

TESTOVÁNÍ NOVĚ VYVÍJENÝCH TECHNOLOGIÍ SANITACE POVRCHŮ A VZDUCHU VE VNITŘNÍCH PROSTORÁCH BUDOV

TESTING NEWLY DEVELOPED TECHNOLOGIES FOR SANITISATION OF SURFACES AND AIR INSIDE BUILDINGS

BOHUMIL KOTLÍK¹, VĚRA MELICHERČÍKOVÁ¹, JAN URBAN¹, JIŘÍ MATĚJKA²

¹Státní zdravotní ústav, Praha, Česká republika

²Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, Praha, Česká republika

SOUHRN

Príspevek informuje o výsledcích testů účinnosti specifických aplikačních metod sanace povrchů a vzduchu ve vnitřním prostředí staveb, jejichž rozsah a nabídka se významně rozšířily v souvislosti s probíhající epidemií SARS-CoV-2. Testy byly zaměřeny na nejčastěji nabízené postupy tj. na použití otevřených a uzavřených (čističky vzduchu) zdrojů UV-C záření, fumigaci (použití biocidních látek) a ozonizaci. Zvláštní pozornost je věnována naplnění díkce souvisejících zákonů a předpisů EU a dodržování bezpečnostních zásad při aplikaci těchto postupů v pracovním i komunálním prostředí. Uvádíme i příklady čteně se vyskytujících problémů a nedostatků při aplikaci těchto technologií.

Klíčová slova: dezinfekce, ozonizace, zdroje UV-C záření, fumigace, testy účinnosti

SUMMARY

The paper relates the results of efficiency tests of specific application methods of surface and air remediation in the indoor environment of buildings, the scope and supply of which have significantly expanded in connection with the ongoing SARS-CoV-2 epidemic. The tests were focused on the most frequently offered procedures, i.e. on the use of open and closed (air purifiers) sources of UV-C radiation, fumigation (use of biocides) and ozonation. Special attention is paid to fulfilling the wording of related EU laws and regulations and compliance with safety principles in the application of these procedures in the work and municipal environments. We also give examples of numerous problems and shortcomings in the application of these technologies.

Key words: disinfection, ozonation, sources of UV-C radiation, fumigation, efficiency tests

<https://doi.org/10.21101/hygiena.a1776>

Úvod

Problematikou používání nových technologických postupů sanitace ve vnitřních prostorách budov se Státní zdravotní ústav (SZÚ) zabývá již delší dobu. Je to důsledek pandemie onemocnění COVID-19 a rychlého rozvoje možných postupů dekontaminace ploch, povrchů a ovzduší. Zde bychom rádi uvedli a diskutovali výsledky terénního ověřování nových technologií, které jsme prověřovali v praktických podmínkách v roce 2020.

Pokud zadáme do vyhledávače Google slovo „dezinfekce“, objeví se asi 190 milionů českých odkazů, u hesla sanitace jich je 268 tisíc (17. 1. 2021). Jedná se o logický důsledek poptávky vzniklé pandemií onemocnění COVID-19, způsobené obaleným virem SARS-CoV-2. Už jarní vyhlášení pandemie velmi názorně ukázalo, jak důležité je dodržování základních hygienických zásad včetně mytí a dezinfekce rukou, používání roušek a odpo-

vídající dezinfekce prostor, povrchů a ovzduší. Veřejnost, a to i odborná, v současnosti průběžně vznáší mnoho dotazů na to, jak je účinné UV-C záření, ozon, dezinfekce metodou suché mlhy s různými dezinfekčními přípravky, které jsou (podle distributorů) účinné na dezinfekci ovzduší, bazénové a pitné vody, ale i ploch a povrchů, a to po dobu 3 týdnů až 2 let. Objevují se nové výrobky (čističky vzduchu), je snaha dezinfikovat fasády domů pro seniory, ulice, chodníky, pískoviště, lavičky, dopravní prostředky, ale i osoby, které přicházejí do práce či do veřejných prostor (obchodní centra apod.) pomocí dezinfekčních bran.

Předpisy

Připomeňme zde ještě tři další zdroje (které ale již tak frekventovaně využívány nejsou), a to:

- Wikipedie uvádí, že dezinfekce je ničení mikroorganismů – ne však nutně jejich spor – pomocí chemických a fyzikálních metod (např. UV záření, vysoká teplota). Provádí se v místech se zvýšenými nároky na čistotu z důvodu minimalizace nebo zamezení výskytu infekcí (nemocnice, výroba potravin a léčiv). Dezinfekci lze také definovat jako čištění předmětu od některých nebo všech patogenních organismů, které mohou způsobit infekci (1).
- Vyhláška č. 306/2012 Sb., o podmínkách předcházení vzniku a šíření infekčních onemocnění a o hygienických požadavcích na provoz zdravotnických zařízení a ústavů sociální péče, uvádí v příloze č. 4 základní metody, způsoby, postupy a kontrolní procesy pro hodnocení účinnosti. Uvedené standardní postupy mechanické očisty a dezinfekce rukou a pokožky, ploch a povrchů ponořením, otřením a postříkáním jsou běžně používány ve zdravotnictví, komunální oblasti a ve veterinární péči. Tyto přípravky a postupy podléhají laboratornímu testování při aplikaci otřením, ponořením nebo postříkáním. Dlouhodobě se ale jednalo jen o postupy a přípravky od výrobců a distributorů, kteří mají doloženy veškeré podklady požadované legislativou pro uvádění výrobků na trh v ČR (2).
- Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, v platném znění, v § 56 a § 58 řeší praktické provádění ochranné dezinfekce, která je zahrnuta do stávajících technologických postupů údržby nebo dezinfekčních plánů, provozních řádů apod. příslušných provozoven (3). Pokud se ale jedná o mimořádnou činnost, jak je přímo v § 56 uvedeno, tedy o cílenou likvidaci původců a přenašečů infekčních onemocnění, jedná se o speciální ochrannou dezinfekci (dezinfekci a deratizaci) – DDD. Speciální ochrannou DDD může provádět pouze fyzická osoba, která mimo jiné (viz § 58 zákona) má platné osvědčení o odborné způsobilosti. Pokud jsou pro speciální ochrannou dezinfekci používány nebezpečné chemické látky nebo chemické směsi, které mají, podle nařízení (ES) č. 1272/2008 (4), přiřazenu třídu nebo třídy a kategorie nebezpečnosti: akutní toxicita kategorie 1, 2 nebo 3 nebo toxicita pro specifické cílové orgány po jednorázové nebo opakované expozici kategorie 1, pak je může používat jen fyzická osoba, která absolvovala odborný kurz pro práci s těmito látkami (3).

Při použití dezinfekčního přípravku na úrovni biocidu smí být podle § 56 písm. a) zákona 258/2000 Sb. v platném znění, používány jen přípravky dodané na trh v souladu s přímo použitelným předpisem Evropské unie o biocidních přípravcích (3). V tomto případě by to měly být dezinfekční přípravky s deklarovanou účinností proti obaleným virům. V ČR povoluje biocidy ministerstvo zdravotnictví.

Každé zdravotnické zařízení, provozovna, firma (pracovní prostředí), obchod atd. (komunální prostředí) má své provozní řády, na jejichž správnost a provádění má dohlížet příslušná hygienická stanice. Pokud pracovníci používají biocidy, musí mít k tomu odpovídající odbornou způsobilost a musí být vybaveni osobními ochrannými pomůckami. Samozřejmě musí být i kontrola následné bezpečnosti dekontaminovaných prostor. Pokud je provozní řád správně nastaven (včetně pravidelného střídání dezinfekčních přípravků s různými účinnými

látkami, aby nemohlo dojít ke vzniku rezistence), dodržován a prováděn, tak není potřeba využívat jiné procesy dezinfekce, jakou jsou strojové dezinfekce používání fumigačních prostředků pomocí ozonu, suchých mlh či fotokatalytických nátěrů apod.

Nové aplikační metody sanitace

Před příchodem koronavirové pandemie se v ČR netestovalo použití dezinfekčních přípravků postupem suché mlhy, natřením povrchů nanočásticemi různých chemických látek nebo v širší míře různé ozonizační procedury. Tyto informace nebyly a částečně dosud nejsou dostupné ani na odborné úrovni. Navíc stále v podstatě nelze v ČR testovat reálnou účinnost na eliminaci SARS-CoV-2 z ovzduší a povrchů. Současné postupy stanovují téměř výhradně účinnost dezinfekčních přípravků na základě eliminace různých virů na testovacích nosičích.

Národní referenční laboratoř pro dezinfekci a sterilizaci (NRL) Státního zdravotního ústavu, ve spolupráci s hasiči, policií, armádou a záchranáři, testovala dekontaminační postupy a různé způsoby aplikace s různými přístroji. Všechny používané přípravky musí být uvedeny na trh ve shodě s legislativou EU, aplikační přístroje musí splňovat bezpečnostní parametry k ochraně zdraví. Stále platí, že se postupy dezinfekce provádějí v epidemiologicky zdůvodněných případech a s ohledem na životní prostředí a odolnost materiálů, jejich toxicitu a dráždivost a z hlediska možných zdravotních rizik. I v nouzovém stavu platilo dodržování předpisů a provozních řádů, které hygienici mohli na základě epidemiologické situace zpřísnit.

V domácnostech a veřejně přístupných místech se samozřejmě mohou také využívat dezinfekční přípravky s virucidním účinkem proti obaleným virům. Zároveň je důležité, aby se přípravek používal dle údajů na etiketě (za správnost údajů na etiketě ručí dovozce či výrobce přípravku), čili ve správné koncentraci, době působení, způsobu použití přípravku (postříkání, otření, ponor) a pro danou oblast použití (pro zdravotnictví, potravinu, průmysl, domácnosti a veřejné prostory a pro oblast veterinární péče). Samozřejmostí je doložení vlastností přípravku bezpečnostním listem (safety sheets). V případě dezinfekce potravinářských či průmyslových provozů, domácností či veřejných prostor nejsou metody testování založeny na eliminaci živočišných virů, proto se zde využívají přípravky, které byly testovány dle metod pro oblast zdravotnictví.

SARS-CoV-2 a zvýšená potřeba pokrýt mimo specifických a zdravotnických zařízení i komunální poptávku trh a nabídku zásadně ovlivnily. Potom, co odezněla vlna antivirových/virucidních přípravků, gelů a výrobků, u kterých testy na dezinfekci ploch prokazovaly minimální, v nejlepších případech antivirovou účinnost (dezinfekční přípravky musí vykazovat virucidní účinnost, což je redukce viru o 4 log řády), se v současnosti „antivirový“ trh v ČR soustředí víceméně na tři skupiny výrobků.

1. Zdroje UV-C záření

První skupinou jsou zdroje UV-C záření (otevřené i uzavřené „germicidní zdroje“)

Klasické germicidní lampy měly a mají, s ohledem na bezpečnost, přesně a jednoznačně definované pod-

mínky pro použití. Jsou primárně určeny do pracovního prostředí a jejich používání se řídí provozními řády.

Významným způsobem se ale rozšiřuje nabídka „uzavřených“ systémů. Jedná se většinou o upravené čističky vzduchu. Ty jsou plošně doporučovány i pro provoz za přítomnosti lidí nebo do komunálního prostředí. Dezinfekce vzduchu je zde založena na průchodu vzduchu prostorem s aktivním UV-C zdrojem, kdy nedochází k průniku UV-C záření do prostředí. Účinnost závisí jak na rychlosti proudění vzduchu zařízením (doba setrvání – uvádí se nutná až 30 minutová expozice), tak na dosažení potřebné intenzity UV-C záření.

Podle NCBI (National Center for Biotechnology Information), které je součástí americké národní lékařské knihovny, bylo v roce 2009 (5) stanoveno, že dávka k eliminaci SARS-CoV-1 s účinností 99,99 % je $3,640 \mu\text{W} \cdot \text{sec}/\text{cm}^2$. Vezmeme-li v úvahu, že 1 Joule (J) odpovídá 1 W (W) na 1 sekundu (s), pak je hodnota potřebné dávky $36,4 \text{ J}/\text{m}^2$. Lze ale dohledat i údaje na úrovni až $200 \text{ J}/\text{m}^2$ (6).

Některé výrobky na trhu ale tato kritéria ani zdaleka nenaplnují. Takže se zde mohou objevit problémy s nedostatečnou intenzitou – výkonem UV-C lampy, (malý nedostatečný výkon pro vyčištění prostoru) nebo naopak příliš velkým průtokem vzduchu (nedostatečná doba působení záření) nebo s možnou související tvorbou O_3 .

Většina těchto výrobků na českém trhu pak nemá dostatečně prokázanou účinnost na dezinfekci vzduchu a omezuje se často na nepodložená tvrzení.

2. Dekontaminace pomocí suché mlhy z biocidních přípravků

Do druhé skupiny patří dekontaminační postupy využívající zmlžovače, tzv. „suché“ mlhy, z různých (často biocidních) přípravků, někdy kombinované s ozonizací.

V dle zákona č. 324/2016 Sb., o biocidních přípravcích a účinných látkách a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o biocidech), musí být při aplikaci jednotlivých látek uvedeno množství biocidní látky, teplota a vlhkost, doba působení, délka vyvětrání, možnosti kontroly provedené aplikace (7).

Aplikace suchou mlhou se provádí bez přítomnosti osob a zvířat. Pracovníci používají osobní ochranné pracovní oděvy, obuv a masky podle typu použitého biocidního přípravku.

Výsledky testování mikrobicidní účinnosti v SZÚ jsou uvedeny v tabulce 1 (nebyla testována účinnost na koronaviry). Celkem bylo realizováno 36 jednotlivých testů, při kterých bylo otestováno 16 dezinfekčních přípravků a 9 dekontaminačních zařízení. Soubor všech dostupných výsledků je ale větší, zahrnuje i kopraci SZÚ s dalšími subjekty (Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem a Výzkumný ústav stavebních hmot).

Jako účinné se ukázaly víceméně pouze přípravky na biocidní bázi – peroxid vodíku, Persteril 15 (směs peroxidu vodíku, kyseliny octové a kyseliny peroxyoctové), GPC8 (směs glutaraldehydu a kvartérní amoniové soli).

Někteří výrobci a dovozci či distributoři neměli biocidní látky uvedené na trh v ČR registrované podle zákona č. 324/2016 Sb. o biocidech (7). Seznam látek k dezinfekci SARS-CoV-2 byl zveřejněn Evropskou agenturou pro chemické látky (European Chemicals Agency). Seznam obsahuje přehled účinných látek, které byly schváleny nebo byly přezkoumány za účelem použití v dezinfekčních přípravcích a dále seznamem přípravků, které byly povoleny podle nařízení o biocidních přípravcích (8).

Výrobci a dovozci často neměli laboratorně a prakticky provedené metody aplikace přípravků suchou mlhou.

Je zapotřebí kontrolovat, zda osoby provádějící nebo kontrolující tuto činnost mají potřebná a platná osvědčení o odborné způsobilosti.

Na trhu existují různé přístroje, které generují suchou mlhu v uzavřeném prostoru. Tato zařízení musí být bezpečná pro použití v interiéru bez vyvolání zdravotních rizik.

Nebylo hodnoceno možné poškození ošetřovaných materiálů při použití suché mlhy různých biocidních přípravků.

Před použitím postupu suché mlhy je nutné provést mechanickou očistu a dezinfekci ploch a povrchů doporučenými čisticími a dezinfekčními přípravky. Aplikace suché mlhy tyto postupy nenahrazuje.

3. Ozonové generátory

Posledním, velmi popularizovaným a medializovaným postupem, je přímá ozonizace vnitřních ploch a prostor při použití ozonových generátorů. Na to je navázána nabídka čističek vzduchu, domácích ozonátorů, deozonátorů a souvisejících služeb.

Heslo „dezinfekce generátory ozonu“ nabídl 17. 1. 2021 na Google 1 420 tisíc odkazů. Trh tedy v tomto případě zareagoval velmi rychle. Ozon se většinou v generátorech vyrábí působením elektrických výbojů (vysokofrekvenční korónový výboj) nebo pomocí krátkovlnného ultrafialového záření (například UV-C) na molekuly kyslíku. Někteří výrobci a dodavatelé generátorů ozonu (ozonátorů), nabízených jak pro profesionální použití, tak pro širokou laickou veřejnost, ve svých návodech k použití uvádějí, že jejich zařízení čistí vzduch, zbavuje jej pachů (organických látek), dezinfikuje ovzduší, plochy a povrchy materiálů a že jejich postupy vykazují baktericidní, fungicidní a virucidní účinnost včetně účinnosti proti koronaviru SARS-CoV-2.

U generátorů ozonu je ale nutno rozlišovat „profesionální“ ozonátory s výkonem v řádu jednotek a více gramů O_3 na hodinu (lze dohledat až $25 \text{ g}/\text{h}$) a „home“ čističky vzduchu pro domácí použití, kde by koncentrace O_3 v prostředí neměly překročit $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0,05 \text{ ppm}$).

V dokládáních materiálech a i na webech distributorů je zapotřebí rozlišovat údaj o produkci O_3 v čase (většinou za hodinu) a možnou výslednou koncentraci O_3 v produkovaném vzduchu – objemovou koncentraci, která je emitována do prostředí. Ta ale přímo závisí na průtoku vzduchu.

Dále platí, že se velmi často objevuje snaha nějakým způsobem doloženou účinnost dezinfekce ploch vztáhnout, a to zcela neopodstatněně, k účinnosti při dezinfekci vzduchu (často je v těchto případech nesprávně používán termín sterilizace).

V žádné nabídce těchto přístrojů nebylo na webu dohledáno upozornění ohledně používání vysoko-koncentračních ozonátorů v pobytových místnostech, kde se mohou vyskytovat květiny, zvířata nebo upozornění na možnost destrukce plastů, tisků či například obrazů (byty, školy, úřady apod.). Je zřejmé, že by skupina přístrojů s produkcí O_3 nad $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ měla podléhat taxativně definovaným pravidlům používání.

a) Čističky vzduchu

Domácí, ale i profesionální čističky vzduchu s ozonizací nebo s UV-C uzavřeným systémem určené pro

Tab. 1: Výsledky testování mikrobicidní účinnosti při aplikaci suché mlhy

IMZ	Místo dekontaminace	Objem (m ³)	Dekontaminační zařízení	Dekontaminační přípravek	Koncentrace	Doba aplikace	Doba expozice	Baktericidní účinek	Fungicidní účinek	Virucidní účinek
Koronavirus I	autobus	48	TELESTO	Disiclean Air	10%	6 min	15 min	ne	ne	ne
Koronavirus I	autobus	41	TELESTO	Disiclean	10%	10 min	15 min	ne	ne	ne
Koronavirus I	autobus	41	TELESTO	NANOCLEAN	bez ředění	6 min	15 min	ne	ne	ne
Koronavirus I	autobus	41	TELESTO	NANOCLEAN	bez ředění	8,5 min	15 min	ne	ne	ne
Koronavirus I	autobus	-	Fogátor z řady Ultrasonic	e-dison	-	-	-	ne	ne	ne
Koronavirus I	místnost	250	Fogátor z řady Ultrasonic	c-disere	-	-	-	ne	ne	ne
Koronavirus II	autobus	-	TELESTO	VertEsprit-ANK	bez ředění	20 min	30 min	ne	ne	ne
Koronavirus II	autobus	-	TELESTO	Zoono	bez ředění	10 min	45 min	ne	ne	ne
Koronavirus II	autobus	-	CLEAMIX	Peroxid vodíku	50%	120 min	30 min	ne	ne	ne
Koronavirus II	autobus	-	TELESTO	Persteril 15	2%	20 min	30 min	ano	ano	ano
Koronavirus III	místnost	62 a 44*	CLEAMIX	Peroxid vodíku	50%	110 min a 110 min*	25 min a 45 min*	ano	ano	ano
Koronavirus III	místnost	44	TELESTO	GCA-D401	1 : 100	20 min	40 min	ne	ne	ne
Koronavirus III	místnost	44	Swingfog SN 50	Virkon S	4%	2,5 min	35 min	ano	ne ¹	ano
Koronavirus III	místnost	44	CLEAMIX	Peroxid vodíku	50%	110 min	45 min	ano	ano	ano
Koronavirus IV	osobní automobil	-	CLEAMIX	Peroxid vodíku	50%	180 min	41 min	ano	ano	ano
Koronavirus IV	místnost	44	ECA 400 OC (S)	GPC8	4%	20 min	30 min	ano ²	ano ³	ano
Koronavirus IV	místnost	44	TELESTO	Persteril 15	1%	20 min	30 min	ano	ano	ano
Koronavirus V	místnost	44	Swingfog SN 50	ASOR	0,04%	4 min	15 min	ne	ne	ne
Koronavirus V	místnost	44	ECA 400 OC (S)	GPC8	2%	20 min	30 min	ne	ne	ne
Koronavirus V	místnost	44	TELESTO	Persteril 15	0,5%	10 min	30 min	ne	ne	ano
Koronavirus V	místnost	44	TELESTO	Persteril 15	1%	10 min	30 min	ano	ano	ano
Koronavirus VI	místnost	44	ECA 400 OC (S)	Persteril 15	0,25%	20 min	30 min	ne	ne	ano ⁴
Koronavirus VI	místnost	44	ECA 400 OC (S)	Persteril 15	0,50%	20 min	30 min	ne	ne	ano ⁴
Koronavirus VI	místnost	44	ECA 400 OC (S)	Persteril 15	1%	20 min	30 min	ne	ne	ano
Koronavirus VI	místnost	44	ECA 400 OC (S)	Persteril 15	1%	40 min	30 min	ano	ne	ano
Koronavirus I (2 etapa)	místnost	44	TELESTO COD - 11	GCA-D401	1 : 50	15 min	30 min	ano	ne	ne
Koronavirus I (2 etapa)	místnost	44	TELESTO COD - 11	GCA-D401	1 : 20	5 min	30 min	ano ²	ne	ne

pokračování tabulky na další straně

pokrácování tab. 1

IMZ	Místo dekontaminace	Objem (m ³)	Dekontaminační zařízení	Dekontaminační přípravek	Koncentrace	Doba aplikace	Doba expozice	Baktericidní účinek	Fungicidní účinek	Virucidní účinek
Koronavirus I (2 etapa)	místnost	44	ECA 400 QC (N)	GPC8	2%	28 min	30 min	ne ⁵	ne	ano
Koronavirus I (2 etapa)	místnost	44	ECA 400 QC (N)	GPC8	4%	30 min	30 min	ne ⁵	ano ³	ano
Koronavirus I (2 etapa)	místnost	44	ECA 400 QC (N)	GPC8	6%	26 min	30 min	ne ⁵	ano ³	ano
Koronavirus II (2 etapa)	místnost	44	Stream Compact	Sanosil S010Ag (ready to use)	bez ředění	5 min	50 min	ne	ne	ne
Koronavirus II (2 etapa)	místnost	44	Vapor Vacuum	BX65	10%	20 min	20 min	ne	ne	ne
Koronavirus II (2 etapa)	místnost	44	ECA 400 QC (S)	MKAT	bez ředění	25 min	15 min	ne	ne	ne
Koronavirus II (2 etapa)	místnost	44	ECA 400 QC (S)	GPC8	4%	44 min	60 min	ne ⁵	ne	ano
Koronavirus II (2 etapa)	místnost	44	ECA 400 QC (N)	Vanouquat	8%	51 min	30 min	ano ²	ne	ne
Koronavirus II (2 etapa)	místnost	44	ECA 400 QC (N)	GPC8	4%	51 min	30 min	ano ²	ano ³	ano

Popříměky k výsledkům testů při různých podmínkách testování:

¹Proces dezinfekce vykazoval fungicidní účinnost pouze na neporézním materiálu ze skla

²Proces dezinfekce vykazoval baktericidní účinnost pouze na porézním materiálu (bavlně)

³Proces dezinfekce vykazoval fungicidní účinnost pouze na porézním materiálu (bavlně)

⁴Proces dezinfekce vykazoval virucidní účinnost pouze na porézním materiálu z kovu

⁵Proces dezinfekce vykazoval baktericidní účinnost pouze na Gram pozitivní bakterii *Staphylococcus Aureus* na neporézních materiálech (sklo, kov, plast)

*Při testování v místnosti o objemu 62 m³ nebylo z technických důvodů dosaženo požadované koncentrace peroxidu vodíku v ozduchu při době aplikace 110 minut a následně době expozice 25 minut. Kontaminované povrchy byly přeneseny do objemu 44 m³, kde došlo k opakované aplikaci peroxidu vodíku po dobu dalších 110 minut a následně další expozici po dobu 45 minut.

– Parametr nebyl měřen nebo není znám.

vnitřní komunální a pro pracovní prostředí, kde je pohyb osob, by neměly překročit:

- limity doporučené WHO (9) – hodinová maximální nejvyšší koncentrace $100 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 0,05 \text{ ppm}$
- limity stanovené NV č. 361/2007 ve znění nařízení vlády č. 246/2018 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci (u O_3 je PEL = $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a NPK-P = $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$; 0,05 a 0,1 ppm) (10)
- hodinový limit O_3 stanovený vyhláškou č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb v hodnotě $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,05 ppm) (11).

V materiálech distributorů lze dohledat tvrzení o schopnosti eliminovat pachy, dezinfikovat ovzduší, plochy a povrch materiálů. Velmi často je neoprávněně uváděna i baktericidní, fungicidní a virucidní účinnost, včetně účinnosti proti koronaviru SARS-CoV-2. Diskuzi nad těmito tvrzeními poměrně jednoznačně uzavřel dokument vydaný Agenturou pro ochranu životního prostředí Spojených států (United States Environmental Protection Agency – US EPA) aktualizovaný v září 2020 (12). EPA zde uvádí:

- Existují důkazy, které prokazují, že při koncentracích, které nepřekračují kritéria pro ochranu veřejného zdraví, není ozon účinný při odstraňování mnoha chemikálií způsobujících zápach.
- Pokud je ozon aplikovaný do vnitřního ovzduší používán v koncentracích, které nepřekračují kritéria pro ochranu veřejného zdraví, nelikviduje účinně viry, bakterie, plísňe ani jiné biologické znečišťující látky.
- Dostupné vědecké důkazy ukazují, že při koncentracích, které nepřekračují kritéria pro ochranu veřejného zdraví, je ozon obecně neúčinný při kontrole znečištění vnitřního ovzduší.

Shrneme-li to do krátkého závěru, tak průběžná ozonizace zdravotně bezpečnými koncentracemi ozonu nepřináší žádné výhody, protože je naprosto neúčinná.

b) Ozonové generátory

Z hlediska zajištění bezpečnosti spadají ozonové generátory s produkcí jednotek a více gramů O_3 za hodinu do zcela jiné kategorie. Mimo hodnocení účinnosti je zde zásadní i zajištění bezpečnosti.

Bezpečnost

Za normálních podmínek je ozon vysoce reaktivní plyn modré barvy a charakteristického zápachu s mimořádně silnými oxidačními účinky. Má silně dráždivé účinky na oční spojivky a dýchací cesty a ve vyšších koncentracích způsobuje ztížené dýchání a zánětlivou reakci sliznic v dýchacích cestách. Zvýšeně citli-

vé vůči expozici ozonu jsou osoby s chronickými obstrukčním onemocněním plic a astmatem. Krátkodobé akutní účinky ozonu, počínaje drážděním očí jsou postřehnutelné při koncentracích ozonu okolo $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,1 ppm), ale i nižších. Symptomatické účinky na dolní a horní cesty dýchací se objevují při vyšších koncentracích ozonu, a to zejména u vnímavější části populace. U dětí může dojít ke snižování plicních funkcí již při koncentracích ozonu okolo $220 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,11 ppm). Různé příznaky, včetně kašle a bolesti hlavy, byly spojeny s koncentracemi ozonu pouhých 160 až $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Při hodinové expozici $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,5 ppm) již dochází k vážným akutním škodlivým účinkům. Koncentrace vyšší než 1 ppm ($2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) vedou v několika minutách ke smrti (13). Při používání je tedy nutno zachovávat vysokou míru ochrany a bezpečnosti. I zde je zapotřebí kontrolovat, zda osoby provádějící nebo kontrolující tuto činnost mají potřebná a platná osvědčení o odborné způsobilosti.

Účinnost

Podle zjištění z roku 2020 (14) koncentrace ozonu mezi 10 až 20 ppm ($20\text{--}40 \text{ mg}/\text{m}^3$) při 10 až 15 minutové aplikaci snižuje množství SARS-CoV-2 o 3,5 log. Podobnou, částečně účinnou koncentraci O_3 , uvádí Hudson a kol. (15), kde při testech na chřipkový virus (H3N2), HSV (herpes simplex virus typu 1), rhinovirus typu 1A a 14 (RV 1A a RV 14), Adenovirus typu 3 a 11 a na myši koronavirus byla v laboratorních podmínkách prokázána účinnost 3 log.

Národní referenční laboratoř pro dezinfekci a sterilizaci SZÚ testovala dekontaminační účinnost ozonu při ošetření vybraných povrchů (nosiče: sklo, kov, PVC, textil). Mikrobicidní účinnost se testovala na standardních testovacích mikroorganismech, které jsou podle norem ČSN EN doporučeny k testování účinnosti chemických látek na bakteriích *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, mikroskopických vláknitých houbách *Aspergillus brasiliensis* a modelovém viru *E. coli* bakteriofág $\phi\text{X}174$. Densita/hustota mikrobů na nosičích byla 107-8 cfu/ml u bakterií a plísni a 107 pfu/ml u bakteriofága. Účinnost na SARS-CoV-2 v SZÚ testována nebyla. Výsledky jsou shrnuty v tabulce 2. Účinek ozonizace byl testován v 5 experimentech s přístroji dle návodů a doporučení výrobců nebo byly použity i vyšší koncentrace a doby působení ozonu, kde bylo použito i několik ozonátorů současně. Teoretický výkon ozonátorů byl 7 g/h, 10 g/h, 14 g/h nebo 20 g/h ozonu. Reálně měřená koncentrace ozonu je však vždy výrazně nižší vzhledem k jeho úniku, rozkladu a interakci s materiály, netěsnostmi v místnostech apod.

Při testování účinnosti na dekontaminaci ovzduší došlo k poklesu spor plísni o 68–50 % (což je méně než

Tab. 2: Výsledky testu účinnosti ozonizace v SZÚ (1 ppm = $2 \text{ mg}/\text{m}^3$)

Test	Objem prostoru (m^3)	Počet ozonátorů	Maximální dosažená koncentrace	Teoretický celkový výkon (g ozonu/h)	Doba aplikace	Doba expozice	Baktericidní účinek	Fungicidní účinek	Virucidní účinek
1	22,5	1	6,3 ppm	14	20 min	2 h	ne	ne	ne
2	87,5	3	16,3 ppm	34	60 min	2 h 15 min	ne	ne	ne
3	62	2	15,0 ppm	30	3 h 4 min	2 h	ne	ne	ne
4	62	3	34,0 ppm	44	4 h 9 min	2 h	ne	ne	ne
5	0,05	1	200 ppm	7	30 min	1 h	ano	ne	ne

1 log). Jednalo se o testy 3 a 4, kde podmínky testování jsou uvedeny v tabulce 2. Výsledky testování neprokázaly dekontaminační (dezinfekční) účinnost ozonu aplikovaného pomocí generátorů ozonu (viz tabulka 2). Může se zde ale jednat i o nevhodně nastavená pravidla používání těchto přístrojů. Jak je z tabulky zřejmé, byly naměřeny hodnoty ozonu, které jsou akutně toxické pro člověka. Přesto mikrobicidní účinnost na vybrané mikroorganismy, které byly naneseny na různé povrchy neporézních a porézních materiálů, nebyla prokázána. Parametr možného poškození materiálů (plasty, koroze kovů), které byly v ošetřovaném prostoru, nebyl hodnocen. Po ošetření ozonem je nutné místnosti ventilovat, aby nedocházelo k riziku poškození zdraví osob, které prostor používají. Po provedené ozonizaci by měly být měření v ošetřených prostorách prokázány takové hodnoty zbytkového ozonu v ovzduší, které zajišťují ochranu veřejného zdraví.

Testované postupy nevykazovaly účinnost na bakterie, plísňe a viry (bakteriofág), kterou uvádějí slovně či v návodech jejich výrobci a dodavatelé.

Závěr

Aktuálně trhem nejvíce nabízené postupy sanitace se v současnosti soustřeďují na použití UV-C záření – přímé a uzavřené zdroje, fumigaci a ozonizaci. Jedná se částečně o nové technologie dekontaminace, které ale musí být založené na vědeckých důkazech a praktickém prověřování jejich účinnosti. Podle realizovaných testů a dohledatelných podkladů v odborné literatuře řada těchto výrobků nezajišťuje dostatečnou ochranu a distributoři nejsou schopni doložit uváděné údaje o účinnosti.

Na základě výše uvedených odborných informací je nesnadné se vyjádřit k potřebnosti výše uvedených druhů opatření nebo vydat doporučení z hlediska četnosti a volby sanitacních prostředků. Vyjádření SZÚ zahrnuje používání fumigačních prostředků a k tomu vyrobených přístrojů k ošetření ploch, povrchů a ovzduší suchou mlhou, UV-C zdroji a použití ozonu. Fotokatalytické postupy zatím nebyly v dostatečné míře řešeny.

Přesto lze uvedené shrnout do několika základních bodů:

- Naprosto zásadní je zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění § 56 a § 58 (3). V těchto paragrafech je řešeno praktické provádění ochranné dezinfekce, která je zahrnuta do stávajících technologických postupů údržby nebo dezinfekčních plánů, provozních řádů apod. příslušných provozoven. Pokud se ale jedná o mimořádnou činnost, jak je přímo v § 56 zákona č. 258/2000 Sb. uvedeno, o cílenou likvidaci původců a přenašečů infekčních onemocnění, jedná se o speciální ochrannou dezinfekci (dezinfekci a deratizaci) – DDD. Speciální ochrannou DDD může provádět pouze fyzická osoba, která mimo jiné (viz § 58 zákona č. 258/2000 Sb.) má platné osvědčení o odborné způsobilosti. Pokud jsou používány nebezpečné chemické látky nebo chemické směsi (viz výše) musí mít tyto osoby i osvědčení o této činnosti.
- Zatímco pro klasické otevřené zdroje UV-C záření (germicidní lampy) jsou stanoveny poměrně rigidní

pravidla používání, uzavřené zdroje (čističky vzduchu) nejsou zatím nijak řešeny. Účinnost UV-C zdrojů přitom závisí na minimální nutné intenzitě záření a nutné době ozáření vzduchu/ploch. Některé výrobky na trhu tato kritéria ani zdaleka nenaplnují. Takže se zde mohou objevit problémy s nedostatečnou intenzitou – výkonem UV-C lampy (malý nedostatečný výkon pro vyčištění prostoru), nebo naopak příliš velkým průtokem vzduchu (nedostatečná doba působení záření) nebo s možnou související tvorbou O₃. Většina těchto výrobků na českém trhu nemá dostatečně prokázanou účinnost na dezinfekci vzduchu a omezuje se často na nepodložená tvrzení.

- Biocidní látky doporučené výrobcem k aplikaci suchou mlhou musí být uvedené na trh v ČR podle zákona č. 324/2016 Sb., o biocidech (7). Před použitím postupu aplikace biocidů formou suché mlhy je nutné provést mechanickou očistu a dezinfekci ploch a povrchů doporučenými čisticími a dezinfekčními přípravky podle provozních řádů pracoviště. Aplikace suché mlhy tyto postupy nenahrazuje, k frekvenci použití se nelze vyjádřit.
- Generátory ozonu lze použít pouze jako doplňkovou metodu po provedené mechanické očištění a dezinfekci. Může se využít pouze při zabezpečení podmínek ochrany a bezpečnosti zdraví osob k dezodoraci. Důležité je, zvláště v případě profesionálních generátorů ozonu s výkonem v řádu jednotek gramů O₃/h, které mají určitou účinnost, zajistit odpovídající ochranu zdraví lidí a pracovníků a v neposlední řadě i ochranu ošetřovaných materiálů a životního prostředí.
- Dostatečné údaje pro použití fotokatalýzy TiO₂ nejsou zatím k dispozici. Ústav fyzikální chemie provedl několik studií, kde vyhodnotil adsorpci vůči rychlosti odbourávání modelových látek a zjistil, že na povrchu TiO₂ se tvoří pouze zlomek koncentrace radikálů potřebných k jakémukoli zabití mikroorganismu (tisíciny až desetitisíciny). Jinými slovy, množství peroxidu vodíku či hydroxylových radikálů na povrchu TiO₂ je vždy příliš nízké. Proto se jeho používání na plochy a povrchy nedoporučuje. Přesto v těchto případech zde zůstává otevřenou otázkou účinnosti vznikajícího výboje energie excitovaného elektronu na povrchu nanovrstvy.

Poděkování:

Autoři děkují všem pracovníkům z následujících institucí, kteří se podíleli na příspěvku:

- Národní referenční centrum pro vnitřní a venkovní ovzduší, Centrum zdraví a životního prostředí, Státní zdravotní ústav
- Národní referenční laboratoře pro dezinfekci a sterilizaci, Centrum mikrobiologie a epidemiologie, Státní zdravotní ústav
- Centrum hygieny práce a pracovního lékařství, Státní zdravotní ústav
- Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem a Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě
- Oddělení registru chemických látek MZ ČR, Státní zdravotní ústav
- Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, pracoviště chemické služby
- Technický ústav požární ochrany.

Střet zájmů: žádný.

LITERATURA

1. Wikipedie: otevřená encyklopedie [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation; 2020 [cit. 2021-02-05]. Dezinfekce. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Dezinfekce>.
2. Vyhláška č. 306 ze dne 12. září 2012 o podmínkách předcházení vzniku a šíření infekčních onemocnění a o hygienických požadavcích na provoz zdravotnických zařízení a ústavů sociální péče. Sbírka zákonů ČR. 2012;částka 109:3954-80.
3. Zákon č. 258 ze dne 14. července 2000 o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. Sbírka zákonů ČR. 2000;částka 74:3622-60.
4. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 ze dne 16. prosince 2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006. Úřední věstník EU. 2008; 51(L353);1-1355.
5. Bianco A, Biasin M, Pareschi G, Cavalieri A, Cavatorta C, Fenizia C, et al. UV-C irradiation is highly effective in inactivating and inhibiting SARS-CoV-2 replication. medRxiv [Internet]. 2020 Jun [cited 2021 Feb 3]. Available from: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.06.05.20123463v2>.
6. Raeiszadeh M, Adeli B. A critical review on ultraviolet disinfection systems against COVID-19 outbreak: applicability, validation, and safety considerations. ACS Photonics. 2020 Oct 14;acsphotonics.0c01245. doi: 10.1021/acsp Photonics.0c01245.
7. Zákon č. 324 ze dne 6. září 2016 o biocidních přípravcích a účinných látkách a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o biocidech). Sbírka zákonů ČR. 2016;částka 126:4914-31.
8. Portál veřejně přístupných dat EU [online]. Helsinky: ECHA; 2020 [cit. 2021-02-05]. Dezinfekce SARS-CoV-2 - seznamy účinných dezinfekčních látek a přípravků. Dostupné z: <https://data.europa.eu/euodp/cs/data/dataset/biocidal-products-lists-of-disinfectant-active-substances-and-products>.
9. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitroendioxide and sulfur dioxide: summary of risk assessment. Global update 2005 [Internet]. Geneva: WHO; 2006 [cited 2021 Feb 3]. Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/69477>.
10. Nařízení vlády č. 246 ze dne 3. října 2018, kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci ve znění pozdějších předpisů. Sbírka zákonů ČR. 2018;částka 124:4250-66.
11. Vyhláška č. 6 ze dne 16. prosince 2002, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb. Sbírka zákonů ČR. 2003;částka 4:121-5.
12. Indoor Air Quality (IAQ) [Internet]. Washington, D.C.: US EPA; 2020 [cited 2021 Feb 3]. Ozone Generators that are sold as air cleaners. Available from: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/ozone-generators-are-sold-air-cleaners>.
13. Marhold J. Přehled průmyslové toxikologie: anorganické látky. Praha: Avicenum; 1980.
14. Quevedo-León R, Bastías-Montes JM, Espinoza-Tellez T, Ronceros B, Balic I, Muñoz O. Inactivation of coronaviruses in food industry: the use of inorganic and organic disinfectants, ozone, and UV radiation. Sci Agropecu. 2020;11(2):257-66.
15. Hudson JB, Sharma M, Vimalanathan S. Development of a practical method for using ozone gas as a virus decontaminating agent. Ozone Sci Eng. 2009;31(3):216-23.

Došlo do redakce: 15. 2. 2021

Přijato k tisku: 26. 2. 2021

RNDr. Bohumil Kotlík, Ph.D.

Státní zdravotní ústav

Šrobárova 49/48

100 00 Praha 10

E-mail: bohumil.kotlik@szu.cz