitie, plienky) nepatria do kategórie nebezpečných odpadov.

Zvláštnu pozornosť si zasluhujú odpady infekčné, ktoré sa radia medzi odpady nebezpečné. Priemerné zastúpenie infekčného odpadu z celkového množstva zdravotníckeho odpadu sa udáva medzi 10 až 15%<sup>17</sup>. **Infekčné odpady predstavujú pritom drvivú väčšinu nebezpečných odpadov vznikajúcich v zdravotníctve** (vyše 80% - vyše 90%). Na Slovensku existuje značná neistota v presnosti údajov o množstvách produkovaných odpadov, vrátane zdravotníctva, kvôli problémom so systémom evidencie. Uvádzame preto údaje publikované viacerými štátnymi orgánmi SR, alebo dokumentami vypracovanými pod ich gesciou. Podľa údajov Slovenskej agentúry životného prostredia v návrhu Programu odpadového

hospodárstva pre SR pre nebezpečné odpady z roku 2003, predstavoval odpad zo zdravotníctva a sociálnej starostlivosti v SR v roku 2000 celkovo 52 210,90 ton, z čoho nebezpečný odpad predstavoval 6 117,10 ton (čo by bolo približne 12% z celkového odpadu zo zdravotníctva<sup>18</sup>). V tom istom dokumente iný zdroj, Dánski odborníci spolupracujúci na tvorbe POH SR, uviedli, že celkové množstvo nebezpečného odpadu zo zdravotníckych zariadení (potenciálne infekčný odpad, vrátane biologického a chemické, toxické odpady, vrátane exspirovaných liekov) je možné odhadnúť na základe údajov z iných európskych krajín v množstve **okolo 3200 - 4300 ton/rok**, čomu zodpovedá 0,6-0,8 kg/obyvateľa/rok. Z toho vyplýva, že je u nás pomerne veľký priestor pre znižovanie podielu infekčného odpadu. Pri zavedení účinného triedenia a dôslednej definície infekčného odpadu, vychádzajúcej z reálnej možnosti nákazy, sa dá minimalizovať jeho množstvo na 5 až 3%<sup>19</sup>.

Aj keď infekčné odpady predstavujú len malú časť z celkových odpadov vznikajúcich v zdravotníckych zariadeniach, podieľa sa výraznou mierou na nákladoch za odstránenie zdravotníckych odpadov. Napríklad v Českej republike v roku 2001 v nemocnici na Homolce infekčné odpady predstavovali len 17% všetkých odpadov z nemocnice, náklady na ich likvidáciu predstavovali 81% z celkových nákladov na zneškodnenie všetkých odpadov<sup>20</sup>.

Infekčné odpady zo zdravotníctva sú definované v SR vyhláškou 284/2001 Z.z. (Katalógu odpadov) ako odpady, na ktorých zber a odstraňovanie sú kladené zvláštne požiadavky s ohľadom na prevenciu infekcie. US EPA rozdeľuje infekčný odpad do 10 kategórií, ktoré môžu poslúžiť ako príklad, čo sa považuje za infekčný odpad<sup>21</sup>:

- Tkanivové kultúry
- Patologicko- anatomický odpad
- Krv, krvné produkty, iné telové tekutiny
- Ostré predmety
- Odpad z veterinárnej starostlivosti (časti tiel, krv, telové tekutiny)
- Odpady z infekčných oddelení
- Kontaminované zdravotnícke pomôcky
- Chirurgický odpad
- Laboratórny odpad (odpad kontaminovaný infekčnými materiálmi)
- Odpady z dialýzy (pomôcky a tekutiny, ktoré prišli do styku s krvou)

Pre výber nespáľovacích technológií je dôležité poznať charakter odpadov vznikajúcich v zdravotníckom zariadení, ich množstvo aj miesto vzniku. Tieto informácie podá tzv. audit odpadov, ktorý sa prevádza pred zavedením nespáľovacích technológií. Pri výbere je vhodné sa riadiť popisom technológie, ktorý uvádza výrobca. Väčšina z nich udáva, aký druh odpadu je možné v zariadení zneškodňovať. Výrobcomi často udávaná kategória "mäkký odpad" zahŕňa obväzový materiál, tampóny, bandáže, chirurgické rúška, plášte, obliečky, atď.

# Nespaľovacie technológie – základné rozdelenie

Nespaľovacie technológie na zneškodňovanie infekčných zdravotníckych odpadov môžu byť klasifikované podľa rôznych hľadísk – typu spracovávaných odpadov, veľkosti, ceny, atď. Z hľadiska procesu dekontaminácie infekčného odpadu sa rozdeľujú do štyroch kategórií:

- Nízko-termické procesy
- Chemické procesy
- Radiačné procesy
- Biologické procesy

Väčšina nespaľovacích technológií na dekontamináciu nemocničného odpadu spadá do prvých dvoch kategórií: nízko-termických a chemických procesov, a preto budú podrobnejšie popísané. Ako doplnok k uvedeným technológiám sa používajú tzv. mechanické procesy, ktoré odpad nedezinfikujú, ale slúžia k mechanickej úprave odpadu a redukcii jeho objemu.

Nízko-termické procesy využívajú tepelnú energiu k dekontaminácii odpadov avšak pri teplotách, ktoré nespôsobujú chemické štiepenie molekúl alebo pri ktorých nedochádza k spaľovaniu či pyrolýze odpadov. Medzi vysoko-termické procesy patria spaľovne odpadov, pyrolyzne i splynovacie jednotky a technológie využívajúce plazmový oblúk. Spaľovne nemocničných odpadov sú považované za primárny zdroj emisií nebezpečných látok, vrátane toxických dioxínov<sup>22,23</sup>. Vzhľadom k ich negatívnemu pôsobeniu na ľudské zdravie<sup>24,25</sup> by nemalo byť spaľovanie nemocničných odpadov doporučovaným a preferovaným spôsobom nakladania s nemocničnými odpadmi.

## Nízko-termické procesy

Teplota pôsobenia nízko-termických procesov sa udáva medzi 93 – 177°C. Na dezinfekciu odpadov sa používa buď horúca para alebo suché teplo. Pôsobenie horúcej pary je základným princípom autoklávov a retort. Mikrovlnná dezinfekcia/sterilizácia je v princípe tiež pôsobenie pary, pretože dezinfekcia prebieha pôsobením vlhkého tepla a pary, ktorá sa vytvára pôsobením mikrovlnného žiarenia<sup>26</sup>. Pri použití suchého tepla nie je pridávaná žiadna voda či para. Odpad je zahrievaný buď pomocou kondukcie, prirodzeným či umelým prúdením horúceho vzduchu alebo pomocou tepelnej radiácie využívajúcej infračervené žiariče ako zdroj tepla. Príklady nízko-termických metód sú podrobnejšie popísané v tabuľke č.2.

## Chemické procesy

Základom chemických procesov je pôsobenie chemických činidiel. Tieto technológie sú doplnené mechanickými procesmi, napríklad drvením a premiešavaním odpadov, aby došlo k dostatočnému kontaktu odpadov s dezinfekčnými činidlami. Až do nedávnej doby sa používali hlavne technológie založené na pôsobení zlúčenín chlóru. O ich vplyve na životné prostredie sa však vedú časté polemiky, čo sa týka hlavne chlórnanov v odpadových vodách. Medzi metódy založené na pôsobení činidiel, ktoré neobsahujú zlúčeniny chlóru, patria napríklad systémy Steris EcoCycle10 (kyselina peroxyoctová), Lynntech (plynný ozón), Delphi MEDETOX CerOx (využívajúce kovy ako katalyzátory) či WR<sup>2</sup> (využívajúci lúhy k hydrolyze tkanív v zahrievanej nádrži z nehrdzavejúcej ocele)<sup>27</sup>.

## Radiačné procesy

Tieto procesy zahŕňajú pôsobenie elektrónového zväzku, kobaltu 60 alebo UV žiarenia. Takéto metódy vyžadujú prácu v uzavretom priestore, aby sa zabránilo expozícii pracovníkov. Elektrónový zväzok využíva prúd elektrónov s vysokou energiou, ktoré zneškodňujú mikroorganizmy v odpadoch štiepením chemických väzieb a narúšaním bunkových membrán. Účinnosť deštrukcie patogénov závisí na dávke elektrónov a na hustote odpadu. Iradiácia nemení fyzickú štruktúru odpadu a je nutné použiť drvič alebo iné rozomielacie zariadenie, aby bol odpad nerozpoznateľný.

## Biologické procesy

Patria k novým metódam dekontaminácie infekčných odpadov. Využívajú enzýmy, ktoré rozkladajú organickú hmotu. Iba niekoľko technológií na úpravu nemocničných odpadov je založených na biologických procesoch a ich komerčné využitie je zatiaľ v počiatočnej fáze.

**Tabuľka 2:** Nízko-termické nespáľovacie technológie na úpravu zdravotníckeho odpadu

Nespáľovacie technológie	Výrobcovia
<b>Nízko-termické metódy</b>	
Autokláv alebo retorta	Bondtech (Somerset, KY, USA)
Autokláv alebo retorta	Environmental Techtonics Corp. (Southampton, PA, USA)
Autokláv alebo retorta	Mark Costello (Carson, CA, USA)
Autokláv alebo retorta	Sierra Industries (Santa Ana, CA, USA)
Autokláv alebo retorta	SteriTech (Bloomington, IN, USA)
Autokláv alebo retorta	Tuttnauer (Ronkonkoma, NY, USA)
Vákuum-pôsobenie pary-zhutňovanie	San-I-Pak (Tracy, CA, USA)
Pôsobenie pary-premiešavanie-fragmentácia/sušenie/drvenie	Tempico (Madisonville, LA, USA)
Drvenie/pôsobenie pary-premiešavanie/sušenie, pôsobenie chemikálií	Sterile Technologies Inc. (West Chester, PA, USA)
Drvenie-pôsobenie pary-premiešavanie/sušenie	Antaeus Group (Hunt Valley, MD, USA)
Drvenie-pôsobenie pary-premiešavanie/sušenie	Ecolotec (Union Grove, AL, USA)
Drvenie/pôsobenie pary/odvodnenie	Ecodas (Roubaix, Francúzsko)
Pôsobenie pary-premiešavanie-fragmentácia/sušenie	Hydroclave systems Corp. (Kingston, Ontario, Kanada)
Pôsobenie pary-premiešavanie-fragmentácia/sušenie	Steridos (IDOS, Česká republika)
Preddrvenie/pôsobenie pary-premiešavanie	Aegis Bio-Systems (Edmond, OK, USA)
Drvenie/pôsobenie pary- premiešavanie-zhutňovanie	LogMed (Erdwich ZerkleinerungsSysteme GmbH, Nemecko)
Mikrovlňný systém	Sanitec (West Caldwell, NJ, USA)
Mikrovlňný systém	Sintion/CMB (Rakúsko)
Mikrovlňný systém	Medister (Meteka, Rakúsko)
Elektrotermická deaktivácia	Stericycle (Lake Forest, IL, USA)
Pôsobenie horúceho vzduchu	KC MediWaste (Dallas, TX, USA)
Pôsobenie horúceho vzduchu	Demolizer (Bethel, CT, USA)

## INAKTIVÁCIA MIKRÓBOV: STERILIZÁCIA VERZUS DEZINFEKCIA

*Termíny sterilizácie a dezinfekcie sa vzťahujú k inaktivácii mikróbov a dodávatelia ich používajú pri popise vlastností svojich technológií. Sterilizácia je definovaná ako úplné zničenie všetkých foriem mikrobiálneho života. V praxi je však úplná eliminácia všetkého mikrobiálneho života obtiažne preukázateľná a preto nie je termín sterilizácie v tejto správe príliš používaný. Niektoré citácie akceptujú ako "sterilizáciu" zníženie mikrobiálnej populácie o 99,9999%. Dezinfekcia je definovaná ako zníženie mikrobiálnej kontaminácie, zvlášť ako redukcie mikroorganizmov vyvolávajúcich ochorenie alebo patogénov. Štátna a regionálna asociácia alternatívnych technológií úpravy v USA (State and Territorial Association on Alternative Treatment Technologies – STAATT) kvantitatívne definovala štyri úrovne dezinfekcie. Podľa tejto definície úroveň IV zodpovedá zníženiu počtu vegetatívnych foriem baktérií, kvasiniek a plesní, všetkých vírusov, mykobaktérií a spór *Bacillus stearothermophilus* o 99,9999% alebo viac. Táto asociácia doporučuje, aby dodávatelia alternatívnych technológií spĺňali prinajmenšom kritéria dezinfekcie úrovne III.*

### Mechanické procesy

Mechanické procesy – ako napríklad rozomieľanie, drvenie, spracovanie v kladivových mlynoch, miesenie, premiešavanie, delenie pevnej a kvapalnej fázy, preprava (za použitia skrutkových dopravníkov, vtláčadiel alebo pásových dopravníkov) a hutnenie – dopĺňujú ostatné procesy úpravy. Mechanická deštrukcia odpad homogenizuje, aby nebol rozpoznateľný. Používa sa na drvenie ihiel a striekačiek za účelom minimalizácie rizika poranenia či za účelom ich znehodnotenia pre ďalšie použitie. V prípade tepelných alebo chemických procesov zlepšujú mechanické zariadenia ako drviče a mixéry rýchlosť prenosu tepla medzi zložkami odpadov a sprístupňujú tiež väčšiu časť povrchu odpadu pôsobeniu chemických dezinfekčných činidiel. Mechanické procesy však významne zvyšujú nároky na údržbu.

Mechanické procesy sú iba doplnkové a nedajú sa pokladať za proces úpravy ako takej. Pokiaľ drviče, kladivové mlyny alebo iné mechanické deštrukčné procesy netvoria nedeliteľnú súčasť uzavretého systému úpravy, nemali by sa používať pred vlastnou dekontamináciou odpadu. V opačnom prípade by pracovníci boli vystavení pôsobeniu patogénnych zárodkov uvoľňovaných do prostredia pri mechanickej úprave odpadov. Ak sú mechanické procesy súčasťou systému, technológia by mala byť navrhnutá takým spôsobom, aby vzduch z priestoru mechanickej úpravy odpadov bol pred uvoľnením do okolitého prostredia filtrovaný. Zvlášť je dôležité, aby pri vkladaní odpadu bol vzduch nasávaný do priestoru mechanickej úpravy (smerom od vstupu). To sa často prevádza pomocou odsávacieho ventilátora, ktorý v komore udržuje podtlak; vzduch odvádzaný z tohto priestoru prechádza dezinfekčnou komorou alebo cez vysoko účinný časticový vzduchový filter (HEPA) a až potom je uvoľnený do okolitého prostredia.

Rozomieľače, drviče a kladivové mlyny sú zariadenia všeobecne používané na rozomletie odpadu na menšie časti. Používajú sa aj iné názvy, ako napríklad granulátory, dezintegrátory alebo rezačky. Rozomletie je všeobecne dosahované pomocou strihania materiálov medzi dvoma povrchmi (ako v rozomieľačoch) alebo nárazom proti pevnému povrchu (ako v kladivových mlynoch). Obvykle sa pridáva sito, ktoré slúži ako kontrola veľkosti častíc, ktoré zariadenie opúšťajú. Niekedy je použitý vtláčací valec, ktorý odpad pretláča cez rozomieľač alebo drvič.

Všetky tieto zariadenia vyžadujú intenzívnu údržbu. Kladivá potrebujú periodickú obnovu povrchu a pri rozomieľači je nutné meniť opotrebované alebo zlomené čepele. Niektoré rozomieľače alebo drviče majú poistný čap proti poškodeniu zlomením, ktorý chráni hriadeľ v situácii keď sa v zariadení nedopatrením objaví nadmerný, ostrý či inak nebezpečný predmet, napríklad protetický oceľový kĺb. Pokiaľ k takej nehode dôjde, je bezpečnejšie a ľahšie vymeniť poistný čap než celý hriadeľ.

# Nízko-termické technológie: autoklávy, mikrovlnné zariadenia a ďalšie systémy založené na pôsobení horúcej pary

## Zariadenie založené na pôsobení horúcej pary – autoklávy, retorty

Autokláv je zariadenie skladajúce sa z pracovného priestoru (obvykle kovová komora) hermeticky uzatvárateľného pomocou plniaceho otvoru na vkladanie odpadu. Autokláv je opatrený dvojitým plášťom, medzi ktorý sa vháňa horúca para, rovnako ako do vnútorného priestoru autoklávu. Para vháňaná do medziplášťa ohrieva vnútornú stenu autoklávu a znižuje tak kondenzáciu pár, čo umožňuje privádzať do vnútorného priestoru autoklávu paru s nižšou teplotou. Ako vonkajší tak aj vnútorný plášť sú vyrobené tak, aby vydržali vzrastajúci tlak.

Pretože vzduch je veľmi dobrý tepelný izolátor, je treba ho z pracovného priestoru autoklávu odčerpať, aby para mohla dobre prenikať odpadmi. Vzduch sa z autoklávu odstraňuje dvoma spôsobmi: odčerpávaním vákuovou pumpou alebo pomocou gravitačného spádu. Autoklávy s gravitačným spádom využívajú skutočnosť, že para je ľahšia než vzduch. Para sa vháňa pod tlakom do pracovného priestoru autoklávu a vytláča vzduch na dno nádoby, odkiaľ je odvádzaný výpustným ventilom. Účinnejšími sa javia autoklávy využívajúce vákuové pumpy, pretože vyžadujú menej času pre celý proces dezinfekcie.

Retorty fungujú na podobnom princípe ako autoklávy s tým rozdielom, že nemajú dvojitý plášť. Sú lacnejšie než autoklávy, pre dezinfekciu je však nutné vháňať paru s vyššou teplotou.

### • Ako autokláv pracuje

Typický pracovný cyklus autoklávu alebo retorty zahŕňa nasledujúce kroky:

**Zhromažďovanie odpadov:** Vozíky alebo kontajner na odpad sú obložené plastovou fóliou alebo vrecami vhodnými na autoklávovanie tak, aby nedochádzalo k prilepovaniu odpadu na povrchu kontajneru. Farebné vrecia s infekčným odpadom sa potom vkladajú do takto vystlaného kontajneru.

**Predhrievanie** (pre autoklávy): Para sa privádza do vonkajšieho plášťa autoklávu

**Vkladanie odpadov:** Vrecia alebo kontajner s odpadmi sú vkladané do pracovného priestoru autoklávu alebo retorty. K odpadu sa periodicky pridávajú chemické alebo biologické indikátory na zistenie a preverenie účinnosti dezinfekcie. Plniaci otvor je následne hermeticky uzavretý.

**Odčerpávanie vzduchu:** Vzduch sa odstraňuje pomocou gravitačného spádu alebo vákuovou pumpou.

**Pôsobenie pary:** Para sa privádza do pracovnej komory až do dosiahnutia potrebnej teploty. Dodatočné množstvo pary sa pridáva do komory na udržanie danej teploty počas stanoveného času.

**Vypúšťanie pary:** Para sa vypúšťa z pracovnej komory spravidla pomocou kondenzátora, čím sa znižuje teplota a tlak. Pri niektorých autoklávoch sa používa post-vákuový cyklus na odstránenie zvyškovej pary.

**Vkladanie odpadov:** Spravidla treba určitý čas, aby došlo k ochladeniu odpadov. Potom sa vyberie dekontaminovaný odpad aj s indikátorovými papierikmi, pokiaľ boli medzi odpad vložené. Pomocou indikátorov sa overí účinnosť dezinfekcie.

**Mechanická úprava:** Dekontaminovaný odpad je väčšinou drvený v drviči alebo zhutnený v kompaktove predtým, než sa uloží na skládku odpadov.

### • Druhy odpadov, s ktorými možno nakladať v autoklávoch a retortách

Medzi odpady bežne spracovávané v autoklávoch a retortách patria: tkanivové kultúry a kmene, ostré nástroje, materiály kontaminované krvou a obmedzeným množstvom tekutín, odpady z infekčných oddelení, chirurgické odpady, laboratórny odpad (vynímajúc chemikálie) a tzv. "mäkký" odpad (gázy, obväzy, rúška, plášte, posteľné prádlo) pochádzajúci zo zdravotnej starostlivosti. S dostatočne dlhou dobou pôsobenia zodpovedajúcou vysokou teplotou a následným použitím mechanickej úpravy tak, aby nebol odpad po spracovaní rozpoznateľný, je technicky možné spracovávať taktiež anatomický odpad zo zdravotníctva, avšak etické, legislatívne, kultúrne a ďalšie faktory bránia tomuto spôsobu nakladania.

Prchavé a čiastočne prchavé organické zlúčeniny, chemoterapeutický odpad, ortuť, chemikálie zaradené medzi nebezpečné odpady a rádioaktívne odpady by nemali byť spracovávané v autokláve alebo retorte. Do týchto zariadení nie je vhodné vkladať veľké a rozmerné posteľné prádlo, veľké mŕtve telá zvierat, hermeticky uzatvorené tepluvzdorné obaly a ďalšie odpady, ktoré bránia účinnému prenikaniu tepla.

## • Emisie a reziduá odpadov

Problémovým aspektom tejto technológie môže byť zápach v bezprostrednom okolí autoklávov a retort, ktorý nastáva, pokiaľ nie je zaistené účinné vetranie.

Ak nie je zabezpečené dôsledné triedenie odpadov, ktoré zamedzí vstupu nebezpečných chemikálií do pracovnej komory autoklávov, toxické látky sa uvoľňujú do vzduchu, skondenzujú alebo zostanú v spracovanom odpade. Preto pri zle vytriedenom odpade môže dochádzať k úniku alkoholov, fenolov, aldehydov a iných organických zlúčenín do ovzdušia.

Podľa štúdie<sup>28</sup> prevedenej Národným inštitútom pre bezpečnosť práce a zdravia (National Institute of Occupational Safety and Health) v USA nebola v pracovnom prostredí obsluhy autoklávov zistená koncentrácia prchavých organických látok vyššia než hodnoty povolené normami pre bezpečnosť a ochranu zdravia na pracovisku v USA. Najvyššie hodnoty prchavých organických zlúčenín boli v okolí autoklávov namerané v prípade 2-propanolu, a to 643 mg/m<sup>3</sup>.

Pri hodnotení technológie autoklávov a retort sa objavili i pochybnosti o tom, či v autoklávoch a retortách nemôžu vznikáť dioxíny, a to v koncentráciách porovnateľných s procesom spaľovania. Autor si nie je vedomý žiadnej vedeckej štúdie, ktorá by toto tvrdenie dokladala. Vedci sa väčšinou zhodujú na tom, že dioxíny vznikajú pri teplote medzi 250 až 450°C, teda za teploty značne prevyšujúcej hodnoty, pri ktorých pracujú autoklávy. Navyše tvorbe dioxínov napomáha popolček vznikajúci v priebehu spaľovania, ktorý pôsobí v prítomnosti kovov a chlóru ako katalyzátor. Ako vyššie zmienené teploty, tak aj popolček sa v autoklávoch neobjavujú, pretože pri tejto technológii sa nejedná o proces spaľovania. Naopak, takéto podmienky na vznik dioxínov sa vyskytujú v priestoroch za spaľovacou komorou.

## • Inaktivácia mikróbov

Pri autoklávoch i retortách je potrebné dodržiavať minimálnu dobu pôsobenia a minimálnu teplotu, pri ktorej dochádza k účinnej dezinfekcii. Doporučená doba i teplota pôsobenia pre rôzne podmienky sú popísané v rade štúdií<sup>29</sup>. Často je doba pôsobenia odvodená z dvojnásobku času potrebného k usmrteniu rádovo 10<sup>6</sup> (uvádzaná ako 6log<sub>10</sub>) bakteriálnych spór *B. stearothermophilus* za ideálnych podmienok. Všeobecne doporučovaná teplota sterilizácie je okolo 121°C po dobu 30 minút. Ekvivalentnú dobu pôsobenia pri líšiacej sa teplote možno odvodiť.

Pre overenie účinnosti dekontaminácie sa do nádoby či vreca s odpadom vkladajú chemické indikátory reagujúce zmenou farby, alebo biologické indikátory (indikačné papiere obsahujúce napr. *B. stearothermophilus* alebo *B. subtilis*). Tým sa zistí, či para dôkladne prenikla do nádoby s odpadom a pôsobila dostatočne dlhú dobu.

## • Výhody a nevýhody technológie

### Autoklávy a retorty majú nasledujúce výhody:

- Technológia založená na pôsobení pary je overenou metódou spracovávania odpadu, pri ktorej existujú mnohé záznamy o jej účinnosti
- Technológia pracuje na jednoduchom princípe a je tak ľahko akceptovaná vedením nemocníc a ich okolím.
- Parametre teploty a doby pôsobenia potrebné k vysoko účinnej miere dezinfekcie sú dobre zdokumentované a pevne stanovené
- Autoklávy sú vo svete ponúkané v širokej škále veľkostí, kde je možné spracovávať od pár kilogramov do niekoľkých ton odpadov za hodinu.
- Pokiaľ sú dodržané všetky bezpečnostné opatrenia, aby sa do autoklávu nedostali žiadne nebezpečné odpady, z autoklávov a retort neunikajú takmer žiadne emisie.
- Obstarávacia cena je pomerne nízka v porovnaní s ostatnými nespáľovacími technológiami
- Mnohí výrobcovia autoklávov ponúkajú ďalšie možnosti a služby ako napr. programovateľný počítačový kontrolný systém, koľajnice a výtahy na zdvíhanie vozíkov s odpadom, nepretržitý záznam hodnôt teploty a doby pôsobenia, vozíky, ktoré je možné autoklávovať, drviče atď.

### Medzi nevýhody možno zaradiť:

- Táto technológia nemení odpad tak, aby nebol rozpoznateľný a súčasne nedochádza k zmenšeniu objemu odpadu, pokiaľ k autoklávu nie je pridaný drvič odpadu alebo iné mechanické zariadenie.
- Akýkoľvek väčší, tvrdý kovový predmet, ktorý sa do autoklávu dostane spolu s odpadom, môže poškodiť drvič či rozomieľač odpadu.
- V okolí autoklávu sa môže objaviť nepríjemný pach čo je možné minimalizovať riadnym vetracím systémom
- Pokiaľ sa do odpadu dostanú nebezpečné chemikálie ako napr. formaldehyd, fenoly, cytostatiká alebo ortuť, potom tieto toxické látky unikajú do vzduchu, odpadových vôd alebo zostávajú v odpade a môžu tak ďalej kontaminovať skládky.
- Účinnosť systému dekontaminácie odpadu môže byť znížená rôznymi prekážkami brániacimi prieniku pary a dosiahnutie dostatočne vysokej teploty (napr. nedostatočné vypustenie vzduchu, nadmerné množstvo odpadu, objemné predmety s nízkou tepelnou vodivosťou, odpad zabalený do niekoľkých vriec, vzduchové bubliny, uzavreté tepluvzdorné nádoby na odpad, atď.)

Ako príklad jednotiek založených na pôsobení pary možno uviesť: Bondtech, ETC, Mark-Costello, Sierra Industires, SteriTech a Tuttnauer. Modernejšie autoklávy zahŕňajú vákuovanie, kontinuálne plnenie, drvenie, premiešavanie odpadov, vysušanie, chemické pôsobenie a lisovanie. Príklady týchto tzv. "pokročilých" autoklávov sú: San-I-Pak, Tencico Rotoclave, STI Chem-Clav, Antaeus SSM, Ecoletec, Hydroclave, Aegis Bio-systems, Log Med<sup>7</sup>.

Väčšina nízko-termických technológií je rozšírená v USA, kde bolo behom posledných piatich rokov uzavretých cez päť tisíc spaľovní nemocničných odpadov<sup>30</sup>. Tieto technológie sa však začínajú uplatňovať i v Európe. Medzi zariadenia inštalované v Európe založené na pôsobení horúcej pary patria Logmed, Ecodas, Steridos, ZDA-MP3 a ďalšie.

**Upozornenie:** HCWH a Priatelía Zeme – SPZ nepodporujú žiadnu konkrétnu technológiu, firmu alebo firemnú značku a netvrdia, že v tejto správe uvedené technológie musia predstavovať úplný zoznam technológií.

## Príklady systémov založených na pôsobení pary

### Tuttnauer: autokláv

Infekčný odpad je vkladáný do vriec vhodných k autoklávovaniu umiestnených v autoklávovateľných košoch na pojazdných vozíkoch. Naplnené koše sú premiestnené z vozíka do pracovného priestoru autoklávu. Operátor zavrie plniaci otvor a stlačením tlačidla sa naštartuje vopred naprogramovaný cyklus. Pomocou vákuovej pumpy sa odstráni vzduch. Do pracovného priestoru sa vženie para a odpad je vystavený jej pôsobeniu po daný čas. Po skončení cyklu sa odpad ochladzuje a suší za použitia vákua. Kôš s dezinfikovanými odpadmi je vyťahnutý z pracovnej komory, umiestnený na vozík a transportovaný k drviču alebo zhutňovaču.

<u>Kapacita:</u>	do 680 kg/h
<u>Náklady na zriadenie v USA:</u>	100-200 000 USD
<u>Technické parametre:</u>	teplota – 137°C; tlak – 3,5 bar; doba dezinfekcie – 20 minút
<u>Status:</u>	v prevádzke
<u>Kontakt na výrobcu:</u>	Tuttnauer Co. Ltd., 25 Power Drive Hauppauge, NY, 11788, USA, tel.: +1(631)7374850, e-mail: <a href="mailto:info@tuttnauer.com">info@tuttnauer.com</a> , <a href="http://www.tuttnauer.com/">http://www.tuttnauer.com/</a> Tuttnauer Europe b.v., Paardeweide 36, P.O.B. 719, 4800 GD Breda, The Netherlands, tel.: ++31 765 423 510, e-mail: <a href="mailto:info@tuttnauer.nl">info@tuttnauer.nl</a>

Na Slovensku sú výrobky firmy Tuttnauer distribuované firmou MediTec: <http://www.meditec-sk.sk/>

### Hydroclave: pôsobenie pary-premiešavanie –fragmentácia/vysušanie

Systém Hydroclave vyvinutý v Kanade je valcovitá nádoba s dvojitém plášťom a lopatkami vnútri pracovnej komory, ktoré premiešavajú a rozomieľajú odpad. Po vložení odpadu sa plniaci otvor uzavrie a para vysokej teploty je vháňaná do vonkajšieho plášťa, ktorý svojím povrchom zahrieva odpad vnútri nádoby. Behom tejto doby sa lopatky otáčajú a odpad sa rozomieľa. Vlhkosť obsiahnutá v odpade sa zahrievaním mení na paru a dochádza ku zvýšenému tlaku vo vnútornej nádobe. Pokiaľ odpad nie je dostatočne vlhký, pridáva sa malé množstvo pary do pracovnej komory, aby sa dosiahol potrebný tlak. Dezinfekcia prebieha pri teplote 132°C počas 15 minút či pri teplote 121°C počas 30 minút, pričom lopatky neustále rotujú, premiešavajú a rozomieľajú odpad. Po ukončení pracovného cyklu sa para odvádza pomocou kondenzátoru, zatiaľ čo sa plášť udržiava neustále horúci, a tak dochádza k vysušeniu odpadu. Po vysušení sa zapne spätný chod hriadeľa a odpad je vytláčaný na dopravník alebo do kontajnerov na odpad.

Test účinnosti zariadenia prevedený pre výrobcu ukázal mieru inaktivácie vyššiu než  $10^6$  ( $6\log_{10}$ ) ekvivalentné pre Bacillus stearothermophilus pri 30 minútovom cykle pri teplote 121°C alebo pri 15 minútovom cykle pri teplote 132°C<sup>31</sup>.

<u>Kapacita:</u>	90-900 kg/h
<u>Náklady na zriadenie (v USA):</u>	200-500 000 USD
<u>Technické parametre:</u>	teplota - 132°C; doba dezinfekcie – 15 minút
<u>Status:</u>	v prevádzke od 1994
<u>Kontakt na výrobcu:</u>	Hydroclave System Corporation, 672 Norris Court, Kingston, ON, Canada K7P 2R9, tel.: +1 (613) 389-8373, fax: +1 (613) 389-8554, e-mail: <a href="mailto:inquire@hydroclave.com">inquire@hydroclave.com</a> , <a href="http://www.hydroclave.com">http://www.hydroclave.com</a>



## **Ecodas:** drvenie/pôsobenie pary/odvodnenie

Firma Ecodas vyrába zariadenia na princípe autoklávu vyššej generácie, ktorý má v sebe zabudovaný drvič odpadov. Firma ponúka 3 typy v závislosti na množstve spracovávaného odpadu: T300(45kg/h), T1000 (90kg/h), T2000 (180kg/h).

Kontaminovaný odpad sa do autoklávu vkladá zvrchu plniacim otvorom, ktorý je potom hermeticky uzavretý. Vnútri autoklávu je ťažký drvič, ktorý odpad drví. Po rozdrvení odpadu je autokláv zahrievaný pomocou pary na teplotu 138°C, pričom tlak je zvyšovaný až na 3,8 bar. Ku sterilizácii dochádza pri zachovaní týchto parametrov po dobu 10 minút. Celý, plne automatický proces trvá 40-60 minút (pri type T1000). Po ukončení procesu zostáva dekontaminovaný odpad, ktorý svojimi vlastnosťami zodpovedá komunálnemu odpadu a môže s ním byť ako s komunálnym odpadom ďalej nakladané. Zariadenie redukuje objem odpadu až o 80%.

Autoklávy firmy Ecodas sú inštalované na niekoľkých miestach vo Francúzsku, väčšinou v jednotlivých zdravotníckych zariadeniach, ale existujú aj ako centrálné jednotky pre viacero nemocníc, napríklad v mestách Santes či Loos. Ďalej sú v prevádzke zariadenia v Maďarsku, Španielsku, na Cypre a z neurópskych krajín v Argentíne, Brazílii, Mexiku, Japonsku, Egypte, Libanone a Maroku<sup>32</sup>.

<u>Kapacita:</u>	45/90/180 kg/h
<u>Náklady na zriadenie:</u>	od 145 000 EUR
<u>Technické parametre:</u>	teplota – 138°C; tlak – 3,8 bar; doba dezinfekcie – 10 minút
<u>Status:</u>	v prevádzke od 1993
<u>Kontakt na výrobcu:</u>	Ecodas, 28, rue Sebastopol, 59100 Roubaix, Francúzsko, tel.: ++33 3 20 70 98 65, fax: ++33 3 20 36 28 05, e-mail: <a href="mailto:contact@ecodas.com">contact@ecodas.com</a> , <a href="http://www.ecodas.com">http://www.ecodas.com</a>

## **LOGMED:** drvenie/pôsobenie pary-premiešavanie-zhutňovanie

Systém LOGMED, ktorý je koncipovaný na spracovávanie 100-300kg odpadov/h, využíva na dezinfekciu horúcu paru. Táto technológia existuje v dvoch variantoch – LOGMED I a LOGMED II. Stacionárne zariadenie LOGMED I je používané na dezinfekciu odpadov pri teplote 110°C. Novší systém LOGMED II, ktorý môže byť stacionárny alebo mobilný, možno použiť vďaka možnosti nastavenia rozdielných teplôt (115/121/134°C) na dezinfekciu i na sterilizáciu.

Odpady vo vreciach sa umiestňujú do špeciálneho kontajnera, ktorý je po naplnení zodvihnutý zdvihacím zariadením a vyprázdnený do násypky autoklávu. Predtým než sa otvorí veko násypky, je z násypného priestoru odčerpaný cez filtračné zariadenie vzduch, aby nedošlo k uvoľneniu infekčných častí do prostredia. Po uzavretí veka násypky začne drviace zariadenie drvíť odpad.

Pomocou dávkovača je odpad posúvaný do pracovného priestoru vybaveného skrutkovým hriadeľom s dvojitým plášťom vyhrievaným pomocou vykurovacieho oleja. V prednej časti hriadeľa sa vháňa para, ktorá ohrieva odpad. Ohriaty odpad je privedený k ďalšiemu "horúcemu" hriadeľu, ktorý je rovnako dvojplášťový s vyhrievaním pomocou vykurovacieho oleja. Tu prebieha dezinfekcia a zhutňovanie odpadu, pri ktorom sa podstatne zníži jeho objem.

Podľa údajov výrobcu boli predchodcami systému LOGMED, zariadenia GDA 130S, 170S, 170SL a 200S dodané v rokoch 1992-1999 do zdravotníckych zariadení v SRN, Francúzsku, Španielsku, Rakúsku a na Maskarény. Technológia LOGMED I je v súčasnej dobe schválená v SRN, Francúzsku, Veľkej Británii a v štátoch Beneluxu. Okrem Európy je inštalovaná v Juhoafrickej republike a v Spojených arabských emirátoch<sup>33</sup>. Na zariadenie LOGMED II prebieha v súčasnej dobe expertná analýza, aby mohlo byť zaradené na zoznam povolených technológií na dezinfekciu odpadu.

<u>Kapacita:</u>	100-300 kg/h
<u>Náklady na zriadenie:</u>	950 000 USD
<u>Technické parametre:</u>	teplota – 134°C; tlak – 3,1 bar; doba dezinfekcie – 20 minút
<u>Status:</u>	v prevádzke od 1990
<u>Kontakt na výrobcu:</u>	Erdwich Zerkleinerungs Systeme GmbH, Kolping strasse 8, D-86916 Kaufering, Germany, tel.: +498191-9652-0, fax: +49-08191-9652-16, e-mail: <a href="mailto:infoline@erdwich.de">infoline@erdwich.de</a> , <a href="http://www.logmed.de">http://www.logmed.de</a>

## **STERIDOS:** Pôsobenie pary-premiešavanie-fragmentácia/sušenie

Autokláv je horizontálne položená, valcová tlaková nádoba s dvojitou stenou opatrená dvoma plniami otvormi a jedným výpustným otvorom na dne nádoby. Nádoba o objeme 9m<sup>3</sup> je vybavená axiálnym hriadeľom poháňaným motorom, na ktorom sú umiestnené ramená s pomaly rotujúcimi lopatkami vnútri nádoby. Vnútorý povrch zariadenia je opatrený reznými elementami.

Vrecia s nemocničným odpadom sa vkladajú do tlakovej nádoby vrchnými plniami otvormi, ktoré sa po naplnení hermeticky uzavrujú. Do plášťa nádoby sa zavedie para a spustí sa pohon hriadeľa s lopatkami. Pri zavedení pary do plášťa a vnútorného priestoru nádoby dôjde k vytvoreniu takej teploty a tlaku, ktoré zabezpečia dezinfekciu a dekontamináciu odpadu. Dekontaminácia prebieha po dobu 20 minút pri teplote 135-140°C a tlaku 2,7-3 bar.

Po uplynutí predpísanej doby sa pomocou ventilového systému zruší pretlak pary v nádobe a za neustáleho vyhrievania plášťa a pohybu lopatiek sa obsah nádoby suší. Para sa z vnútorného priestoru autoklávu odvádza do kondenzátora. V priebehu dekontaminácie dochádza v autokláve k nepretržitému rozomietaniu a rezaniu odpadu. Po programom predpísanej dobe sušenia sa zastaví pohyb rotora a obsluha otvorí výpustný otvor v spodnej časti autoklávu. Po opätovnom spustení pohonu v smere pre vyhrievanie obsahu je dekontaminovaný, rozomletý a vysušený odpad nahrnutý na pásový dopravník a dopravený na vlečku. V prípade potreby je odpad následne drvený na menšie časti a odvážaný na skládku<sup>34</sup>.

<u>Kapacita:</u>	2 zariadenia po 7500 t, 15 000 t/ročne
<u>Technické parametre:</u>	teplota – 135-140°C; tlak – 2,9-3,1 bar; doba dezinfekcie – 20 minút
<u>Status:</u>	v prevádzke od 1999
<u>Kontakt na výrobcu:</u>	IDOS Praha s.r.o., P.O.Box77, 261 01 Příbram-Háje, tel.: 318477111, fax: 318627196, e-mail: <a href="mailto:idos@idos-praha.cz">idos@idos-praha.cz</a>

## **ZDA- MP3:** Pôsobenie pary-premiešavanie

ZDA-MPE, Typ II je mobilné zariadenie na dezinfekciu infekčných nemocničných odpadov, ktoré využíva na zneškodňovanie odpadu horúcu paru.

Kontaminovaný odpad je vložený do zariadenia, pomocou rezačky rozdrvený a dezinfikovaný za prítomnosti horúcej pary. Uvádzaná teplota na dezinfekciu je 105°C, ale je možné nastaviť i vyššiu teplotu až 140°C pre dosiahnutie sterilizácie. Doba dezinfekcie trvá 15 minút. Zariadenie je kontrolované počítačom, teplotu, tlak a dobu dezinfekcie (sterilizácie) je možné nastaviť.

Mobilné zariadenie ZDA-MP3, Typ II, ktorého výrobcom je nemecká firma Maschinenvertrieb für Umwelttechnik, GmbH a ktoré je schválené a certifikované v SRN (podľa BGA-Liste, § 10c BSeuchG), sa používa na dezinfekciu zdravotníckych odpadov v Slovinsku. Zariadenie ZDA-M3 je ďalej schválené na použitie vo Švajčiarsku, Španielsku, v USA v štáte New York a bolo požiadané o schválenie vo Francúzsku, Taliansku a a štátoch Beneluxu<sup>35</sup>. Autokláv je rovnako v prevádzke v Poľsku v meste Rybnik, kde slúži pre nemocnice a lekárskej praxi v meste.

<u>Technické parametre:</u>	teplota-105°C (možnosť i vyššej teploty); tlak-5 bar; doba dezinfekcie-15 minút
<u>Status:</u>	v prevádzke od 1995
<u>Kontakt:</u>	na prevádzkovateľa zariadenia v Slovinsku: Mollier, Opekarniška 3, 3000 Celje, Slovinsko, tel.: ++386 3 42 88 400, fax: ++386 3 42 88 402, e-mail: <a href="mailto:info@mollier.si">info@mollier.si</a> , <a href="http://www.mollier.si">http://www.mollier.si</a>

## Mikrovlonné systémy

Mikrovlonné systémy na zneškodňovanie odpadov pracujú na obdobnom princípe ako mikrovlonné rúry, ktoré poznáme z domácností. Zariadenie volané magnetron mení elektrickú energiu s vysokým napätím na energiu mikrovlón, čo sú veľmi krátke vlny elektromagnetického spektra. Mikrovlony sú usmerňované do špecifického miesta (priestor na varenie v mikrovloných rúrach, priestor na dezinfekciu odpadu pri mikrovloných systémoch), kde rozkmitávajú molekuly vody, pričom dochádza ku zvyšovaniu teploty a premene vody na paru. V podstate sú mikrovlonné systémy založené tiež na dezinfekcii pôsobením horúcej vody a pary.

Mikrovlonný dezinfekčný systém sa skladá z pracovného priestoru (komory), kde prebieha dezinfekcia a kam je usmerňované mikrovlonné žiarenie. Väčšina mikrovloných zariadení používa 2-6 magnetronov s jednotlivým výkonom 1,2kW, čo sú štandardné zariadenia s kmitočtom 2450MHz. Niektoré systémy používajú ručné dávkovanie, niektoré sú poloautomatické. Sanitec, Sintion a Medister sú príklady mikrovloných jednotiek v Európe.

### • Ako mikrovlonný systém pracuje (popísané na základe systému Sanitec)

**Vkladanie odpadov:** infekčný odpad vo vreciach je vložený do vozíka pripevneného ku zdvíhaciemu zariadeniu, ktoré vyklolí odpad do násypného koša umiestneného na vrchu systému. Predtým, než ale dôjde k otvoreniu násypky, sa do nej vženie para s vysokou teplotou a potom sa ohriaty vzduch z priestoru násypky odsaje a prefiltruje cez filtračné zariadenie, aby nedošlo k uvoľneniu patogénnych zárodkov do okolitého prostredia.

**Drvenie odpadov:** potom čo sa veko násypného koša uzavrie, je odpad rozomletý pomocou rotujúceho podávača a potom drvený na menšie kúsky drvičom.

**Pôsobenie mikrovlón:** Rozdrvené častičky odpadu sú automaticky dopravované do pracovného priestoru pomocou skrutkového dopravníka. Tu sú najprv vystavené pôsobeniu horúcej pary a potom zahrievaniu pomocou 4 alebo 6 generátorov mikrovlón (magnetronov) s jednotlivým výkonom 1,2 kW. Odpad je zahrievaný na 95-100°C počas minimálne 30 minút. Dezinfikovaný odpad je ďalej posúvaný a padá do pripravených nádob na ďalšie uloženie.

**Eventuálny druhotný drvič:** Dekontaminovaný odpad môže prechádzať ďalším drvičom, ktorý je schopný ho drviť na ešte menšie kúsky. Tento druhotný drvič sa používa v prípade, keď sa v mikrovlonnom zariadení spracovávajú i ostré predmety.

**Vykládanie odpadu:** dekontaminovaný odpad je unášaný pomocou ďalšieho skrutkového dopravníka z pracovného priestoru priamo do nádob alebo kontajneru na odpadky. Odpad môže byť ešte zhutnený v zhutňovači alebo deponovaný na skládku komunálneho odpadu.

### • Druhy odpadov, s ktorými možno nakladať v mikrovloných zariadeniach

Typy odpadov spracovávané v mikrovloných zariadeniach sú identické s odpadmi dekontaminovanými v autoklávoch alebo retortách. Patria k nim tkanivové kultúry a kmene, ostré nástroje, materiály kontaminované krvou a obmedzeným množstvom tekutín, odpady z infekčných oddelení, chirurgické odpady, laboratórny odpad (vynímajúc chemikálie) a tzv. "mäkký" odpad (gázy, obvazy, rúška, plášte, posteľné prádlo) pochádzajúce zo zdravotnej starostlivosti. S dostatočne dlhou dobou pôsobenia zodpovedajúcou vysokou teplotou a následným použitím mechanickej úpravy tak, aby nebol odpad po spracovaní rozpoznateľný, je technicky možné spracovávať taktiež anatomický odpad zo zdravotníctva, avšak etické, legislatívne, kultúrne a ďalšie faktory bránia tomuto spôsobu nakladania.

Prchavé a čiastočne prchavé organické zlúčeniny, chemoterapeutický odpad, ortuť, chemikálie radiácie sa medzi nebezpečné odpady a rádioaktívny odpad by nemali byť spracovávané v mikrovlonnej jednotke.

### • Emisie a reziduá odpadov

Štúdie<sup>36</sup> prevedené laboratórnou skupinou v Connecticute v USA, laboratóriom v Londýne a výskumným ústavom v Lyone indikujú, že emisie aerosolu (v priebehu procesu plnenia) sú minimalizované pri zariadení Sanitec. Nezávislá štúdia<sup>37</sup> prevedená Národným inštitútom pre bezpečnosť práce a zdravie (National Institute for Occupational Safety and Health – NIOSH) v USA nezistila v pracovnom okolí mikrovloného zariadenia vyššie hladiny prchavých organických látok (VOC) než pripúšťa limit stanovený NIOSH. Najvyššia hladina bola zistená pri propanole, 2 318 mg/m<sup>3</sup>.

### • Mikrobiálne inaktivácie

Mikrobiologická štúdia<sup>38</sup> prevedená na dekontaminovanom odpade z mikrovloného zariadenia nepreukázala následný rast mikroorganizmov (korešpondujúci hladine redukcie 7 log<sub>10</sub>) pre nasledujúce testované organizmy: Bacillus subtilis, Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus, Enterococcus faecalis, Nocardia asteroides, Candida albicans, Aspergillus fumigatus, Mycobacterium bovis, Mycobacterium fortuitum.

## • Výhody a nevýhody technológie

### Výhody:

- Pretože mnoho ľudí používa mikrovlnnú rúru v domácnosti je ľahké pre pracovníkov nemocníc a verejnosť tejto metóde porozumieť a akceptovať ju.
- Táto metóda je akceptovaná v mnohých krajinách vrátane Českej republiky
- Ak sa zachováva správne triedenie odpadov tak, aby sa do zariadenia nedostal nebezpečný materiál, sú emisie z mikrovlnných zariadení minimálne.
- Spravidla nevzniká tekutý odpad.
- Ak je zabudovaný vnútorný rozomieláč alebo drvič, dochádza k redukcii objemu až o 70-80%.
- Technológie sú spravidla automaticky (počítačovo)riadené.

### Nevýhody:

- Ak sa toxické látky dostanú do odpadu, uvoľňujú sa do prostredia.
- V bezprostrednom okolí mikrovlnných systémov sa môže vyskytnúť nepríjemný zápach.
- Pokiaľ systém neobsahuje drviace zariadenie, je často nutné použiť následne drvič odpadov tak, aby bol odpad nerozpoznateľný.

## Príklady systémov založených na pôsobení mikrovln

### Sanitec

Zariadenie Sanitec je založené na kombinácii drvenia odpadu a pôsobenia mikrovlnného žiarenia. Skladá sa zo zdvíhacieho zariadenia, násypného koša, drviča, skrutkového hriadeľa (posúva odpad smerom k mikrovlnným generátorom), generátora pary, sekundárneho drviča, výsypky a kontrolného panelu. Firma dodáva 2 typy: HG-A 100S s kapacitou spracovania odpadov 100-181 kg/h a HG-A 250S s kapacitou 250-408 kg/h.

Obidva typy sú k dispozícii v stacionárnom aj v mobilnom prevedení. Zariadenie je umiestnené v celokovovom plášti, systém teda môže byť inštalovaný vo vonkajšom prostredí. Zariadenie nie je nutné napájať na kanalizačný systém, lebo nevznikajú žiadne tekuté odpady.

Proces je kontrolovaný senzormi a mikroprocesormi, ktoré zaisťujú dodržiavanie riadnej teploty po celú dobu dezinfekcie.

Podľa informácií výrobcu sú inštalované dve zariadenia Sanitec v nemocnici Chase Farm v Enfile, Middlesexu a sú prevádzkané firmou Polkacrest / London Waste. Ročná kapacita týchto dvoch zariadení je 3 600t. Okrem Enfieldu sú ďalšie jednotky inštalované vo Veľkej Británii a v Španielsku. Zariadenie Sanitec je schválené na prevádzku v nasledujúcich krajinách Európy: Francúzsko, SRN, Írsko, Veľká Británia, Španielsko, Švajčiarsko. Mimo Európu sú zariadenia inštalované v nasledujúcich štátoch: Austrália, Brazília, Kanada, USA, India, Japonsko, Kuvajt, Filipíny, Saudská Arábia, Južná Afrika, Južná Kórea.

<u>Kapacita:</u>	100 – 480 kg/h
<u>Náklady na zriadenie:</u>	500-600 000 USD
<u>Technické parametre:</u>	teplota – 95-100°C; doba dezinfekcie-min. 30 minút
<u>Status:</u>	v prevádzke od 1990
<u>Kontakt na výrobcu:</u>	Sanitec Group LLC, 59 Village Park Road, Cedar Grove, NJ 07009, USA, tel.: +1-973-227-8855, fax: +1-973-227-9048

### SINTION

SINTION je mikrovlnná jednotka určená pre malé množstvo odpadov, ktorá môže byť inštalovaná v blízkosti miesta vzniku odpadov. Je založená na pôsobení mikrovln a nasýtenej pary na dezinfekciu a sterilizáciu zdravotníckych odpadov v závislosti na zvolenom programe a teplote.

Odpad je umiestnený do vreca prepúšťajúceho paru tak, aby mohla preniknúť až k odpadom (nemali by byť používané dvojité vrecia alebo uzavreté kontajnery; kontajnery na ostré predmety odolné proti prepichnutiu by nemali byť hermeticky uzavreté). Obsluha zdvihne veko a vloží vrece s odpadom do dezinfekčnej komory (1 vrece pre jeden cyklus). Povrch odpadu je vystavený pôsobeniu pary, zatiaľ čo pôsobenie mikrovlnného žiarenia zahrieva odpad zvnútra, pričom dochádza k usmrteniu mikroorganizmov.

Teplota v dezinfekčnej komore je 121°C, môže však dosiahnuť až 134°C, pokiaľ je potrebné. Dobu pôsobenia mikrovlnného žiarenia je možné nastaviť. Väčšinou trvá dezinfekcia 10 až 30 minút v závislosti na zvolenej teplote. Po ukončení

dezinfekčného cyklu sa odpad vyberie a môže byť následne spracovaný v drviči alebo zhutňovači.

Zariadenie SINTION bolo testované a akceptované ako vhodná technológia Inštitútom Roberta Kocha v SRN, obdržalo certifikát TUV Rakúsko a bolo schválené v štáte New York, USA. Firma na svojich internetových stránkach odkazuje i na ďalšie prevedené testy a obdržané certifikáty v rôznych krajinách<sup>39</sup>.

<u>Kapacita:</u>	do 35 kg/h
<u>Technické parametre:</u>	teplota – 121/134°C; tlak-1/2 bar; doba dezinfekcie-10-20 minút
<u>Status:</u>	v prevádzke od 1995
<u>Kontakt na výrobcu:</u>	CMB Maschinenbau und Handels GmbH, Plabutscherstr. 115, 8051 Graz, Austria, tel.: ++43 316 685515-0, fax: ++43 316 685515-210, e-mail: <a href="mailto:cmb@christof-group.at">cmb@christof-group.at</a> , <a href="http://www.christof-group.at">http://www.christof-group.at</a>

## Medister

Rakúska firma Meteka dodáva zariadenie Medister vhodné na dekontamináciu infekčných odpadov, ktoré je založené na pôsobení mikrovln. Typy Medister 10, 60, 160 sa líšia objemom spracovávaného odpadu a možno v nich dezinfikovať rôzne druhy infekčného odpadu. MEDISTER 360 slúži na sterilizáciu vysoko infekčného materiálu rovnako ako pre odpady z výskumných laboratórií používajúcich geneticky modifikované organizmy, kde je nutné dokonalé usmrtenie biologického materiálu.

Ďalším typom zariadenia na sterilizáciu odpadov je Medister HF, ktorý používa bežnú vodu z kohútika. Voda sa v zariadení mení na paru zahrievaním pomocou vysokofrekvenčnej energie. Výrobca uvádza účinnosť zariadenia na usmrtenie spór *Bacillus stearothermophilus* vyššiu než  $10^6$  ( $6\log_{10}$ )<sup>40</sup>.

Dekontaminačné zariadenia pre zdravotnícky odpad Medister sú používané aj v okolitých krajinách, napríklad v Českej republike (v nemocnici u sv. Anny v Brne, Fakultnej nemocnici v Brne-Bohuniciach, Fakultnej detskej nemocnici v Brne<sup>41</sup>, Chomutove). Pri prvých troch menovaných nemocniciach je však dekontaminovaný odpad následne spaľovaný, čím zaniká pravý účel zavádzania nespáľovacích technológií, teda eliminácie nebezpečných perzistentných organických látok (napr. dioxínov) vznikajúcich pri spaľovaní odpadov.

<u>Kapacita:</u>	6-60 l/cyklus
<u>Náklady na zriadenie:</u>	od 70 000 USD
<u>Technické parametre:</u>	teplota – 110/121/134°C; doba celého cyklu – 45 minút
<u>Status:</u>	v prevádzke od 1991
<u>Kontakt na výrobcu:</u>	Burgasse 108, 8750 Judenburg, Austria, tel.: +43 3572 85166, fax: +43 3572 85166 6, e-mail: <a href="mailto:info@meteka.com">info@meteka.com</a> , <a href="http://www.meteka.com/">http://www.meteka.com/</a>

# Nízko-termické technológie založené na pôsobení horúceho vzduchu

Obdobne ako sa používajú teplovzdušné rúry na sterilizáciu sklenených a iných predmetov na opakované použitie, bola táto technológia aplikovaná aj pre dekontamináciu zdravotníckych odpadov. Procesy založené na pôsobení horúceho vzduchu nepoužívajú vodu či paru. Odpady sú ohrievané núteným prúdením horúceho vzduchu alebo s pomocou tepelného žiariča. Systémy založené na pôsobení horúceho vzduchu pracujú za vyšších teplôt než parné prístroje. Doba pôsobenia horúceho vzduchu závisí od vlastností a veľkosti odpadov.

Ako príklad systému fungujúceho na báze prúdenia horúceho vzduchu možno popísať technológiu KC MediWaste, ktorá bola prvýkrát inštalovaná v lekárskom centre Mercy v meste Laredo v Texase. Základ zariadenia tvorí vzduchotesná komora z nehrdzavejúcej ocele, do ktorej je privádzaný rozomletý odpad. Ten je vystavený pôsobeniu ohriateho vzduchu vháňaného vysokou rýchlosťou do spodnej časti komory cez systém lopatiek a štrbín, ktorý sa podobá lopatkám turbíny. Horúci vzduch je usmerňovaný tak, aby spôsobil rotáciu častí odpadov okolo vertikálnej osi. Za týchto podmienok môže dochádzať k účinnému prenosu tepla. Behom 4-6 minút je získaný suchý odpad u ktorého nie je možné rozpoznať, že sa jedná o nemocničný odpad. Ďalší systém používajúci horúci vzduch je napríklad TWT Demolizer.

### • Ako pracuje systém teplovzdušnej dezinfekcie (popis založený na systéme KC MediWaste)

**Vkladanie odpadov:** Vrecia s infekčným odpadom sú naložené na vozík pripnutý k zariadeniu, ktoré vozík zdvíha a zároveň automaticky otvára veko vzduchotesného násypného koša. Po otvorení veka je odpad vyprázdnený do násypky, pričom sa zachováva podtlak, aby sa zabránilo tvorbe a uvoľňovaniu aerosolu.

**Rozomieľanie odpadov:** Odpad je rozomieľaný na častičky veľké približne 19 mm a je pretláčaný cez nastaviteľné sito do dezinfekčného priestoru.

**Dávkovanie:** Množstvo odpadu vháňaného do pracovnej komory je kontrolované plniacou klapkou. Tá sa automaticky otvára po vyprázdnení komory.

**Pôsobenie horúceho vzduchu:** Potom, čo je rozomletý odpad dopravený do pracovného priestoru, je vystavený pôsobeniu rýchle prúdiaceho horúceho vzduchu (171°C). Teplota v komore po zavedení odpadu dočasne poklesne, svoje pôvodné hodnoty dosiahne asi po 4 minútach.

**Vykládanie odpadov:** Po uplynutí doby pôsobenia sa výpustný otvor otvorí a odpad je behom niekoľkých sekúnd doslova vyvrhnutý z pracovnej komory a padá do pripravených nádob.

**Zhutňovanie a ukladanie na skládku:** Suchý nerozpoznateľný odpad je zhutňovaný a ukladá do pripravených nádob, v ktorých sa deponuje na skládku komunálneho odpadu.

### • Druhy odpadov, s ktorými možno nakladať

Typy odpadov spracovávané v zariadeniach využívajúcich horúci vzduch sú podobné tým, ktoré možno spracovávať v autoklávoch alebo mikrovlnných zariadeniach a zahŕňajú kultúry a infekčný materiál, ostré predmety, odpady znečistené krvou a telesnými tekutinami, odpady z infekčných oddelení, odpady z laboratórií (okrem chemikálií), chirurgický odpad a mäkké odpady (gázy, bandáže, chirurgické rúška, plášte, nemocničnú bielizeň, atď.). Navyše môžu byť v zariadeniach ošetrované tekuté odpady ako krv alebo telesné tekutiny. Je taktiež technicky možné spracovávať anatomické odpady, ale etické, legislatívne, kultúrne a iné dôvody môžu v rôznych krajinách vylúčiť taký spôsob zneškodňovania odpadov.

Prchavé a čiastočne prchavé organické zlúčeniny, chemoterapeutický odpad, ortuť, chemikálie patriace medzi nebezpečné odpady a rádioaktívny odpad by nemali byť spracovávané v teplovzdušných systémoch.

### • Emisie a reziduá odpadov

Odsávaný vzduch z priestoru násypky je filtrovaný cez vysoko účinný časticový vzduchový filter (HEPA) a uhlíkový filter aby došlo k odstráneniu patogénov v aerosole a nepríjemných pachov. Mokry vzduch z pracovnej komory je chladený vo Venturiho práčke na plyn, ktorá zachytáva i malé častice.

### • Mikrobiálne inaktivácie

Mikrobiologické testy používajúce indikátorové papierikov s *B. subtilis* var. *niger* (druh používajúci sa štandardne na testovanie systémov využívajúcich pôsobenie horúceho vzduchu) vložené do pracovnej komory preukázali usmrtenie v rade  $10^6$  (6log10) behom zhruba 3 minút<sup>42</sup>.

## • Výhody a nevýhody technológie

### **Výhody:**

- Základný dizajn pracovnej komory je jednoduchý (je popisovaný ako trúba na popcorn). Technológia Torben, na ktorej princípe je KC MediWaste založený, sa používa mnoho rokov aj na iné účely (minerály, jedlo).
- Ak sa zachováva správne triedenie odpadov tak, aby sa do zariadenia nedostal nebezpečný materiál, sú emisie minimálne.
- Technológia môže spracovávať odpady s rôznym obsahom vody, vrátane krvi a telesných tekutín.
- Nie sú žiadne kvapalné odpady
- Vnútorný drvič a zhutňovač po ukončení cyklu znižuje objem odpadu až o 80%.
- Proces je automatizovaný a je treba iba jedného operátora.

### **Nevýhody:**

- Pokiaľ sa toxické zložky dostanú do odpadu, uvoľnia sa do prostredia.
- V okolí zhutňovača sa môže vyskytovať slabý zápach.
- Veľké tvrdé kovové predmety môžu spôsobiť problémy s drvičom.
- KC MediWaste je relatívne nová technológia.

## Technológie založené na pôsobení chemikálií

Chemické procesy fungujú na princípe dezinfekcie za prítomnosti chemických činidiel. Používa sa celý rad chemických látok – zlúčeniny chlóru, ozón, oxid vápenatý, hydroxid sodný a draselný, kyselina peroxyoctová a ďalšie. Niektoré chemikálie ako napríklad ozón nemenia fyzický vzhľad odpadov, iné vyvolávajú chemické reakcie, ktoré menia fyzikálne a chemické vlastnosti odpadov. Výhodou technológií založených na iných chemických činidlách než na zlúčeninách chlóru je skutočnosť, že tieto metódy neprodukurujú vedľajšie chlórované produkty. Ako príklad nechlórových chemických činidiel možno uviesť:

Oxid vápenatý známy skôr ako vápno je biely až šedý prášok bez zápachu vyrábaný zahrievaním vápenca. Reaguje s vodou a vytvára hydroxid vápenatý, ktorý môže dráždiť oči a dýchací trakt.

Ozón je oxidačné činidlo, ktoré obsahuje 3 atómy kyslíka ( $O_3$ ) namiesto bežných dvoch ( $O_2$ ). Pretože je ozón vysoko reaktívny, rozkladá sa na stabilnú formu  $O_2$ . Ozón sa používa na sterilizáciu pitnej vody, v čistiarňach komunálnych a priemyselných odpadových vôd, pri kontrole zápachu, čistení vzduchu, v poľnohospodárstve a potravinárskom priemysle. Ozón môže dráždiť oči, nos a dýchací systém.

Zásady ako hydroxid sodný alebo draselný sú silnými žieravinami. Používajú sa v chemickom priemysle, kontrole pH, výrobe mydiel a ďalších procesoch. Kontakt s rôznymi chemikáliami vrátane kovov môže spôsobiť horenie. Koncentrované roztoky hydroxidov sú natoľko žieravé, že môžu zanechať trvalé popáleniny, spôsobiť slepotu alebo dokonca i smrť. Aerosol hydroxidov môže spôsobiť poranenie pľúc.

Kyselina peroxyoctová sa používa v nemocniciach na sterilizáciu povrchu lekárskeho pomôcok. Silne dráždi kožu, oči a mukózne membrány. Dlhodobý kontakt s kožou môže spôsobiť problémy s pečeňou, obličkami a srdcom.

### • Druhy odpadov, s ktorými možno nakladať

Odpady bežne spracovávané v technológiách založených na pôsobení chemikálií zahŕňajú: kultúry a kmene, ostré predmety, anatomický a patologický odpad vrátane krvi a telesných tekutín, chirurgické odpady, odpady z infekčných oddelení, laboratórne odpady (s výnimkou chemikálií) a tzv. mäkký odpad (gázy, obvazy, rúška, plášte, posteľné prádlo) zo zdravotníckej starostlivosti. Etické, legislatívne, kultúrne a ďalšie faktory môžu brániť spracovaniu anatomického odpadu v zariadeniach využívajúcich chemikálie.

Typy odpadov, ktoré môžu byť dezinfikované, závisia na špecifickej technológii a dezinfekčnom činidle. Napríklad zásaditá hydrolýza je vhodná pre tkanivový odpad, mŕtve telá zvierat, anatomický odpad, krv a telesné tekutiny. Môže taktiež zničiť aldehydy, fixatíva a cytostatiká. Technológia na báze kyseliny peroxyoctovej vybavená mechanickým zariadením na deštrukciu odpadu môže dezinfikovať ostré predmety, sklo, laboratórny odpad, krv a iné telesné tekutiny, kultúry a ďalší kontaminovaný materiál.

Prchavé a čiastočne prchavé organické zlúčeniny, chemoterapeutický odpad, ortuť, chemikálie patriace medzi nebezpečné odpady a rádioaktívne odpady by nemali byť spracovávané v zariadeniach na báze pôsobenia chemických činidiel.

### • Emisie a reziduá odpadov

Chemické systémy spravidla vyžadujú drvenie odpadov, a tak existuje možnosť úniku aerosolu. Aby sa únikom zabránilo, pracujú chemické systémy v súčasnej dobe ako uzavreté systémy alebo využívajú podtlak a filtrujú odsávaný vzduch cez filtre (napr. HEPA). Tieto bezpečnostné opatrenia je nutné vždy dodržiavať. Ďalším problémom spojeným s bezpečnosťou práce a zdravím môžu byť výpary a nechcené úniky zo zásobníkov s chemikáliami alebo zo zariadenia. Chemické dezinfekčné prostriedky sa niekedy skladujú v koncentrovanej forme, čím sa zvyšuje riziko nebezpečia poškodenia zdravia pracovníkov.

### • Mikrobiálne inaktivácie

Mikroorganizmy sa líšia vo svojej rezistencii k pôsobeniu chemikálií. Najmenej odolné sú vegetatívne baktérie a plesne, spóry plesní a lipofilné vírusy. Rezistentnejšie sú hydrofilné vírusy, mykobaktérie a bakteriálne spóry ako napr. spóry *B. Stearothermophilus*. Pre každý systém by mali byť prevedené bakteriálne testy, ktoré preukážu minimálnu účinnosť usmrtenia rádovo  $10^4$  u spór *B. stearothermophilus* za normálnych prevádzkových podmienok.

### • Výhody a nevýhody technológie

#### Výhody:

- Technológie sú väčšinou automatizované a jednoduché na použitie.
- Tekuté odpady môžu byť spravidla vypustené do bežného odpadového systému.



- Nie sú produkované žiadne vedľajšie produkty spaľovania.
- Ak technológia obsahuje drviace zariadenie, odpad je nerozpoznateľný.

### Nevýhody:

- Existujú obavy tvorby možných vedľajších toxických produktov v odpadovej vode veľkých systémov využívajúcich chlór alebo chlórnaný.
- Používanie chemikálií predstavuje určité riziká pre pracovníkov.
- Ak sú nebezpečné chemikálie prítomné v odpade, tieto látky sa uvoľňujú do vzduchu a odpadovej vody alebo zostávajú v odpade a kontaminujú tak skládku odpadov. Môžu taktiež reagovať s dezinfekčnými prostriedkami a produkovať ďalšie látky, ktoré môžu, ale nemusia byť nebezpečné.
- Pokiaľ systém používa kladivové mlyny alebo drviace zariadenie, hladina hluku môže dosahovať vysokých hodnôt.
- V okolí niektorých systémov sa môže vyskytovať nepríjemný zápach.
- Veľké kovové predmety v odpade môžu poškodiť mechanické zariadenia ako sú drviče.

## Príklady systémov založených na pôsobení chemikálií

**Waste reduction by Waste reduction (WR<sup>2</sup>)** využíva metódu alkalického hydrolyzy, ktorá mení mikrobiálne a živočíšne tkanivá na neutrálny a dekontaminovaný vodný roztok. WR<sup>2</sup> využíva proces alkalického hydrolyzy pri zvýšenej teplote. Proces rovnako ničí fixatíva v tkanivách a ďalšie nebezpečné chemikálie, vrátane formaldehydu a glutaraldehydu. Základ zariadenia tvorí tepelne izolovaná nádrž z nehrdzavejúcej ocele, ktorá je dvojplášťová a vyhrievaná parou. Súčasťou je taktiež vyberateľný kôš, v ktorom po procese zostávajú zbytky kostí a zubov.

Potom, čo je odpad v koši vložený do pracovného priestoru zariadenia, nádrž sa hermeticky uzavrie. Do zariadenia je dodaný hydroxid spolu s vodou v množstve, ktoré je úmerné množstvu odpadu. Obsah, ktorý je neustále premiešavaný, sa konštantne zahrieva na 110-127°C (pokiaľ je to nutné i na 150°C). V závislosti na množstve zásady a teplote trvá proces hydrolyzy medzi 3 až 8 hodinami.

Podľa údajov výrobcu môže táto technológia údajne zneškodniť i chemoterapeutický odpad, a je tak nespáľovacou alternatívnou technológiou na likvidáciu cytostatík. Touto technológiou môžu byť zničené všetky antineoplastické (protinádorové) lieky, ktoré US EPA zaradila medzi nebezpečné odpady.

#### Kontakt na výrobcu:

Waste Reduction by Waste Reduction Europe Ltd. (WRE),  
Clydebank Riverside MediPark, Beardmore Street,  
Clydebank, Glasgow G81 4SA, UK,  
tel.: +44 (0) 141 951 5980,  
fax: +44 (0) 141 951 5985,  
e-mail: [wreurope@wreurope.com](mailto:wreurope@wreurope.com), <http://www.wreurope.net>

**Steris EcoCycle 10<sup>43</sup>** je kompaktný systém určený na úpravu malých objemov. Možno ho používať v mieste, kde odpad vzniká, alebo blízko neho. Každých desať minút spracuje 2,3-3,6 kg odpadu vrátane striekačiek, ihliel, skla, laboratórneho odpadu, krvi, iných telesných tekutín, vzoriek kultúr a iných kontaminovaných materiálov. Odpady sú zhromažďované v nádobách na jedno použitie, ktoré sa umiestňujú do prenosnej spracovacej komory v mieste vzniku. Po naplnení je komora pomocou vozíka, poskytovaného na zvláštnu objednávku, prepravená k pracovnej jednotke. Do komory je vložený dekontaminačný prostriedok na báze kyseliny peroxyoctovej (množstvo použitého prípravku závisí na množstve kvapaliny v odpade). Na začiatku pracovného cyklu je materiál drvený, potom sa otvorí fľaštička s dekontaminačným prostriedkom a odpad sa po dobu 10-12 minút chemicky dezinfikuje. Veko pracovnej komory obsahuje vymeniteľný HEPA filter, ktorý bráni úniku patogénnych zárodkov vo forme aerosolu. Na konci cyklu je komora umiestnená na výkyvnú konzolu a jej obsah je vyklopený do jednotky separácie kvapalín (plastový vak). Odpad sa preplachuje vodou. Odpadová kvapalina je prefiltrovaná a potom vypustená do kanalizácie, zatiaľ čo odpad zostáva v plastovom vaku a je ďalej likvidovaný ako bežný komunálny odpad. Vedľajšími chemickými produktami dekontaminačného prostriedku sú kyselina octová a určité množstvo peroxidu vodíka, ktorý sa nakoniec rozštiepi za vzniku slabého roztoku kyseliny octovej. Testy inaktívacie mikróbov<sup>44</sup> ukazujú usmrtenie rádovo 10<sup>6</sup>-10<sup>8</sup> u 13 druhov mikroorganizmov vrátane B. subtilis, Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa, bakteriofagu MS-2, Mycobacterium bovis, poliovíru, Aspergillus fumigatus, Candida albicans a Giardia muris. Firma Steris dodáva svoje dekontaminačné činidlo na trh v dvoch dávkach: STERIS-SW, určený predovšetkým pre pevné odpady s nízkym organickým podielom; STERIS-LW pre odpad s vysokým kvapalným podielom a vysokým obsahom organického materiálu.

#### Kontakt na výrobcu:

5960 Heisley Road, Mentor, Ohio 44060-1834, USA,  
tel.: +1 440-354-2600, fax: +1 440 639 4450,  
[www.steris.com](http://www.steris.com)

Firma **Lynntech**<sup>45</sup> vyvíja technológiu, ktorá ako dekontaminačný prostriedok využíva ozón. Ozón je silné oxidačné činidlo, ktoré dokáže ničiť mikroorganizmy a ľahko sa premieňa na molekulárny kyslík. V systéme firmy Lynntech sa zdravotnícky odpad umiestni do úpravnej komory obsahujúcej nízkorychlostný rozomieľáč s vysokým točivým momentom. Elektrochemický generátor ozónu produkuje 2,3 kg ozónu za deň v koncentráciách až 18 hm.% pod tlakom, ako zdroj pritom využíva vodu. Voda cirkuluje medzi zásobnou nádržou a batériou elektrochemických článkov, v ktorých je pri laboratórnej teplote generovaný ozón a kyslík. Keď je 100 kg rozomletého zdravotníckeho odpadu vystavené pôsobeniu približne 14 hm.% ozónu po dobu štyroch hodín, je dosiahnuté zníženie počtu endospór B. subtilis rádovo  $10^4$ . Na základe vojenského letectva Lackland Air Force Base v Texase bola počas troch týždňov testovaná poloprevádzková jednotka. Technológiu možno používať ako prenosný terénny dezinfekčný systém.

Kontakt na výrobcu: 7610 Eastmark Drive, Suite 105, College station,  
TX 77840, USA, tel.: +1 409 693 0017,  
fax: +1 409 764 7479, [info@lynntech.com](mailto:info@lynntech.com),  
<http://www.lynntech.com>

Firma **CerOx Corporation**<sup>46</sup> vyvíja technológiu katalyzovanej elektrochemickej oxidácie, ktorá využíva kovový katalyzátor cérium v kyslom roztoku k oxidácii organického odpadu v reaktore. Tento systém je vyvíjaný za účelom zničenia cytotoxického odpadu, farmaceutických preparátov, alkoholov, chlórovaných rozpúšťadiel, dioxínov, polychlóvaných bifenyllov (PCB), pesticídov, slabó rádioaktívneho odpadu a ďalších organických látok.

Kontakt na výrobcu: CerOx Corporation 2602 Airpark Drive, Santa Maria,  
CA 93455, phone: +1 805 925 8111,  
fax: +1 805 925 8218, <http://www.cerOx.com>

## Iné systémy

V tejto správe nie sú zahrnuté technológie, ktoré využívajú chemické zlúčeniny nie pre ich dezinfekčné účinky, ale pre ich schopnosť solidifikácie alebo enkapsulácie (opúzdrenie) odpadu. Niektoré enkapsulačné činidlá sú rýchlo pôsobiace polyméry na akrylátovej alebo epoxidovej báze, ktorá v sebe obsahuje antimikrobiálne činidlá na dezinfekciu odpadu. Mnohé firmy deklarujú, že ich systémy neprodujú toxické emisie a že premieňajú biologicky nebezpečné kvapaliny na bezpečné materiály. Tieto informácie je potrebné preveriť.

Zdravotnícke zariadenia by si mali vyžiadať výsledky testov účinnosti inaktivácie mikróbov, výluhov, testov toxicity, testov expozície pracovníkov atď. a starostlivo ich preskúmať, aby získali istotu, že výsledný solidifikovaný odpad je skutočne dezinfikovaný a bezpečný. Pretože organický materiál v kvapalnom zdravotníckom odpade môže znižovať účinnosť antimikrobiálnych prostriedkov, mali by byť prevedené testy dezinfekcie s použitím 100% séra, pričom sa má dodržať riedenie, špecifikované na štítku produktu. Zariadenia by si taktiež mali od dodávateľov zistiť, či solidifikačné a sanitačné prostriedky sami o sebe nie sú nebezpečné látky a či výsledný zapúzdrovaný odpad možno likvidovať na skládke.

## Radiačné, biologické a ďalšie technológie

Táto kapitola popisuje technológie, ktoré využívajú radiačné a biologické procesy na dekontamináciu zdravotníckeho odpadu. Popis radiačných technológií je zameraný na systémy využívajúce elektrónový zväzok. Biologických systémov na úpravu odpadu zo zdravotníctva bolo navrhnutých pomerne málo. Technológie biologickej úpravy sú stále ešte vo fáze výskumu a vývoja.

### Radiačné technológie

Pokiaľ má elektromagnetické žiarenie dostatok energie na vyrazenie elektrónov z ich atómových orbitov, hovorí sa o ňom ako o ionizačnom žiarení - jedná sa napríklad o röntgenové alebo gama žiarenia. (Neionizačné žiarenie, napr. mikrovlny alebo viditeľné svetlo, dostatok energie k vyrazeniu elektrónov nemá.) Pri dostatočne vysokých dávkach ionizačného žiarenia dochádza k rozsiahlemu poškodeniu DNA v bunkovom jadre, ktoré vedie k smrteniu bunky. Ionizačné žiarenie vytvára taktiež takzvané voľné radikály, ktoré vyvolávajú ďalšie poškodenie tým, že reagujú s makromolekulami v bunke (napríklad s proteínmi, enzýmami atď.). Zdrojom ionizačného žiarenia môžu byť rádioaktívne materiály - ako napríklad kobalt 60-alebo UV-C krátkovlnné ultrafialové žiarenie typu C (253,7 nm), ktoré za určitých podmienok dokáže ničiť bunky.

Ďalším spôsobom získavania ionizačného žiarenia je použitie "elektrónového dela", z ktorého je vysokou rýchlosťou vysielaný zväzok elektrónových paprskov s vysokou energiou, ktorý naráža do určitého cieľa. Keď materiál s voľne viazanými elektrónmi (katóda) prijme energiu, nastane emisia elektrónov. Tie možno pomocou elektrických a magnetických polí sústrediť do elektrónového zväzku a zamerať tak, aby bombardovali zvolený terč (anódu). Ak sa do cesty elektrónovému paprsku umiestni infekčný odpad, elektrónová spĺška zničí mikroorganizmy chemickou disociáciou, rozbitím bunkových membrán a deštrukciou DNA a iných makromolekúl. Pretože elektrónové paprsky narážajú do kovov obsiahnutých v odpade, môže vznikáť taktiež röntgenové žiarenie. Toto röntgenové žiarenie pôsobí na molekuly a v dôsledku toho dochádza ku štiepeniu chemických väzieb. Zväzok elektrónov premieňa časť kyslíka zo vzduchu na ozón, ktorý sám o sebe má dezinfekčné a dezodorizačné účinky. Elektróny s vysokou energiou spolu s röntgenovým žiarením, voľnými radikálmi a ozónom spoločne ničia v odpade vírusy, plesne, baktérie, parazity, spóry a ďalšie mikroorganizmy, rovnako ako zápach.

Na rozdiel od kobaltu 60 nevyužíva technológia na báze elektrónových zväzkov žiadne zdroje rádioaktívneho žiarenia a po vypnutí systému generujúceho elektrónový zväzok nezanecháva žiadne zvyškové žiarenie. Je tu však jedna diskutovaná oblasť, a to otázka indukovanej rádioaktivity. Výrobcovia systémov na báze elektrónových paprskov tvrdia, že rádioaktivitu nemožno indukovať, pokiaľ nie je použitá veľmi vysoká energia, presahujúca napríklad 10 alebo 16 MeV (megaelektrónvoltov). Iní prehlasujú, že nízku hladinu rádioaktivity možno indukovať aj pri omnoho nižších energiách. Tieto spory vyvstali v súvislosti s verejnou polemikou ohľadom ožarovania potravín pomocou technológie elektrónového zväzku.

#### • Ako technológia funguje

Technológie využívajúce elektrónový zväzok sú vysoko automatizované a počítačom riadené zariadenia. Systémy na báze zväzku elektrónov obvykle zahŕňujú tieto jednotky: zdroj energie; urýchľovač elektrónového zväzku, v ktorom sú elektróny generované, urýchľované a zameriavané na terč; snímací systém, ktorý určuje potrebnú dávku; chladiaci systém, ktorý chladí urýchľovač a ďalšie jednotky; vákuový systém na udržiavanie vákua v urýchľovači; štít na ochranu personálu; systém pásových dopravníkov na transport odpadu; čidlá a regulátory. Ochranný tieniaci systém môže mať podobu beťonovej kobky, podzemnej nádrže alebo celistvého štítu okolo oblasti, kde úprava prebieha. Elektrónové zväzky nemenia fyzikálne vlastnosti odpadu, môžu akurát o niekoľko stupňov zvýšiť jeho teplotu. Pri technológiách na báze elektrónového zväzku je preto nutné použiť drviče alebo iné mechanické zariadenia, ktorými sa zníži objem a odpad homogenuje tak, aby nebol rozpoznateľný jeho pôvod.

#### • Typy upravovaného odpadu

Odpady bežne upravované v zariadeniach na báze elektrónového zväzku vybavených mechanickým deštrukčným procesom zahŕňujú: kultúry a kmene, ihly a ostré nástroje, materiály kontaminované krvou a telesnými tekutinami, izolačné a chirurgické odpady, laboratórny odpad (s výnimkou chemického) a mäkké odpady (gáza, obvazy, rúška, plášte, posteľné prádlo a pod.) pochádzajúce zo starostlivosti o pacientov. Etické, právne, kultúrne a iné ohľady môžu vylučovať úpravu anatomickeho odpadu.

Prchavé a čiastočne prchavé organické zlúčeniny, chemoterapeutické odpady, ortuť, iné nebezpečné chemické odpady a rádiologické odpady by sa v jednotkách na báze elektrónových paprskov nemali upravovať.

#### • Emisie a odpadové zbytky

Systémy využívajúce elektrónový zväzok nevytvárajú žiadne znečisťujúce emisie, snáď s výnimkou malých množstiev ozónu, ktorý sa štiepi na dvojatomárny kyslík ( $O_2$ ). Zvyškový ozón pomáha odstrániť pachy a prispieva k dezinfekčnému procesu v úpravnej komore, pred uvoľnením do okolitého prostredia alebo pracovného priestoru by však mal byť pre-

vedený späť na dvojomatórný kyslík. Zvyškový odpad vyzerá presne tak, ako vyzeral pred úpravou, pretože ožiarenie elektrónovými paprskami nemení fyzikálne vlastnosti odpadu. Preto je potrebné odpad mechanicky upravovať, aby bola dosiahnutá homogenizácia a zníženie objemu odpadu. Systémy na báze elektrónových paprskov môžu vo svojich štítkoch obsahovať olovo; po likvidácii jednotky s elektrónovými paprskami je potrebné olovo recyklovať alebo s ním nakladať ako s nebezpečným odpadom.

### • Inaktivácia mikróbov

Baktérie vykazujú voči žiareniu rôznu stupeň odolnosti, ktorá veľkou mierou závisí na ich schopnosti opravovať poškodenie DNA spôsobené žiarením. V závislosti na dávke nemusia byť bakteriálne bunky priamo usmrtené, je však znížená ich reprodukčná schopnosť. Pre preukázateľnosť inaktivácie mikróbov pomocou žiarenia boli doporučené spóry *B. stearothermophilus* a *B. subtilis*. Voči žiareniu sú však odolnejšie spóry *B. pumilus*, ktoré sa používajú ako štandardný biologický indikátor pri sterilizácii zdravotníckych potrieb ožiarením. Ďalšie biologické indikátory, ktorých odolnosť voči žiareniu je dokonca ešte vyššia, napríklad *Deinococcus radiodurans*, ponúkajú veľmi prísne merítko a v prípade potreby môžu hranicu spoľahlivosti ďalej posunúť.

## Príklady systémov založených na elektrónovom zväzku

Firma **BioSterile Technology**<sup>47</sup> vyvinula kompaktný systém na báze elektrónového zväzku, ktorý by mal slúžiť ako jednotka na úpravu zdravotníckeho odpadu priamo v mieste jeho vzniku. Systém využíva jednotku s parametrami 5 MeV, 2 KW, s kapacitou 180 až 225 kg odpadov za hodinu. Odpad je umiestnený v úpravnej komore, ktorá má otočnú tácku s dvoma vkladacími otvormi na opačných stranách a do ktorej je urýchľovaný zväzok elektrónov. Magnetická cievka rozptyľuje elektrónový zväzok po celej šírke komory, aby bolo dosiahnuté rovnomerné ožiarenie. Typický cyklus trvá približne 2 minúty. Patentovo chránený systém merania dávky overuje a zaznamenáva parametre procesu úpravy, aby bola dezinfekcia zdokumentovaná. Urýchľovač a úpravnú komoru obklopuje kompaktné tienenie proti radiácii. Sú tu taktiež mechanické uzávery a ďalšie bezpečnostné prvky. Systém je automatizovaný, takže je potrebný iba jeden pracovník obsluhy. Obsluha môže voliť prevádzkové režimy v závislosti od typu odpadu.

Laboratória pre technológie obmedzovania znečistenia (**Laboratories for Pollution Control Technologies**) Univerzity v Miami<sup>48</sup> v spojení s lekárskeým strediskom UM/Jackson Memorial Medical Center vyvinuli žiarenie na úpravu zdravotníckeho odpadu využívajúceho vysoko-energetické elektrónové zväzky. Pri tejto technológii je odpad umiestnený do kontajnerov podobných košom alebo plastom potiahnutých boxov a systém pásových dopravníkov ho prevedie do dráhy zväzku. Pomocou regulácie rýchlosti dopravníka počítač určuje náležitú dávku. Systém dopravníkov je navrhnutý tak, aby odpad prechádzal paprskom dvakrát, pričom druhý krát je paprsku vystavená druhá strana kontajneru. Upravený odpad je pomocou pásového dopravníka transportovaný von z nádrže a privádzaný do rozomieľača, kde môže byť dekontaminovaný odpad mechanicky upravený na uloženie na riadenej skládke. Žiarenie dokáže upraviť 180 kg zdravotníckeho odpadu za hodinu. Systém sa skladá predovšetkým z procesorom riadeného zdroja vysokého napätia, vodou chladeného urýchľovača elektrónového zväzku, snímacieho zariadenia, prehradzovača zväzku, systému pásových dopravníkov, rozomieľača a počítačovej regulácie. Pretože vzduch je odvetrávaný von, používa sa zariadenie odstraňujúce ozón. Systém monitorujú diaľkovo ovládané kamery a ďalšia prístrojová technika. Radiačnú kobku uzatvára silný betónový štít, aby pracovníci neboli vystavení pôsobeniu prípadne vzniknutej radiácie. Akonáhle je systém vypnutý, elektrónový zväzok a produkcia röntgenového žiarenia ustanú.

## Biologické systémy

**Bio conversion Technologies Inc.**<sup>49</sup> (**BCTI**), divízia firmy Biomedical Disposal, Inc., vyvíja systém úpravy zdravotníckeho odpadu využívajúci biologické procesy. Prototyp "biokonvertoru" (Bio-Converter) bol testovaný vo Virginii, USA. Zdravotnícky odpad je kontaminovaný pomocou zmesi enzýmov a výsledný kal prechádza extrudérom za účelom odstránenia vody, ktorá sa vypúšťa do kanalizácie. Technológia sa hodí pre veľké objemy (10 ton denne) a je vyvíjaná taktiež na použitie v poľnohospodárskom sektore na likvidáciu živočíšneho odpadu. Táto novo vznikajúca technológia biologickej úpravy bola vyvinutá po šiestich rokoch výskumnej a vývojovej práce využívajúcej zdroje firmy Virginia Tech, univerzity vo Virginii (University of Virginia) a lekárskej fakulty vo Virginii (Medical College of Virginia). Systém má plniacu násytku, drvič s HEPA filtrom, reakčnú komoru - nádobu, kde je odpad vystavený pôsobeniu roztoku enzýmov, a separátor, v ktorom prebieha separácia kalu na prúd kvapalného a tuhého odpadu. Kvapalina odchádza do kanalizácie a pevný odpad je posielaný na skládku (pevný podiel zo živočíšneho odpadu možno recyklovať ako kompost). Technológia vyžaduje reguláciu teploty, pH, koncentrácie enzýmov a ďalších parametrov. Jednotka je navrhovaná pre regionálne centrum úpravy zdravotníckeho odpadu. V súčasnej dobe sa BCTI snaží do dokončenia vývoja technológie zapojiť ďalšie organizácie disponujúce technologickými a finančnými zdrojmi.

# Faktory, ktoré treba zohľadniť pri výbere nespáľovacej technológie

Výber najlepšej technológie alebo kombinácie technológií pre konkrétne zdravotnícke zariadenie závisí na mnohých miestne špecifických faktoroch vrátane množstva a zloženia produkovaného odpadu, priestoru, ktorý je k dispozícii, schválenia zo strany povoľovacích orgánov, nákladov a prijateľnosti pre verejnosť. Pri výbere technológie je potrebné vziať do úvahy nasledovné kľúčové faktory:

- Množstvo spracovávaných odpadov
- Typy upravovaných odpadov
- Účinnosť inaktivácie mikróbov
- Emisie do prostredia a zvyškové odpady
- Prijateľnosť pre povoľovacie orgány
- Priestorové nároky
- Požiadavky na inžinierske siete a ďalšie inštalácie
- Zníženie objemu a hmotnosti odpadu
- Bezpečnosť a hygiena práce
- Hluk a zápach
- Automatizácia
- Spoľahlivosť
- Stupeň komercializácie
- Skúsenosti výrobcu/dodávateľa technológie
- Cena
- Prijateľnosť pre verejnosť a personál

## Množstvo spracovávaných odpadov

Zdravotnícke zariadenie, ktoré si už stanovilo množstvo generovaného odpadu pre rôzne odpadové prúdy a zaviedlo plán dôraznej minimalizácie množstva odpadu, by malo teraz zvoliť nespáľovaciu technológiu úpravy, ktorej kapacita je vhodná pre druh a množstvo zdravotníckeho odpadu, ktorý sa má spracovávať.

## Typy upravovaných odpadov

Pre popis druhov odpadov, s ktorými technológia dokáže nakladať, sa používajú široko definované kategórie, obvykle na základe odporúčenia výrobcu. Akonáhle zdravotnícke zariadenie zistia, čo všetko sa nachádza vo vreciach s infekčným odpadom, mali by si overiť, že zvolená technológia je skutočne schopná úpravy všetkých kategórií odpadu, a to z hľadiska mechanickej deštrukcie, inaktivácie mikróbov, emisií, bezpečnosti a prijateľnosti pre povoľovacie orgány.

Pri dimenzovaní zariadenia je nutné vziať do úvahy druhy odpadov, ktoré technológia dokáže upraviť. Od regulovaného zdravotníckeho odpadu je potrebné odpočítať tú časť odpadu, s ktorým technológia nakladať nedokáže (alebo s ním nakladať nesmie na základe právnych predpisov). Na likvidáciu týchto vyčlenených odpadov bude zariadenie musieť prijať iné opatrenia. Náklady na úpravu tohto vyčleneného odpadu by mali byť započítané pri porovnávaní celkových nákladov na alternatívnu úpravu.

## Účinnosť inaktivácie mikróbov

Hlavným účelom dekontaminácie odpadu je zničenie patogénnych zárodkov. Zdravotnícke zariadenia by sa mali uistiť, či technológia dokáže splniť štátom určené kritéria na dezinfekciu. V mnohých krajinách je pre schválenie alternatívnych technológií nutné doložiť účinnosť inaktivácie mikróbov. V rokoch 1994 a 1998 sa zišlo konzorcium štátnych povoľovacích orgánov v USA pod názvom State and Territorial Association on Alternative Treatment Technologies (STAATT), aby vypracovalo konsenzuálne kritériá pre účinnosť úpravy zdravotníckeho odpadu. Z prvej konferencie STAATT vzišli nasledujúce definície úrovni inaktivácie mikróbov:

Úroveň I	Inaktivácia vegetatívnych foriem baktérií, kvasiniek a plesní a lipofilných vírusov pri znížení rádovo $10^6$ alebo viac.
Úroveň II	Inaktivácia vegetatívnych foriem baktérií, kvasiniek a plesní, lipofilných/hydrofilných vírusov, parazitov a mykobaktérií pri znížení rádovo $10^6$ alebo viac.
Úroveň III*	Inaktivácia vegetatívnych foriem baktérií, kvasiniek a plesní, lipofilných/hydrofilných vírusov, parazitov a mykobaktérií pri znížení rádovo $10^6$ alebo viac; a inaktivácia spór B. Stearothermophilus a spór B. subtilis pri znížení rádovo $10^4$ alebo viac.
Úroveň IV	Inaktivácia vegetatívnych foriem baktérií, kvasiniek a plesní, lipofilných/hydrofilných vírusov, parazitov a mykobaktérií a spór B. stearothermophilus pri znížení rádovo $10^6$ alebo viac.

\* Úroveň III bola STAATT zvolená ako doporučené minimálne kritérium pre nespáľovacie technológie

Zníženie rádovo  $10^6$  (alebo usmrtenie rádovo  $10^6$ ) je ekvivalentom pravdepodobnosti prežitia jedna ku miliónu u mikrobiálnej populácie alebo zníženie počtu daných mikroorganizmov o 99,9999% v dôsledku procesu úpravy. Pri testoch sa používajú zvolené zástupné patogénne zárodky, ktoré reprezentujú vyššie uvedené mikroorganizmy.

## Emisie do životného prostredia a zvyškové odpady

Zdravotnícke zariadenia by mali zvážiť úniky alebo emisie (vrátane prchavých emisií) do všetkých možných médií - vzduchu na pracovisku, vonkajšieho vzduchu, pevných reziduí, odpadovej vody, skládok atď. – a zvoliť technológie s najmenším dopadom na životné prostredie. Od štátnych povoľovacích orgánov je niekedy možné získať údaje týkajúce sa všetkých porušení povolenia, ktorých sa iní užívatelia danej technológie v minulosti dopustili.

# Ekonomické zhodnotenie nespáľovacích technológií

## Nákladové položky

### Investičné náklady

Celkové investičné náklady by mali zahŕňať všetky priame a nepriame náklady vzťahujúce sa na prípravu miesta a inštalácie, rovnako ako obstarávaciu cenu zariadenia. Niektoré technológie vyžadujú nízke náklady na inštaláciu, zatiaľ čo iné majú vysoké požiadavky na prípravu miesta a inštaláciu. V nasledujúcom zozname sú uvedené príklady priamych nákladov, ktoré je potrebné vziať do úvahy. Niektoré uvedené položky sa nemusia k tej či onej technológii vzťahovať.

- Príprava miesta
- Demolácia a likvidácia (napríklad odstránenie starej spaľovne)
- Výstavba (nová stavba alebo renovácia)
- Základy a výstuže
- Elektroinštalácia
- Potrubná sieť vrátane vedenia pary a vody
- Vykurovací a ventilačný systém
- Vzduchový kompresor
- Osvetlenie
- Splašková kanalizácia
- Požiarne sprchové zariadenie
- Nátery a izolácie
- Manipulácia a montáž na mieste
- Obstarávacie náklady na zariadenie (vrátane príslušenstva, prístrojovej techniky, vozíkov na transport odpadu, monitorovacieho zariadenia, prepravných nákladov, dane atď.).

### Nasledujú príklady nepriamych nákladov, ktoré je treba vziať do úvahy:

- Vedenie projektu (Project Management)
- Projektová príprava investície
- Stavebné poplatky
- Povolenie
- Testy povolovacích orgánov
- Honoráre (vrátane mediálnych nákladov na reakciu na vyjadrenú nespokojnosť verejnosti, pokiaľ sa jej zvolená technológia nepáči)
- Spustenie
- Testy funkčnosti
- Nepredvídané výdaje

Existujú taktiež nehmotné nákladové faktory, ako napríklad strata dobrého mena v prípade, že zvolená technológia nie je u verejnosti alebo personálu populárna. Tieto náklady nemožno kvantitatívne vyjadriť.

## Ročné prevádzkové náklady

Ročné prevádzkové náklady sú náklady vydávané každým rokom po dobu životnosti zariadenia na prevádzku technológie. Veľkosť týchto nákladov sa môže v dôsledku inflácie meniť, druhy vydávaných nákladov však budú stále rovnaké. Priame náklady sú také, ktoré závisia na množstve materiálu spracovaného v systéme, ako napríklad:

- Práca (prevádzka a dohľad)
- Verejné siete alebo služby
  - Električka
  - Para
  - Zemný plyn
  - Voda
  - Stlačený vzduch
  - Iné
- Zásoby
  - Boxy alebo kontajnery
  - Vaky, ktoré je možné autoklávovať alebo ktoré sú priepustné pre paru
  - Štítky
  - Iné
- Spotrebný materiál
  - Chemické dezinfekčné prostriedky
  - Elektródy alebo horáky
  - Iné
- Údržba (plánovaná a neplánovaná)
  - Materiály
  - Náhradné diely (napríklad žiaruvzdorné materiály, čepele drvičov a pod.)
  - Práca pri údržbe
- Náklady na uloženie na skládke (zahrňujú prepravu a poplatky za zloženie)
- Náklady na likvidáciu odpadu, ktorý daná technológia neupravuje
- Náklady na úpravu odpadu behom plánovanej i neplánovanej odstávky

**Nepriame náklady sú náklady, ktoré nie sú úmerné množstvu spracovaného materiálu, ako napríklad:**

- Mimoriadne výdaje
- Administratívne náklady
- Poistenie
- Ročné poplatky za povolenie
- Pravidelné kontroly alebo testy emisií
- Dane

## Náklady na nespáľovacie technológie

**Náklady na nespáľovacie technológie sú rôzne podľa zvolenej technológie.**

Väčšina dodávateľov uvádza odhadované náklady pre svoju technológiu v prepočte na jeden kg spracovaných odpadov. Tieto náklady sú často vypočítané na základe predpokladov a scenárov, ktoré danú technológiu v porovnaní s inými technológiami predstavujú v tom najlepšom svetle. Zdravotnícke zariadenia by si mali zistiť, ktoré nákladové položky sú v číslach dodávateľa zahrnuté a na základe akých predpokladov boli náklady vypočítané.

Ročné náklady na jeden kg možno najlepšie porovnať využitím niektorej z používaných metód, ako je napríklad porovnanie ročného peňažného toku<sup>50</sup>. Je potrebné pokúsiť sa získať odhad úplných nákladov na technológiu a zaradiť všetky možné nákladové položky. Je dôležité porovnávať "jablká s jablkami" a pri prevádzaní porovnávacích ekonomických analýz nespáľovacích technológií používať identické alebo analogické scenáre. Všeobecne sa zdá, že najnižšie prevádzkové



náklady majú technológie na báze elektrónového zväzku (navzdory ich priemerným až vysokým investičným nákladom), po nich spravidla nasledujú nízko-termické a chemické technológie. Ako už bolo prezentované vyššie, vysoké investičné náklady na jednu technológiu môžu byť kompenzované ich veľmi nízkymi ročnými prevádzkovými nákladmi, zatiaľ čo nízka zriaďovacia cena inej technológie môže byť relativizovaná jej vysokými prevádzkovými nákladmi alebo vysokými nákladmi na inštaláciu. Pre predstavu porovnania cien je uvedená tabuľka porovnávajúca náklady na spaľovňu a autokláv v USA.

**Tabuľka 4:** Porovnanie investičných nákladov na spaľovňu a autokláv spracovávajúcich 25-40 kg/h (v USD)<sup>51</sup>

Položka	Spaľovňa	Autokláv*
Základné vybavenie	150 000	70 000
Náklady na inštaláciu	22 500	6 500
Náklady na zariadenie na zachytávanie plyných emisií tak, aby bol splnený limit daný US EPA	194 000	0
Náklady na generátor pary	0	16 000
Náklady na monitorovanie a meranie emisií	16 600	2 400
<b>Celkom</b>	<b>383 600</b>	<b>93 100</b>

\* Náklady na autokláv sú založené na autokláve firmy SAN-I-PACK

Porovnanie investičných nákladov na spaľovňu a autokláv, ktoré spracovávajú 225-300 kg/h vychádza obdobne, výstavba spaľovne nemocničného odpadu je približne trikrát drahšia (1429 tis. Oproti 512 tis. USD). Nie vždy sa v zahraničí vyžaduje, aby bol dekontaminovaný odpad drvený pred uložením na skládku komunálnych odpadov. V prípade, že sa vyžaduje nerozpozateľnosť odpadov pred ich uložením, je nutné k cene autoklávu pripočítať náklady na rozomieľacie či drviace zariadenie. Niektoré moderné autoklávy majú drviace zariadenie už zabudované a sú súčasťou vybavenia technológií založených na pôsobení pary.

**Upozornenie:** HCWH a Priatelia Zeme – SPZ nepodporujú žiadnu konkrétnu technológiu, firmu alebo firemnú značku a netvrdia, že v tejto správe uvedené technológie musia predstavovať ich úplný zoznam.

## Zdroje:

- <sup>1</sup> McGregor, DB., Partensky, C., Wilbourn, J., Rice, JM., 1998. 'An IARC evaluation of polychlorinated dibenzofurans as risk factors in human carcinogenesis.' *Environ health Perspect*, 106(2):755-60
- <sup>2</sup> Egeland, G., Sweeney, M., Fingerhut, M., Wille, K., Schnoor, T., 1994. Total serum testosterone and gonadotropins in workers exposed to dioxin. *Am. J. Epidemiol.*, 139:272-281.
- <sup>3</sup> Birnbaum, L., 1995. Developmental Effects of Dioxins. *Environ. Health Perspect* 103(Suppl 7):89-94.
- <sup>4</sup> Weisglas-Kuperus, N., 1998. Neurodevelopmental, immunological and endocrinological indices of perinatal human exposure to PCBs and dioxins. *Chemosphere* 37:1845-1853.
- <sup>5</sup> Sweeny, M., Hornung, R., Wall, D., Fingerhut, M., Halperin, W., 1992 Prevalence of diabetes and elevated serum glucose levels in workers exposed to 2,3,7,8-tetrachlórdibenzo-p-dioxín (TCDD). Presented at the 12<sup>th</sup> International symposium on Dioxins and Related compounds, Tampere, Finland, 24-28 August 1992.
- <sup>6</sup> Zoznam spaľovní vypracovaný na základe protokolov jednorazových meraní koncentrácie dioxínov v roku 2001 zverejnený združením Arnika 11.12.2002
- <sup>7</sup> Howard C.V., 200, Particulate Aerosols, Incinerators nad Health, v knihe P. Nicolopoulou-Stamati et.al. (eds.), *Health Impacts of Waste Managment Policies*, 155-174, Kluwer Academic Publishers, 2000.
- <sup>8</sup> Giugliano, M., Cernuschi, S., Grosso, M., Miglio, R., and Aloigi, E., 2002. VPCDD/F mass balance in the flue gas cleaning units of a MSW incinerator plant." *Chemosphere* 46:1321-1328.
- <sup>9</sup> Čížek Zdeněk, 2000 – K problematike laboratórneho hodnotenia vlastností odpadu zo zdravotníctva. *Odpady zo zdravotníctva*, zborník referátov, BIJO, 2000.
- <sup>10</sup> Vyhláška MŽP SR 284/2001 Z.z. (Katalóg odpadov)
- <sup>11</sup> Zimová M. 2003 Nakladanie s odpadmi zo zdravotníckych zariadení, *odpadové fórum*, 6/2003.
- <sup>12</sup> Emmanuel, J., 2002. Non-incineration Alternatives to the Treatment of Medical Waste. Prezentované na konferencii: Environmentally friendly management of medical waste, *Debeli rtič*, Slovenia, 12<sup>th</sup> April 2002.
- <sup>13</sup> Slovenský preklad Štokholmskej dohody o perzistentných organických polutantoch je možné nájsť na stránkach MŽP <http://www.enviro.gov.sk/servlets/files/9456>
- <sup>14</sup> Institute of Environmental Medicine and Hospital Epidemiology, 2000. Reduction and utilization of hospital waste, with the focus on Toxic and infectious waste. Final report, LIFE96/ENV/D/10, Freiburg, August 2000.
- <sup>15</sup> Pruss, A., Giroult, G., Rushbrook, P. 1999. Safe management of waste from health-care activities, WHO, Geneva
- <sup>16</sup> Vyhláška MŽP SR 284/2001 Z.z. ktorou sa ustanovuje Katalóg odpadov
- <sup>17</sup> Health Care Without Harm, 2001. Non-incineration medical waste treatment technologies. A Resource for Hospital Administrators, Facility Managers, Health Care Professionals, Environmental Advocates, and Community Members.
- <sup>18</sup> Vznik odpadov podľa odvetvovej klasifikácie ekonomických činností (OKEČ) za rok 2000, Program odpadového hospodárstva SR pre nebezpečné odpady z roku 2003
- <sup>19</sup> Institute of Environmental Medicine and Hospital Epidemiology, 2000. Reduction and utilization of hospital waste, with the focus on Toxic and infecious waste. Final report, LIFE96/ENV/D/10, Freiburg, August, 2000.
- <sup>20</sup> Na základe údajov poskytnutých Nemocnicou Na Homolce.
- <sup>21</sup> Guide for Infectious Waste Management, 1986. EPA/530-SW-86-014, Washington, DC, May 1986.
- <sup>22</sup> US EPA vo svojom dokumete z roku 1994 "Estimating Exposure to Dioxin-like compound, Vol. II, Properties, Sources, Occurrence and Background Exposure, Office of Research and Development, EPA/600/6-88/005Cb, external review draft" klasifikuje spaľovne nemocničných odpadov ako najväčší zdroj dioxínov v USA.
- <sup>23</sup> Štokholmská dohoda o perzistentných organických polutantoch , podpísaná v máji 2001 vo Švédsku klasifikuje v prílohe C spaľovne nemocničných odpadov ako primárny zdroj emisií dioxínov do životného prostredia.
- <sup>24</sup> Jorge Emmanuel, 2002. Súhrn epidemiologických štúdií vplyvu spaľovania odpadov na ľudské zdravie prezentovaný na: Conference on environmentally friendly management of medical waste. *Debeli rtič*, Slovenia, 12<sup>th</sup> April 2002"
- <sup>25</sup> M. Allsoppe et.al, 2001. Incineration and Human Health: State of knowledge of the Impacts of Waste Incinerators on Human Health, Greenpeace Research Laboratories, University of Exeter, UK, March 2001.
- <sup>26</sup> Rôzne štúdie poukazujú na skutočnosť, že letálne pôsobenie mikrovín na baktérie sa deje prevažne pomocou vlhkého tepla; samotné pôsobenie mikrovlnného žiarenia bez vody či pary nespôsobí dostatočnú inaktiváciu na bunecnej úrovni. Pre príklad: "G.R. Vela and F. Wu: *Applied and environmental Microbiology*, 37 (3), 552, 1979.
- <sup>27</sup> HCWH, 2001. Non-incineration Medical Waste Treatment Technologies. A Resource for Hospital Administrators, Facility Managers, Health Care Professionals, Environmental Advocates, and Community Members, August 2001.

- <sup>28</sup> Owen, K. Leese, K. Hodson, L., Uhorchak, R., Greenwood, D., VanOsdell, D., and Cole, E., 1997. "Control of Aerosol (Biological and Nonbiological) and Chemical Exposures and Safety Hazards in Medical Waste Treatment Facilities." (Cincinnati, OH: National Institute of Occupational Safety and Health, November 1997).
- <sup>29</sup> Vid' napr.: J.L. Lauer, D.R. Battles, and D. Vesley, 1982 "Decontaminating infectious laboratory waste by autoclaving," *Appl. Environ. Microbiol.* 44 (3), 690-694, September 1982; W.A. Rutala, M.M. Stiegeland, and F.A. Sarubbi, Jr., "Decontamination of laboratory microbiological waste by steam sterilization," *Appl. Environ. Microbiol.* 43, 1311-1316, June 1982; E. Hanel, Jr., "Chemical Disinfection" in *Control of Biohazards in the Research Laboratory*, Course Manual, School of Hygiene and Public Health, Johns Hopkins University, Baltimore, MD, 1981; Herman Koren, *Environmental Health and Safety*, Pergamon Press, NY, 1974.
- <sup>30</sup> Emmanuel, J., 2002. Non-incineration Alternatives to the Treatment of Medical Waste. Prezentované na konferencii: Environmentally friendly management of medical waste. Debeli rtič, Slovenia, 12<sup>th</sup> April 2002.
- <sup>31</sup> Springthorpe, S. and Satter, S., 1995. Performance of the Hydroclave for Determination of Biomedical Waste: Trial conducted on unit installed at Kingston General Hospital, University of Ottawa, report submitted to Hydroclave system and Ontario Ministry of Health, November 1995.
- <sup>32</sup> Na základe internetových stránok firmy Ecodas: [http://www.ecodas.com/eco\\_eng.php?p=ref\\_eng](http://www.ecodas.com/eco_eng.php?p=ref_eng)
- <sup>33</sup> Na základe internetových stránok firmy: [http://www.logmed.de/Home\\_Deutsch/Referenzen/referenzen.html](http://www.logmed.de/Home_Deutsch/Referenzen/referenzen.html)
- <sup>34</sup> Zariadenie na dekontamináciu špecifického odpadu zo zdravotníckych zariadení STERIDOS, IDOS Praha, firemná brožúra.
- <sup>35</sup> Informácie prevzaté z informačného materiálu firmy Maschinenvertrieb fur Umwelttechnik, GmbH – Mobile disposal of infectious waste.
- <sup>36</sup> Evaluation of the ABB Sanitec Microwave Disinfection System for Aerosol Emissions, North American Laboratory Group, New Britain, CT, 1992; ABB Sanitec Microwave Disinfection System – Ability to Control Aerosol Emissions: Synopsis of Evaluation, a summary of aerosol emissions studies provided by Sanitec, November 1, 1996.
- <sup>37</sup> E. Cole, 1998. Chemical and Biological Exposure and Safety Hazard in Medical Waste Treatment Facilities: An Assessment of Alternative Technologies. Vol. 98/2, No. 9 (Cedex, France: International Healthcare Waste Network, August 31, 1998).
- <sup>38</sup> Copy of ABB Sanitec Microwave Disinfection System Laboratory Test Results from North American Laboratory Group and Stanford University, provided by Sanitec.)
- <sup>39</sup> <http://www.christof-group.at/www/en/cmb/zertifikate.php>
- <sup>40</sup> Na základe internetových stránok firmy: <http://www.meteka.com/home.htm>
- <sup>41</sup> Prezentované na stránkach <http://www.puro-klima.cz/meteka.html>
- <sup>42</sup> Dáta poskytnuté firmou KC MediWaste
- <sup>43</sup> Na základe internetových stránok dodávateľa, literatúry poskytnutej firmou Ecomed začínajúc rokom 1993 a firmou Steris v rokoch 1995 až 1999 a osobných výpovedí rôznych pracovníkov firmy Steris.
- <sup>44</sup> W.L. Tumberg, 1996. *Biohazardous Waste: Risk Assessment, Policy and Management*. (New York, NY: John Wiley & Sons, Inc.).
- <sup>45</sup> Na základe technických údajov poskytnutých firmou Lynntech v rokoch 1998 až 2000 a osobných výpovedí Toma Rogersa.
- <sup>46</sup> Na základe internetových stránok dodávateľa: <http://www.cerox.com>
- <sup>47</sup> Na základe internetových stránok dodávateľa, brožúr a technických údajov, poskytnutých firmou BioSterile Technology v rokoch 1994 až 2000, a osobnej výpovede Gariho Bowsera.
- <sup>48</sup> Na základe technických údajov poskytnutých univerzitnými laboratóriami Laboratories for Pollution Control Technologies v rokoch 1997 až 2000, novinových výstrižkov, údajov, ktoré poskytol Dean Brown, posúdenie jednotky na mieste v University of Miami-Coral Gables a výpoveď Thomasa Waitea a Charlesa Kurucza.
- <sup>49</sup> Na základe výpovede a materiálov, ktoré poskytol Michael Chelette v roku 1999.
- <sup>50</sup> Viacej o jednotlivých metódach v publikácii "Non-incineration medical waste treatment technologies: A resource book for Hospital Administrators, Facility Managers, Health Care Professionals, Environmental Advocates, and Community Members, HCWH, August 2001.
- <sup>51</sup> Emmanuel, J., 2002. Non-incineration alternatives to the treatment of medical waste. Prezentované na: Conference on environmentally friendly management of medical waste and the skillshare on non-incineration medical waste treatment technologies, Debeli rtič, Slovenia, 12<sup>th</sup> April 2002.

**Priatel'ia Zeme SPZ** pôsob'ia od rok 1996 ako neziskov'ie ob'ianske združenie, chrániace životné prostredie, prírodu na Slovensku, aj v európskom kontexte. Zameriavajú sa na 2 témy: minimalizáciu znečisťovania prostredia **odpadmi** a **toxickými látkami**. Okrajovo sa venujú aj podpore udržateľných riešení ďalších ekologických problémov a ich ekonomickým a sociálnym súvislostiam. Pracujú na zastavovaní činností škodlivých pre ľudí a prírodu, ale hlavne vytvárajú a realizujú pozitívne udržateľné riešenia, ktoré ohrozujú budúce generácie a ostatné formy života. Priatel'ia Zeme SPZ sú nezávislí na akejkoľvek vláde, strane, politických či skupinových záujmoch. Sú členom asociácie Priatel'ia Zeme - Slovensko, ktorá je slovenským zástupcom najväčšej medzinárodnej siete environmentálnych organizácií Friends of the Earth International, so zastúpením v 71 krajinách sveta. Neprijímajú prostriedky od spoločností devastujúcich životné prostredie alebo štátu.

#### **Pomôcť môžete aj Vy:**

staňte sa podporovateľom Priateľov Zeme SPZ. Podporte aktivity Priateľov Zeme - SPZ finančne, najlepšie formou trvalého príkazu mesačných príspevkov z účtu. Vhodnou podporu je aj venovanie 2% z už zaplatenej dane. Kontaktujte nás prosím, ak máte záujem o viac informácií, alebo navštívte našu internetovú stránku.

#### **Priatel'ia Zeme - SPZ**

poštová adresa: P.O.BOX H-39, 040 01 Košice  
kancelária: Alžbetina 53, Košice  
tel./fax: 055 / 677 1 677  
mobil: 0903 77 23 23  
e-mail: [spz@priateliazeme.sk](mailto:spz@priateliazeme.sk)  
[www.priateliazeme.sk/spz](http://www.priateliazeme.sk/spz)

Ludová banka, pobočka Košice  
číslo účtu: 4350054728, kód banky 3100



**Priatel'ia  
Zeme  
SPZ**

