

UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2022

Petr Balvín

Univerzita Pardubice

Fakulta chemicko-technologická

Nelegální varny drog jako zdroj zdravotního rizika  
Bakalářská práce

2022

Petr Balvín

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická  
Akademický rok: 2021/2022

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Petr Balvín**  
Osobní číslo: **C19055**  
Studijní program: **B2802 Chemie a technická chemie**  
Studijní obor: **Chemie a technická chemie**  
Téma práce: **Nelegální varny drog jako zdroj zdravotního rizika**  
Zadávající katedra: **Ústav environmentálního a chemického inženýrství**

## Zásady pro vypracování

1. Zpracujte přehled nejběžněji využívaných technologií pro nelegální přípravu či výrobu omamných látek na bázi metamfetaminu, u klíčových výchozích látek, meziproductů a produktů shromážděte údaje o jejich zdravotní nebezpečnosti.
2. Pokuste se využít dostupné nástroje pro hodnocení zdravotních rizik chemických látek k výpočtu indexů rizika klíčových výchozích látek, meziproductů a produktů ve vlastní navržené modelové situaci. Diskutujte, které faktory dané modelové situace nejvýrazněji ovlivňují charakter zjištěných zdravotních rizik.
3. Využijte výstupy z vlastní hodnocené modelové situace k diskusi o tom, jaká zdravotní rizika mohou představovat rezidua výchozích látek, meziproductů a produktů sorbovaných na zdech v prostorech bývalých nelegálních varen drog pro nové obyvatele těchto prostor.
4. Bakalářskou práci zpracujte v souladu se Směrnicí UPa č. 7/2019 „Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací“ v platném znění.

Rozsah pracovní zprávy:  
Rozsah grafických prací:  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Miloslav Pouzar, Ph.D.**  
Ústav environmentálního a chemického inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **25. února 2022**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **1. července 2022**

L.S.

---

**prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.**  
děkan

---

**prof. Ing. Petr Mikulášek, CSc.**  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 25. února 2022

Prohlašuji:

Práci s názvem *Nelegální varny drog jako zdroj zdravotního rizika* jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne

jméno a příjmení autora v. r.

## **ANOTACE**

V této práci jsou popsány frekventovaně využívané postupy výroby metamfetaminu s akcentem na situaci v České republice. Na následujících stránkách jsou shromážděny základní informace o nebezpečnosti pomocných látek, prekurzorů, meziproductů a produktů, které se v nelegálních varnách metamfetaminu mohou vyskytovat. V experimentální části práce byly pomocí dostupných programů ART a ECETOC TRA počítány hodnoty indexu charakterizujícího riziko, jakožto směrodatného ukazatele pro hodnocení modelovaných rizikových situací. V práci je dále vysvětleno jak zvolené podmínky (ventilace, velikost objektu, ochranné pomůcky, digestoře, způsob nakládání s toxickými látkami, aj.) ovlivňují hodnotu indexu charakterizujícího riziko. V posledních kapitolách lze najít i podložená praktická doporučení pro snížení dopadů negativních účinků toxických látek na zdravotní stav nelegálních výrobců a jiných obyvatel varny. S ohledem na lidské zdraví je v práci pojednáno i o problému reziduí metamfetaminu a jiných látek v obývaných remediovaných objektech, kde dochází k dlouhodobé inhalační expozici.

## **ANNOTATION**

This paper covers frequently used methods of methamphetamine preparation and manufacturing with special importance given to the methamphetamine situation in the Czech Republic. Following pages contain gathered basic useful information regarding dangerous chemical substances such as precursors, byproducts, intermediates and products present in the process of methamphetamine creation. Freeware software such as ART and ECETOC TRA were used to calculate risk characterisation ratio as a way to assess risk in preconstructed model scenarios. This paper also explains the connections between pre-set conditions (ventilation, residential area, personal protective equipment, hoods, different ways of manipulation with toxic substances) and the value of risk characterisation ratio. The conclusion part includes practical suggestions for minimizing the impacts of negative effects of toxic substances, which endanger medical condition of methamphetamine producers and other clandestine meth lab inhabitants. Considering human health conditions, this paper also covers the problematics of methamphetamine and other toxic substance residues present in remediated buildings, where long term inhalatory exposition to hazardous substances takes place.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

nelegální varny, drogy, hodnocení rizika, metamfetamin, remediace

## **KEYWORDS**

clandestine drug laboratories, drugs, risk assessment, methamphetamine, remediation

## **TITLE**

Clandestine drug laboratories as a source of health hazard

# OBSAH

1	Základní charakteristiky metamfetaminu.....	14
1.1.1	Senzorické charakteristiky .....	14
1.1.2	Farmakodynamika metamfetaminu.....	14
1.1.3	Farmakokinetika metamfetaminu.....	16
1.1.4	Akutní expozice metamfetaminu .....	16
1.1.5	Chronická expozice metamfetaminu.....	17
2	Zhodnocení situace v české republice.....	18
2.1	Dopady pandemie Covid-19 .....	19
3	Technologie výroby metamfetaminu .....	23
3.1	Metody na bázi fenyl-2-propanonu.....	24
3.2	Metody vycházející z pseudoefedrinu.....	25
3.2.1	„One-pot“ metoda .....	27
3.2.2	Jodofosforové cesty.....	30
3.2.3	Výroba metamfetaminu v České republice .....	34
4	Experimentální část – modelování rizikových situací .....	35
4.1	Produkční schopnost varen v České republice.....	35
4.2	Modelování rizika s využitím programu ART.....	36
4.3	ECETOC Targeted Risk Assessment modelování .....	40
4.4	Nejhorší možný scénář.....	40
4.5	Odhadované RCR pro červený fosfor.....	42
4.6	Odhadované RCR pro jód.....	44
4.7	Odhadované RCR pro toluen .....	46
4.8	Odhadované RCR pro petrolej.....	48
4.9	Odhadované RCR pro kyselinu sírovou.....	49
4.10	Odhadované RCR pro kyselinu fosfornou .....	50
4.11	Odhadované RCR pro chlorovodík.....	51
4.12	Odhadované RCR pro fosfán .....	52
4.13	Referenční dávka, LOAEL, NOAEL, OEL pro pervitin .....	54



4.14 Odhadované RCR pro metamfetamin .....	57
5 Rezidua jako zdroj rizika .....	60
5.1 Rezidua metamfetaminu v České republice .....	60
5.2 Expoziční limity ve světě .....	61
5.3 Obývání remediovaných objektů .....	63
6 Závěr .....	65

## SEZNAM POUŽÍVANÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

- CNS ... Centrální nervová soustava
- DAT ... Dopaminový transportér
- VMAT ... Vezikulární monoaminový transportér
- MAO ... Monoaminoxidáza
- COMT ... Katechol-O-methyl transferáza
- ROS ... Reaktivní sloučeniny kyslíku, z anglického „reactive oxygen species“
- NPC ... Národní protidrogová centrála
- MDMA ... 3,4-methylenedioxyamfetamin, extáze
- SKPV ... Služba kriminální policie a vyšetřování
- PČR ... Policie České republiky
- OPL ... Omamně psychotropní látky
- P2P ... Fenyl-2-propanon, z anglického „phenyl-2-propanone“
- BMK ... Benzylmethylketon, fenyl-2-propanon
- PSE ... Pseudoefedrin
- MA ... Metamfetamin
- S ... Rozpustný, z anglického „soluble“
- VSS ... Minimálně rozpustný, z anglického „very slightly soluble“
- I ... Nerozpustný, z anglického „insoluble“
- FS ... Neomezeně rozpustný, z anglického „freely soluble“
- PSE soli ... Soli pseudoefedrinu (pseudoefedrin hydrochlorid a sulfát)
- ART ... The Advanced REACH Tool
- ECETOC TRA ... Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals Targeted Risk Assessment
- ACH ... Jednotka intenzity výměny vzduchu v místnosti, z anglického „air change“
- NOAEL ... Z anglického „no observed adverse health effect level“

LOAEL ... Z anglického „lowest observed adverse effect level“

PoD ... Z anglického „point of departure“

BW ... Tělesná váha, z anglického „body weight“

UF<sub>C</sub> ... Faktor nejistoty, který obsahuje jiné faktory nejistoty

TK ... Toxokinetické přizpůsobení

BAF ... Z anglického „bioavailability adjustment factor“

RfD ... Referenční dávka, z anglického „reference dose“

MF ... Modifikující faktor

OEL ... Z anglického „occupational exposure limit“

ČOV ... Čistička odpadních vod

HZS ... Hasičský záchranný sbor

ČIŽP ... Česká inspekce životního prostředí

ŽP ... Životní prostředí

EPA ... Z anglického „U.S. Environmental Protection Agency“

## SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Strukturální vzorce amfetaminu a metamfetaminu [2 p. 20] .....	14
Obrázek 2 – Neuromediátory strukturálně podobné s metamfetaminem [2 p. 20] .....	14
Obrázek 3 – Účinky metamfetaminu na synapsích [3 p. 6] .....	16
Obrázek 4 – Schéma metod používaných pro výrobu metamfetaminu [9 p. 151] .....	24
Obrázek 5 – Reakční mechanismus redukce PSE na MA amonno-metalickým způsobem [13 p. 5] .....	29
Obrázek 6 – Možné provedení one-pot reakce podle experimentu a studie A. Ciesielskeho. [14 p. 30] .....	30
Obrázek 7 – Základní princip vzniku metamfetaminu redukcí pseudoefedrinu .....	30
Obrázek 8 – Reakční mechanismus redukce PSA na MA jodofosforovými cestami [15 p. 6] .....	32
Obrázek 9 – Grafické znázornění produkční kapacity nelegálních varen metamfetaminu v ČR v roce 2021 [21 p. 150] .....	36
Obrázek 10 – Uživatelské rozhraní programu ART .....	37
Obrázek 11 – Příklad výsledného odhadu koncentrace látky ve vzduchu .....	37
Obrázek 12 – Zanedbání základních hygienických zásad (operace "NOVIS") [5] .....	41
Obrázek 13 – Stísněnost prostor při výrobě metamfetaminu (operace "NOVIS") [5] .....	41
Obrázek 14 – RCR při manipulaci s objekty pokrytými rezidui červeného fosforu .....	43
Obrázek 15 – RCR při manipulaci s prachy červeného fosforu .....	43
Obrázek 16 – RCR při manipulaci s objekty pokrytými rezidui jódu .....	45
Obrázek 17 – RCR při manipulaci s jódem ve formě prachu nebo pilin .....	46
Obrázek 18 – RCR pro volné odpařování toluenu za pokojové teploty .....	47
Obrázek 19 – RCR pro volné odpařování toluenu při 50 °C .....	48
Obrázek 20 – RCR pro extrakci metamfetaminové báze petrolejem .....	49
Obrázek 21 – RCR pro manipulaci s otevřenými nádobami kyseliny sírové .....	50
Obrázek 22 – Provizorní generátory chlorovodíku .....	51
Obrázek 23 – RCR pro expozici chlorovodíku .....	52
Obrázek 24 – Generátory chlorovodíku (bublačka vlevo dole) a plynová maska (v zadní části nahoře) [35 p. 29] .....	53
Obrázek 25 – RCR pro expozici fosfánu .....	54
Obrázek 26 - RCR pro expozici metamfetaminu při manipulaci s ním .....	58
Obrázek 27 – Distribuce metamfetaminu v pozorované domácnosti [38 p. 3] .....	63
Obrázek 28 – Porovnání RCR vybraných nejnebezpečnějších látek v procesu v nejnebezpečnějším možném scénáři .....	65
Obrázek 29 – Snížení hodnoty RCR metamfetaminu a fosfánu .....	66
Obrázek 30 – Snížení hodnoty RCR jódu a chlorovodíku .....	66

## SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

<i>Tabulka 1 – Shrnutí cenové dostupnosti OPL [5–7].....</i>	<i>21</i>
<i>Tabulka 2 – Výběr činností považovaných za drogovou trestnou činnost [8].....</i>	<i>22</i>
<i>Tabulka 3 – Nejčastěji používané metody pro výrobu metamfetaminu .....</i>	<i>23</i>
<i>Tabulka 4 – Počet zajištěných tablet léků nebo gramů s obsahem PSE [5 p. 8; 6 p. 15].....</i>	<i>27</i>
<i>Tabulka 5 – Rozpustnost dvou forem metamfetaminu ve vybraných rozpouštědlech [12 p. 2].....</i>	<i>28</i>
<i>Tabulka 6 – Hodnoty potřebné pro výpočet RCR červeného fosforu [24].....</i>	<i>42</i>
<i>Tabulka 7 – Hodnoty potřebné pro výpočet RCR jódu ve formě prachu a pilin [26].....</i>	<i>44</i>
<i>Tabulka 8 – Hodnoty potřebné pro výpočet RCR toluenu [27, 28].....</i>	<i>46</i>
<i>Tabulka 9 – Hodnoty potřebné pro výpočet RCR petroleje [30].....</i>	<i>48</i>
<i>Tabulka 10 – Hodnoty potřebné pro výpočet RCR kyseliny sírové [31].....</i>	<i>49</i>
<i>Tabulka 11 – Hodnoty potřebné pro výpočet RCR chlorovodíku [32].....</i>	<i>51</i>
<i>Tabulka 12 - Hodnoty potřebné pro výpočet RCR fosfánu [33].....</i>	<i>52</i>
<i>Tabulka 13 – Limitní koncentrace pro kontaminanty podle legislativy Nového Zélandu [37 p. 22].....</i>	<i>62</i>

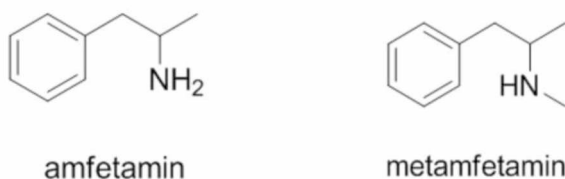
# 1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY METAMFETAMINU

## 1.1.1 SENZORICKÉ CHARAKTERISTIKY

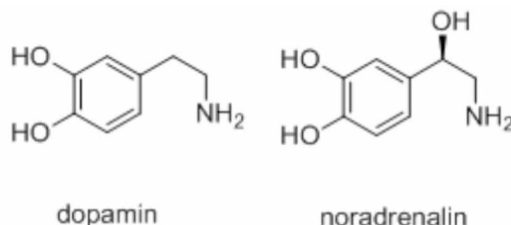
Čistý metamfetamin se nejčastěji vyskytuje ve formě bílého prášku s lehce nahořklou chutí. Jeho barva, chuť i zápach se mohou měnit v závislosti na použitých reaktantech, postupu syntézy a čistotě prostředí, ve kterém se provádí proces vaření. Následkem kontaminace tak může nabývat žluté, hnědé, růžové až lehce fialové barvy. Neutrální zápach se může změnit znečištěním až na zápach popisovaný jako technický. Čistý metamfetamin je nejčastěji kombinován a ředěn (slangově „řezán“) běžně dostupnými chemikáliemi jako například tabletováním kofeinem, tabletováním hořčíkem, dále cukrem, omítkou, v nejhorších případech dokonce i hnojivy, pesticidy a paracetamolem. Paracetamol má silné hepatotoxické účinky a v důsledku jeho přidání do metamfetaminu může dojít k poškození jater [1 p. 7].

## 1.1.2 FARMAKODYNAMIKA METAMFETAMINU

Metamfetamin je vysoce návyková látka ze skupiny stimulačních drog (psychostimulans), působící na centrální nervový systém (CNS). Metamfetamin je také látka sympatomimetická – svou strukturou se podobá neurotransmitterům ze skupiny katecholaminů, například adrenalinu, noradrenalinu nebo dopaminu (**obr. 1 a 2**), s čímž souvisí i jeho farmakologické účinky.



Obrázek 1 – Strukturální vzorce amfetaminu a metamfetaminu [2 p. 20]

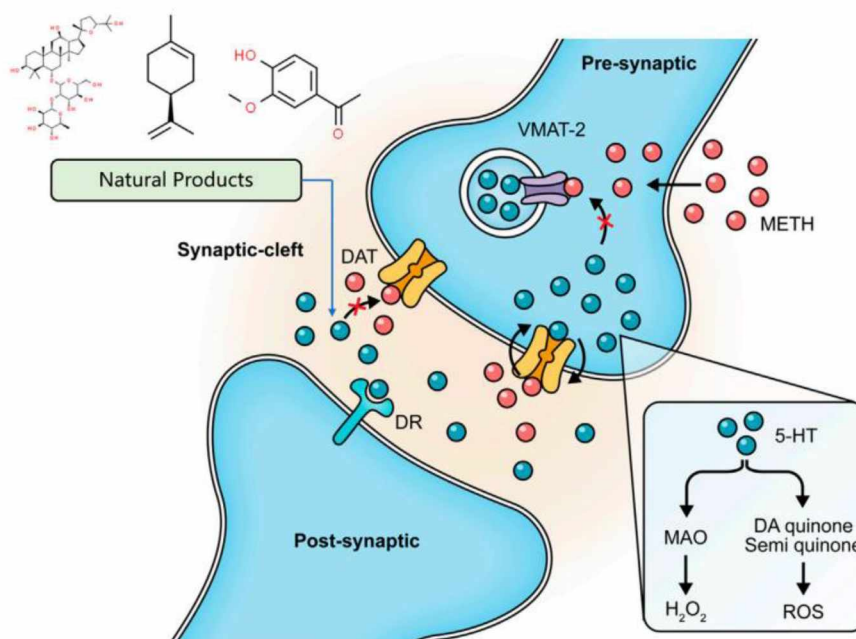


Obrázek 2 – Neuromediátory strukturně podobné s metamfetaminem [2 p. 20]

Za normálního stavu se vyplavený dopamin váže na dopaminové receptory a vyvolává pocit odměny a uspokojení. Volný dopamin je ze synaptické štěrbině přenesen dopaminovým

transportérem (DAT) zpátky do produkujícího (presynaptického) neuronu. Další možností je biochemické odbourání například pomocí monoaminoxidázy (MAO) a katechol-O-methyltransferázy (COMT) na koncové produkty peroxid vodíku ( $H_2O_2$ ) a další reaktivní sloučeniny kyslíku (ROS). Zabránění zpětnému vychytávání dopaminu nadměrně aktivuje příslušné receptory. Je dosaženo tzv. „high“. Jedná se o nejvíce intenzivní pocity štěstí a euforie. Původní dopamin není ze synaptické štěrbině vychytáván a presynaptický neuron není schopen vytvářet další dopamin. Původní dopamin přirozeně difunduje mimo synaptickou štěrbinu a dochází k inaktivaci receptorů a útlumu. Nastává abstinenční stav [2 pp. 21–22].

Metamfetamin rychle prostupuje přes hematoencefalickou bariéru a působí přímo v CNS (**obr. 3**), kde v důsledku jeho působení dojde k uvolnění velkého množství dopaminu a noradrenalinu, k jejichž přenašečům má metamfetamin největší afinitu. Metamfetamin má schopnost vázat se na DAT a blokovat kanály uzpůsobené pro zpětné vychytávání dopaminu ze synaptické štěrbině. Metamfetamin je při zvýšených koncentracích a díky své podobnosti s monoaminou schopen prostoupit do samotných synaptických axonů difuzí [3 p. 2]. Zde zapříčiní další uvolnění dopaminu z vezikul do synaptického prostoru působením na vezikulové přenašeče pro monoaminy (VMAT). Metamfetamin dokonce inhibuje i funkci MAO a COMT, které jsou zodpovědné za biochemickou eliminaci monoaminů, což opět vede ke kumulaci těchto neurotransmiterů v synaptické štěrbině. Jsou vyvolány intenzivní pocity euforie, štěstí, uspokojení, avšak dlouhodobé působení vysokých koncentrací dopaminu vede ke snížení citlivosti příslušných receptorů. Uvolněný noradrenalin zapříčiní zrychlení srdeční činnosti, pocení a všeobecně zvyšuje aktivitu jedince.



Obrázek 3 – Účinky metamfetaminu na synapsích [3 p. 6]

### 1.1.3 FARMAKOKINETIKA METAMFETAMINU

Metamfetamin je možné užívat mnoha způsoby – perorálně, intranasálně („snorting“, šňupání), inhalačně, intravenózně ale například i rektální cestou. Biologická dostupnost takto podané drogy se může značně lišit v závislosti na způsobu aplikace a zkušenostech uživatele, nicméně nejčastěji se pohybuje mezi 37-67 % při kouření, 79 % [4 p. 482] při šňupání a maximálních přestupů do krevní plazmy je docíleno podáním žilním nebo přes rektální sliznici. Maximální plazmatické koncentrace je nejrychleji dosaženo po intravenózním podání a to za 6 minut, dále 150 minut po inhalaci. Při perorální aplikaci bylo dosaženo maxima po 216 minutách od okamžiku podání [2 p. 21].

### 1.1.4 AKUTNÍ EXPOZICE METAMFETAMINU

Malé a střední dávky (do 100 mg) metamfetaminu zlepšují náladu, vyvolávají euforii, uživatel zažívá silný pocit empatie, roste naopak nechut k jídlu. Vyšší dávky (řádově ve stovkách miligramů) jsou doprovázeny nutkáním se pohybovat, celkovou excitací, mydriázou a euforií. Dotyčný však může zažívat i úzkosti, projevovat se agresivně a psychoticky. Vyloučeny nejsou ani těžké halucinace. Akutní intoxikace navozuje pocity síly, hrdinské tendence, energie, dotyčný pocítuje nespavost, je neklidný a neunavitelný. Při předávkování dochází ke zvýšení tepové frekvence a projevují se symptomy tachykardie. V hraničních případech (například při kombinaci s jinými návykovými látkami) může dojít k celkovému



přehřátí organismu a selhání orgánů (srdce, játra, renální selhání), bez včasné hospitalizace následuje případné koma a smrt [2 p. 23].

### **1.1.5 CHRONICKÁ EXPOZICE METAMFETAMINU**

Chronické užívání metamfetaminu může zapříčinit lhostejnost k okolí, letargii, nechut', halucinace, únavu, splíny a deprese. Důvodem je vyčerpání vezikulárních monoaminů, které byly opakovaně masově vyplavovány do synaptické štěrbiny a koncentrace vezikul je nyní u aktivní zóny v presynaptickém neuronu minimální. Viditelné fyzické následky dlouhodobého užívání zahrnují opotřebení zubů (kvůli repetitivním nutkavým pohybům dochází k jejich vzájemnému oděru), vypadávání vlasů či ztráta tělesné váhy, kvůli zanedbání životosprávy.

Ve stavu abstinence je chronický uživatel pervitinu podrážděný, unavený a ospalý. Po dlouhém spánku většinou následuje období hladu. V neposlední řadě se objevuje nutkání znovu získat drogu a zažít opět pocity štěstí a uspokojení.

## 2 ZHODNOCENÍ SITUACE V ČESKÉ REPUBLICE

Metamfetamin (slangově označovaný též jako pervitin, piko, ice nebo krystal) je hned po marihuaně jednou z nejrozšířenějších a nejvíce zneužívaných drog na českém území. Jeho problematičnost tkví jak ve velké dostupnosti pomocných surovin potřebných pro jeho výrobu, tak samotných prekurzorů s extrahovatelným obsahem pseudoefedrinu.

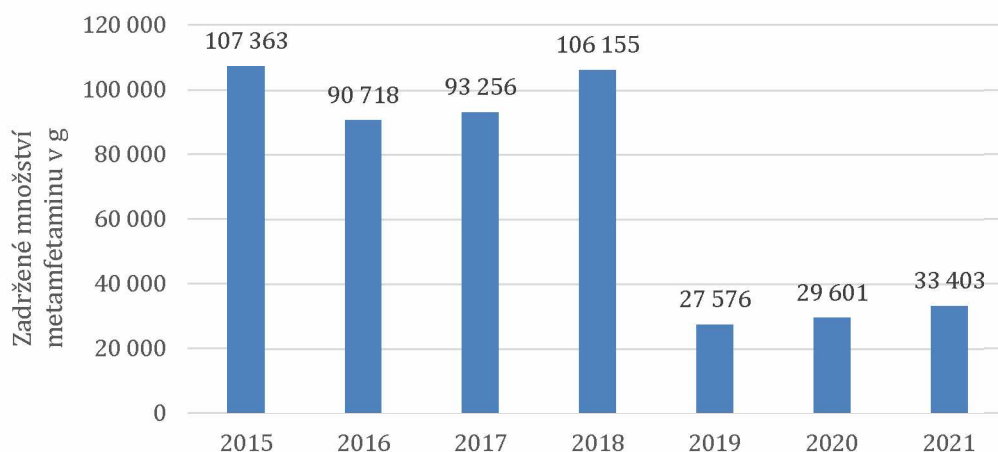
Omamně psychotropní látky (OPL), které systematicky decimují ekonomickou, sociální a zdravotní situaci člověka, tzv. tvrdé drogy, Česká republika rozděluje do následujících podkategorií:

- halucinogeny (např. LSD, meskalin)
- stimulační látky (metamfetamin, crack, kokain, MDMA, fenmetrazin)
- těkavé látky (např. toluen)
- tlumivé látky (léky s podobným účinkem jako diazepam, fenobarbital, aj.)
- opiáty (morfin, kodein, metadon, heroin a opium samotné)

Na **obr. 4** je shrnuto zadržené množství tvrdých drog na území ČR za rok 2019, 2020 a nově i za rok 2021, kde zdrojové údaje vychází z letos uveřejněných retrospektivních statistických dat týkajících se trestné drogové činnosti [5]. Vzhledem k proměnlivosti koncentrace aktivní látky v každé jednotlivé dávce není v tomto grafu zahrnuto LSD.

Podle výroční zprávy Národní protidrogové centrály služby kriminální policie a vyšetřování Policie České republiky (NPC SKPV PČR) za rok 2020 je Česká republika zemí s dlouhodobě největším počtem odhalených varen metamfetaminu v celé Evropě. Z údajů NPC dále vyplývá, že největším zdrojem léků s obsahem prekurzorů pro výrobu metamfetaminu je Polská republika. Léky jsou nejčastěji produkovány jinými státy jako jsou například Španělsko, Turecko, Bosna a Hercegovina a Rumunsko. Na území Polska dochází k distribuci do jiných zemí nejen střední Evropy a dovoz léků ze států na jihu Evropy je organizován nejčastěji cizinci s dlouhodobým pobytem na území ČR převážně s vietnamským původem [6 p. 8].

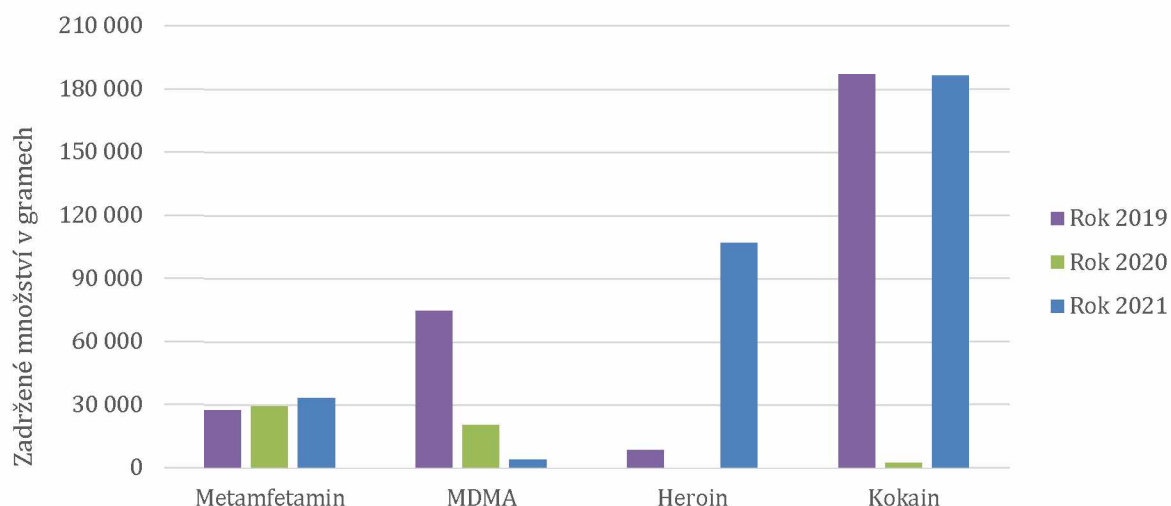
## 2.1 DOPADY PANDEMIE COVID-19



**Obrázek 4** – Graf množství zadrženého metamfetaminu v letech 2015-2021 podle dat NPC [5 p. 4; 6 p. 10]

Jak dokumentuje **obr. 4**, v letech 2013 až 2019 se množství zadrženého metamfetaminu na území ČR výrazně neměnilo. Náhlý propad pozorovatelný mezi lety 2019 až 2021 je připisován pandemii nemoci Covid-19 a podmínkám nouzového stavu. Restrikce ovlivnily import prekurzorů a pomocných látek (zejména červeného fosforu) do České republiky z území Polska. S uzavěrami a zpřísněním kontrol na hraničních přechodech se nelegální producenti začali potýkat s problémy jako výpadky dodávek látek potřebných pro syntézu, což zapříčinilo sníženou dostupnost metamfetaminu, a naopak zvýšení jeho ceny. Léčivem, které bylo dlouhodobě nejčastěji zneužíváno jako prekurzor pro nelegální výrobu pervitinu, je Cirrus s obsahem pseudoefedrin hydrochloridu 120 mg na tabletu [6 p. 8]. Z grafu na **obr.4** je zřejmé, že nelegální výroba metamfetaminu odhadovaná na základě množství zadrženého množství drogy v letech 2019 až 2021 opět stoupala, což lze připsat rozvolňování protiepidemických opatření.

Z materiálu NPC nazvaném *Statistické údaje o drogové trestné činnosti* za rok 2021 je patrné, že množství zadrženého pervitinu vzrostlo oproti předchozím rokům pouze mírně. Zadržené extáze bylo taktéž méně a tyto trendy mohou být připisovány restriktivním opatřením, které omezily provozy nočních podniků, kde docházelo nejčastěji k distribuci těchto látek. Naopak distribuce heroinu a kokainu se výrazně zvýšila, jak lze vidět na **obr. 5**.



**Obrázek 5** – Množství zadržených vybraných tvrdých drog v období 2019 až 2021 dle dat NPC [5 p. 4; 6 pp. 86–87; 7 pp. 84–85]

Nový trendům podléhá i nelegální drogová nabídka a poptávka. Turbulentní nejistá socio-ekonomická situace zapříčiněná pandemií ovlivňovala zejména pořizovací ceny drog. Maximální cena u metamfetaminu zůstala však totožná ve všech třech letech, minimální cena v roce 2020 dokonce klesla a při pohledu na ostatní vybrané OPL byl pervitin z cenového hlediska opravdu nejstabilnější tvrdou drogou, jak dokládá **tab. 1**.

**Tabulka 1 – Shrnutí cenové dostupnosti OPL [5–7]**

<b>OPL</b>	<b>Rok</b>	<b>Minimální cena (Kč)</b>	<b>Maximální cena (Kč)</b>	<b>Nejčastější cena (Kč)</b>
Metamfetamin (za gram)	2019	500	5000	1000
	2020	400	5000	
	2021	500	5000	
MDMA (za tabletu)	2019	65	800	200
	2020	50	600	
	2021	50	500	
Heroin (za gram)	2019	800	1250	1000
	2020	1000	2000	
	2021	1000	1700	
Kokain (za gram)	2019	1000	3500	2000
	2020	1000	4000	
	2021	1500	4000	

V důsledku výše uvedených okolností (pandemie, restrikce pohybu osob, více hraničních kontrol), došlo ke snížení vývozu metamfetaminu z ČR do okolních zemí. To vedlo ke zmenšení nabídky na překupních místech v bezprostřední blízkosti hranic, zejména se Spolkovou Republikou Německo, kde byla tamější klientela zvyklá pravidelně dojíždět pro své dávky [6 p. 54; 7 p. 9].

Evropský trh s metamfetaminem je nyní výrazně ovlivněn dovozem látky od zločinných skupin ze Střední Ameriky, přičemž mexické kartely zásobují Evropu ve stovkách kilogramů této drogy, která je nejčastěji převážena v lodních kontejnerech. Pro evropský trh a lokální produkční skupiny tento zdroj metamfetaminu představuje silnou konkurenci. K manipulaci s takto importovanou drogou dochází nejčastěji na území Nizozemska. To je

považováno za vstupní bránu pro metamfetamin směrem do centrální Evropy, potažmo je tento pervitin transportován i na naše území [6 p. 9].

Vybraná porušení zákona č 40/2009 sb. trestního zákoníku [5 p. 2] vztahující se k nedovolenému nakládání s omamně-psychotropními látkami jsou shrnuta v **tab. 2**. Nejvíce přestupků za rok 2021 vykazuje region Praha (414), dále kraj střeđočeský (365) nebo například kraj moravskoslezský (318).

**Tabulka 2** – Výběr činností považovaných za drogovou trestnou činnost [8]

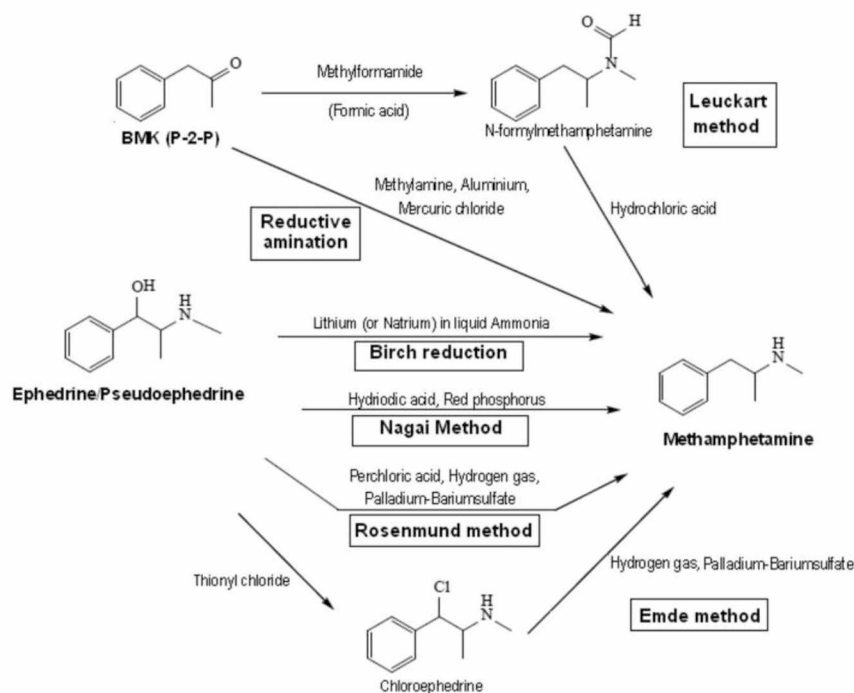
<b>Číslo paragrafu</b>	<b>Název</b>
§ 283	Nedovolená výroba a jiné nakládání s omamnými a psychotropními látkami
§ 284	Přechovávání omamné a psychotropní látky a jedu
§ 285	Nedovolené pěstování rostlin obsahujících omamnou nebo psychotropní látku
§ 286	Výroba a držení předmětu k nedovolené výrobě omamné a psychotropní látky a jedu
§ 287	Šíření toxikomanie
§ 288	Výroba a jiné nakládání s látkami s hormonálním účinkem

### 3 TECHNOLOGIE VÝROBY METAMFETAMINU

V závislosti na dostupných prekurzorech se ve světě k výrobě metamfetaminu používají dva základní postupy syntézy. Jedním z nejpoužívanějších prekurzorů je fenyl-2-propanon, pro který se vžila anglická zkratka P2P (též někdy BMK), druhým pak soli efedrinu či pseudoefedrinu (nejčastěji hydrochlorid, méně často sulfát). Každý z těchto prekurzorů je pak možné použít v rámci různých syntetických metod, které lze dále dělit podle toho, jaké pomocné látky byly při výrobě/přípravě potřebné, jak popisuje **tab. 3**.

**Tabulka 3** – Nejčastěji používané metody pro výrobu metamfetaminu

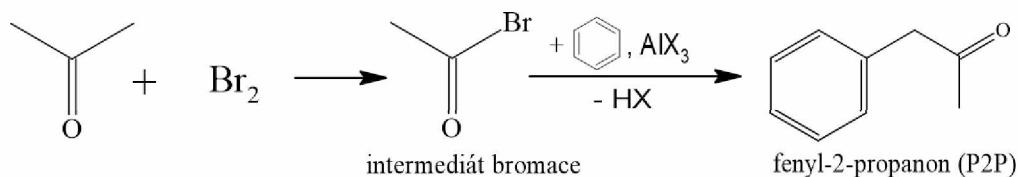
Typ prekurzoru	Variace metody
Fenyl-2-propanon (P2P)	Leuckartova metoda
	Reduktivní aminace
	Nitrostyrenový způsob
Prekurzor na bázi efedrinu či pseudoefedrinu	Birch redukce, „One-pot“ techniky
	Metody využívající jód a fosfor
	Emde metoda



Obrázek 4 – Schéma metod používaných pro výrobu metamfetaminu [9 p. 151]

### 3.1 METODY NA BÁZI FENYL-2-PROPANONU

Metody využívající P2P prekurzor byly v celosvětové perspektivě historicky preferovanou variantou syntézy metamfetaminu. Pokud nebylo možné sehnat přímo P2P, bylo možné jej připravit z ještě jednodušších chemikálií, jejichž dostupnost a prodej bylo složitější zákonně regulovat. Jedním ze způsobů je bromace acetonu následovaná Friedel-Craftsovou acylací benzenu popsaná rov. 1. Alternativou je reakce benzenu s acetylchloridem za katalýzy chloridem hlinitým pod refluxem [10 p. 17].



Rovnice 1 – Syntéza P2P z acetonu a benzenu

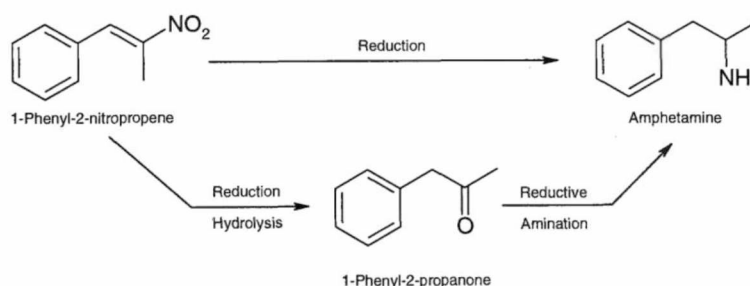
Další metoda využívá pro získání P2P reakci kyseliny fenylactové s acetanhydridem pod refluxem v prostředí pyridinu [10 p. 16]. Metody popsané v této kapitole jsou nicméně na českém území velmi ojedinělé. Z elektronické komunikace s brig. gen. PhDr. Jakubem Frydrychem vyplývá, že „V retrospektivě posledních třiceti let byl na území ČR odhalen pouze jeden případ výroby za využití prekurzoru benzylmethylketonu (P2P).“ [39]



V případě reduktivní aminace, která poskytuje iminový intermediát, dochází k reakci P2P s aminem. Tento intermediát je *in situ* či v pozdějším samostatném reakčním kroku redukován vybraným redukčním činidlem (tetrahydridboritanem sodným, vodíkem na platinovém katalyzátoru nebo třeba amalgamem rtuti či hliníku) na metamfetamin [11 pp. 10–11].

Leuckartova cesta zahrnuje reakci P2P s N-methylformamidem, který je regenerovatelný. To je z hlediska nelegálních výrobců považováno za výhodné. Tyto osoby však postupy regenerace reakčního aminu s jistotou neovládají, a proto je využívají pouze ojediněle. Meziproduct na bázi N-formylu je poté kyselé nebo zásaditě hydrolyzován na metamfetamin. Při použití formamidu dochází k transformaci P2P na amfetamin [11 p. 12]

Jednotlivé metody spolu velice úzce souvisí, což ponechává velký prostor pro improvizaci v postupech a možnosti využívání pozitiv jednotlivých metod, které lze kombinovat. Například při nitrostyrenovém způsobu syntézy, vede přímá redukce 1-fenyl-2-nitropropenu na amfetamin (nazývaný „speed“), kdežto při kombinaci redukce a hydrolýzy vznikne P2P, které je dále možné transformovat Leuckartovým způsobem na metamfetamin [11 p. 13]. Metody na bázi P2P se proto častěji používají pro výrobu amfetaminu, nicméně je možné je využít pro výrobu pervitinu. Samotné použití těchto metod může mít vážné dopady na lidské zdraví a při hodnocení rizika v neznámé situaci by na postupy využívající P2P měl být brán patřičný zřetel.



Rovnice 2 – Propojení nitrostyrenové a Leuckartovy cesty [10 p. 5]

### 3.2 METODY VYCHÁZEJÍCÍ Z PSEUDOEFEDRINU

V případě metod založených na pseudoefedrinu je výchozí látka extrahovaná z tablet vybraného léku redukována na metamfetamin. Každá z následujících metod je výhodná pro jinou situaci, ve které se osoba vyrábějící metamfetamin může nacházet. K aspektům, které ovlivňují volbu metody patří například:

- Potřebné množství pervitinu
- Dostupnost surovin
- Znalosti, dovednosti a zručnost osoby provádějící proces
- Naléhavost produkce

Pseudoefedrin je možné získat z běžně dostupných léčivých přípravků proti horečce a nachlazení. V odhalených nelegálních varnách metamfetaminu je proto možné najít obrovská množství balastního materiálu z léčiv po extrakci PSE soli. Zdroje PSE jsou shrnuty v **tab 4**.

Jak je vidět z **tab. 4**, léčiva jako Clarinase nebo StopCold byla zajištěna v nelegálních varnách teprve v roce 2020, což ukazuje, že drogová scéna a nelegální producenti se rychle adaptují. Získat tyto léky na našem území bylo po propuknutí pandemie nemoci Covid-19 mnohem snazší než podstupovat riziko zadržení během přísnějších hraničních kontrol při dovozu léku s vyšším obsahem PSE solí z jiných států.

Z důvodu vysokého obsahu pseudoefedrin hydrochloridu je však nadále preferovaným přípravkem Cirrus Duo. Kvůli vysokému obsahu PSE by se léčivo Clarinasa mohlo zdát ideálním zdrojem této látky pro nelegální výrobu metamfetaminu. Účinná látka je však obsažena ve formě sulfátu a extrakce je mnohem obtížnější než při použití hydrochloridu. Na přelomu roku 2019 a 2020 došlo k poklesu zadrženého množství tablet léku Cirrus o 35 %, což v perspektivě velkoobjemové výroby může poukazovat na přirozené snížení v důsledku složitějšího převozu přes hranice či snad orientaci na jiné přípravky, ze kterých lze PSE extrahovat. Jak vyplývá z výroční zprávy NPC z roku 2020, Cirrus by mohl v budoucnu být vytěsněn nově využívaným lékem Efedrin Arena 50mg, který se začíná stávat v Polsku dostupnějším [6 p. 28]. Statistické údaje z roku 2021 opravdu potvrzují, že Efedrin Arena (75 936 zadržených tablet) je nyní frekventovaným lékem pro extrakci PSE. I v roce 2021 tedy k nejčastěji využívaným zdrojům PSE patří stále Cirrus a Cirrus Duo, dále Rhinoad, Rhinasek ale například i StopCold.

**Tabulka 4** – Počet zajištěných tablet léků nebo gramů s obsahem PSE [6 p. 15; 7 p. 8]

Název léčiva	Zadržené množství za rok		Obsah pseudoefedrinu $\left(\frac{mg}{tbl.}\right)$
	2019	2020	
Acatar	3072 (tbl.)	1372 (tbl.)	60 (hydrochlorid)
Apselan	39176 (tbl.)	1100 (tbl.)	60 (hydrochlorid)
Cirrus	147536 (tbl.)	96397 (tbl.)	120 (hydrochlorid)
Clarinase	-	3065 (tbl.)	120 (sulfát)
Nurofen Stop Grip	9359 (tbl.)	3819 (tbl.)	30 (hydrochlorid)
Pseudoefedrin (g)	5687 (g)	21607 (g)	čistý, extrahovaný
StopCold	-	4370 (tbl.)	120 (hydrochlorid)
Sudafed	3512 (tbl.)	2688 (tbl.)	120 (hydrochlorid)

### 3.2.1 „ONE-POT“ METODA

Jak již název „one-pot“ evokuje, principem tohoto způsobu transformace pseudoefedrinového prekurzoru je provedení celé reakce a získání metamfetaminu v jedné nádobě. Nejčastěji se jedná o PET lahev, plastovou krabičku či zavařovací sklenici. Mezi základní potřeby pro konverzi pseudoefedrinu na pervitin tímto způsobem patří:

- Lék s obsahem PSE
- Zdroj reaktivního lithia (Li-ion baterie)
- Dusičnan amonný
- Organické rozpouštědlo (diethylether, petrolej, aceton používaný na oplachy metamfetaminu aj.)
- Hydroxid sodný
- Kyselina sírová
- Epsomská sůl (síran hořečnatý)

- Kuchyňská sůl
- Voda
- PET lahev nebo jiná uzavíratelná nádoba pro provedení reakce
- Pomůcky pro nadrcení tablet (hmoždír)

V prvním kroku jsou nejprve tablety, v ideálním případě s pseudoefedrin hydrochloridem, nadrceny a společně s dusičnanem amonným nasypany do PET lahve, obsah je homogenizován protřepáním. Posléze je přidána vrstva organického rozpouštědla, ve kterém je vznikající metamfetaminová báze rozpustná (viz **tab. 5**). Ta je klíčová pro pochopení postupu výroby pervitinu. Na závěr jsou přidány šupiny lithia z baterií, vsypán hydroxid sodný a malé množství vody nejčastěji odměřováno v jednotkách víček použitých pro uzavření lahve o objemu 1,5 l. Voda plní funkci disperzního prostředí zajišťující lepší kontakt složek na dně nádoby. Hydroxid sodný reaguje ve spodní části lahve s dusičnanem amonným za vzniku amoniaku, který přes organickou vrstvu přichází do kontaktu s lithiem na hladině. Vzniká lithný iont a solvatovaný elektron (viz **rov. 3**), který transformuje pseudoefedrin na metamfetamin, jak je vidět z reakčního mechanismu na **obr. 7**.

**Tabulka 5** – Rozpustnost dvou forem metamfetaminu ve vybraných rozpouštědlech [12 p. 2]

Forma metamfetaminu	Aceton	Diethylether	Hexan	Voda
Báze	S	S	S	SS
Hydrochlorid	VSS	I	I	FS

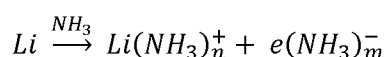
S ... Rozpustný, z anglického „soluble“

SS ... Málo rozpustný, z anglického „slightly soluble“

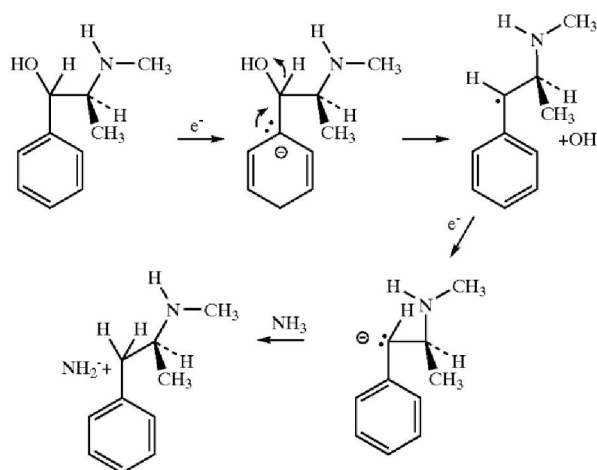
VSS ... Minimálně rozpustný, z anglického „very slightly soluble“

I ... Nerozpustný, z anglického „insoluble“

FS ... Neomezeně rozpustný, z anglického „freely soluble“



**Rovnice 3** – Zdroj solvatovaných elektronů pro amonno-metalický způsob výroby metamfetaminu [13 p. 4]



**Obrázek 5** – Reakční mechanismus redukce PSE na MA amonno-metalickým způsobem [13 p. 5]

Pro zvýšení výtěžnosti reakce je vhodné maximalizovat homogenitu tohoto polyfázového systému (vodná vrstva, nerozpustná pevná frakce z léku, organická vrstva a lithium plovoucí na hladině). Během procesu je slahví třepáno, a soustavně přidáván hydroxid sodný, dokud nedojde ke zreagování veškerého dusičnanu amonného. Vznikající báze metamfetaminu je extrahována z vodné fáze organickou vrstvou, kde je zachycena. Ukončení reakce je charakterizováno odreagováním veškerého lithia i dusičnanu amonného, organická vrstva je oddělena a dojde k vysolení metamfetamin hydrochloridu pomocí plynného chlorovodíku. Ten vzniká reakcí kuchyňské soli s kyselinou sírovou. Pevná složka po vysolení je pak z organického rozpouštědla odfiltrována nebo je rozpouštědlo alternativně odpařeno.

Téměř každý mezikrok v tomto procesu představuje závažné riziko pro lidské zdraví. V důsledku vzniku amoniaku dochází k natlakování lahve. V systému se nachází alkalický kov v kombinaci s vodou a hořlavým rozpouštědlem. Systém je v neustálém stavu vysoké homogenizace, což vede k intenzivnímu styku reaktantů a při nedostatečném pozornosti může v důsledku přehřátí dojít ke ztrátě kontroly nad reakcí a následně k explozi. Ve finálních krocích je manipulováno se silně toxickým chlorovodíkem, který při akutní expozici způsobí edém plic, případně po určité době latence opožděný edém plic. Pro získání metamfetamin hydrochloridu je odpařováno většinou velmi těkavé rozpouštědlo.

Některé komponenty potřebné pro reakci jsou opět velice dobře nahraditelné. Amoniak je možné použít i v bezvodé kapalně formě (tento způsob je nazýván Birchovou redukcí, která je pomyslně nadřazena one-pot technice) místo dusičnanu je možné použít jakoukoliv jinou dostupnou amonnou sůl jako například síran amonný. Požadavky na

organickou vrstvou jsou následující – nesmí být mísitelná s vodou a vznikající metamfetaminová báze v ní musí být dobře rozpustná, aby docházelo k efektivní extrakci produktu z reakční směsi.

Výše uvedenou metodikou lze připravit v plastových lahvích a jiných kontejnerech (**obr. 6**) malá množství metamfetaminu nejčastěji pro osobní užití. Za pomoci lepšího vícekapacitního vybavení je možné produkovat až 1 kg metamfetaminu na jednu vsádku [11 p. 14]. Mezi výhody metody patří:

- Jednoduchost – metoda není náročná na know-how
- Dostupnost – chemikálie i ostatní potřeby lze bez obtíží zakoupit v drogerii a obchodních řetězcích
- Výtěžnost a rychlost



**Obrázek 6** – Možné provedení one-pot reakce podle experimentu a studie A. Ciesielskeho. [14 p. 30]

### 3.2.2 JODOFOSFOROVÉ CESTY

Moje bakalářská práce je zaměřena zejména na jodofosforové způsoby výroby metamfetaminu, neboť na českém území bezkonkurenčně dominují. Obecné zjednodušené schéma těchto metod je na **obr. 7**.



**Obrázek 7** – Základní princip vzniku metamfetaminu redukcí pseudoefedrinu

Metody využívající fosfor a jód, ať už v jakékoliv podobě, můžeme dále zařadit do podtříd:

- Nagai metoda – využívá kyselinu jodovodíkovou a červený fosfor

- Moskevský způsob – použití jódu a červeného fosforu
- „Hypo“ cesta – vyžaduje kyselinu fosfornou a jodovodíkovou

První dva uvedené způsoby jsou charakteristické možností regenerovat červený fosfor z reakční směsi, nicméně i výsledný produkt jím může být parciálně znečištěn. Pokud je regenerativní krok zařazen, není tak nutné transportovat další červený fosfor, který by mohl zaujmout pozornost policejních složek a celních kontrol. „Hypo“ cesta používající kyselinu fosfornou poskytuje sice čistší produkt, větší výtěžky a vyžaduje mnohem nižší dobu potřebnou k reakci, nicméně je nutné znovu obstarat všechny reaktanty potřebné pro syntézu. Pro všechny podtřídy jodofosforových cest platí, že primární vsázka se vaří pod refluxem po delší dobu („hypo“ metody cca 1-2 hodiny, ostatní 12-14 hodin) [11 p. 16]. Pro efektivní použití těchto metod je nezbytné, aby varna obsahovala:

- Varnou nádobu (baňku) s míchadlem
- Zpětný chladič (se zdrojem chladicího média)
- Tepelný zdroj
- Teploměr, termočlánek
- Zdroj elektrické energie

Tímto příslušenstvím se liší jodofosforové varny od laboratoří používajících amoniakálně-metalické postupy. Některé z pomůcek je možné improvizovaně nahradit domácími potřebami a nádobami, avšak velkotonážní výroba se již bez profesionálního laboratorního skla a ostatního vybavení neobejde. Lepší vybavení umožňuje jednodušší manipulaci s reakční směsí a snazší kontrolu nad podmínkami procesu.

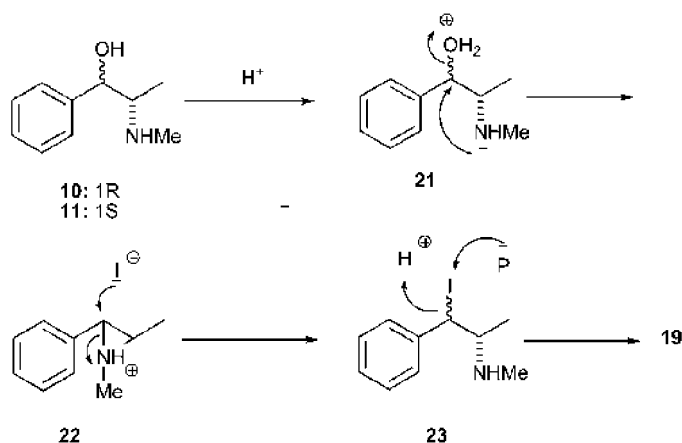
Pro přípravu metamfetaminu metodami na bázi fosforu a jódu jsou nutné následující reaktanty:

- Lék s obsahem PSE
- Červený fosfor
- Jód (prach, peletky, kuličky)
- Jodová tinktura (alternativou kyseliny jodovodíkové a jódu)
- Methanol (pro extrakci PSE soli z tablet)
- Hydroxid sodný
- Kyselina fosforná
- Kyselina sírová
- Organické rozpouštědlo nemísitelné s vodou (ether, petrolej, camp fuel, aj.)

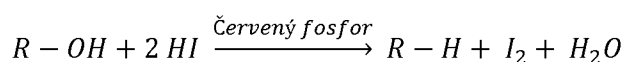
- Epsomská sůl (síran hořečnatý)
- Kuchyňská sůl
- Voda
- Pomůcky pro nadrcení tablet (hmoždíř)

PSE je nejprve vyextrahován ze zdrojového léčiva vhodným rozpouštědlem například methanolem. Methanol je schopen většinou selektivně rozpustit převážně PSE hydrochlorid, který je v něm dobře rozpustný. Dojde tak k zamezení reakce jiných látek obsažených v léčivu se sloučeninami fosforu a jodu přítomných ve varné nádobě. Odpařením rozpouštědla dostaneme teoreticky čistý PSE, který je poté ve varné nádobě smíchán se zdroji fosforu a jodu. Celá směs se přivede k varu a po dokončení reakce se směs zfiltruje. Pomocí roztoku hydroxidu sodného je provedena kaustifikace a je tak získána metamfetaminová báze. Následujícím krokem je extrakce metamfetaminové báze organickým rozpouštědlem a vysolení připraveným chlorovodíkem. Poté je provedena filtrace přes hygroskopický materiál totožně jako u „one-pot“ metody.

Prvním krokem reakčního mechanismu (**obr. 8**, dále souhrnně v **rov. 4**) je nukleofilní substituce. Vodíkový kationt z použité kyseliny atakuje hydroxylovou skupinu, dojde k odštěpení vody. Vzniká aziridiniový iont, jehož kruh je nukleofilně otevřen jodidem. V druhém kroku je jód elektrofilně aktivován elementárním fosforem a dojde k jeho výměně za proton [15 p. 6].



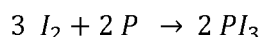
**Obrázek 8** – Reakční mechanismus redukce PSA na MA jodofosforovými cestami [15 p. 6]



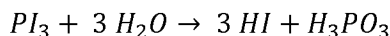
**Rovnice 4** – Souhrnná rovnice vzniku metamfetaminu za využití jódu a fosforu [16 p. 112]



Jód z reakční směsi poté může reagovat s fosforem na jodid fosforitý (**rov. 5**), který s vodou dává opět kyselinu jodovodíkovou a kyselinu fosforitou podle **rov. 6**.

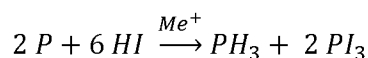


**Rovnice 5** – Reakce jódu s červeným fosforem [16 p. 112]



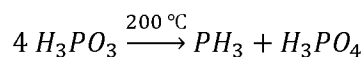
**Rovnice 6** – Reakce jodidu fosforitého na HI [16 p. 112]

Reakcí fosforu s kyselinou (nebo zásadou), zejména za přítomnosti kovového iontu, jak popisuje **rov. 7**, vzniká extrémně toxický fosfán. Způsobů, kterými fosfán může dále v reakční směsi vznikat, je však mnohem více a není možné je dokonale popsat, kvůli širokému, unikátnímu a proměnnému spektru sloučenin v reakční směsi. Jednou z dalších možností vzniku této nebezpečné látky je například pomalá dekompozice červeného fosforu v přítomnosti kyslíku a vody. Touto reakční cestou vznikají meziproducty jako kyselina fosforitá ( $H_3PO_2$ ), kyselina fosforitá ( $H_3PO_3$ ), toxický fosfán ( $PH_3$ ), které dále degradují až na kyselinu fosforečnou ( $H_3PO_4$ ) [17 p. 3; 18 p. 49]



**Rovnice 7** – Vznik fosfánu reakcí fosforu s kyselinou jodovodíkovou [19 p. 11]

Za předpokladu, že se v postupu výroby se vyskytne kyselina fosforitá, která může vznikat přirozenou reakční cestou nejen podle **rov. 6**, může opět dojít ke vzniku fosfánu. Při zvýšené reakční teplotě, dochází k dekompozici kyseliny fosforité za vzniku oxokyselin fosforu a fosfánu (**rov. 8**). Dalším nezanedbatelným zdrojem rizika může být například fosfor, který v kombinaci s jinými látkami, používanými při vaření pervitinu, poskytuje zmíněný toxický fosfán.



**Rovnice 8** – Vznik fosfánu dekompozicí kyseliny fosforité [19 p. 7]

Problémem jodofosforových cest je, že jód ve formě velmi jemného prachu je navíc schopen sublimace, takže se uvolňuje do prostředí a dochází k inhalační expozici. Mezi další rizika patří samozřejmě možnost exploze, neboť v procesu se vyskytují opět hořlavá rozpouštědla, která jsou významně inhalačně toxická.

### 3.2.3 VÝROBA METAMFETAMINU V ČESKÉ REPUBLICE

Specifikem výroby metamfetaminu tzv. „českou cestou“ je výhradní použití metod na bázi jódu a fosforu. Nejvíce využívané jsou však části z Nagai a „hypo“ modifikací [20 p. 21]. Český způsob pro výrobu pervitinu prošel unikátním historickým vývojem, který silně ovlivnil jeho charakteristické znaky. V minulosti byla Česká republika výrazným producentem efedrinu (Výzkumný ústav antibiotik a biotransformací v Roztokách u Prahy), který byl často nelegálně získáván pro výrobu metamfetaminu. Po ukončení činnosti závodu v Roztokách se drogová scéna přeorientovala na extrakci PSE z léčiv či nelegálním dovoz efedrinu ze zahraničí. Každá z látek potřebných pro výrobu metamfetaminu s výjimkou červeného fosforu je v České republice volně prodejná [41].

Česká metoda výroby metamfetaminu není vhodná pro velkoobjemovou výrobu, avšak vietnamské zločinné skupiny ji do jisté míry adoptovaly ve středně velkých varnách, i když vyrábět pervitin z prekursoru BMK by bylo mnohem výnosnější [40]. Droga je nejčastěji produkována osobami bez jakéhokoliv odborného chemického vzdělání a může tedy často docházet k újmám na zdraví. Osoba provozující nelegální činnost výroby OPL podle paragrafů uvedených v **tab. 2**, obyvatelé remediovaných objektů nebo například i represivní složky, tak leckdy ani nemusí vědět, jak velkému riziku čelí, ať už se jedná o bezprostřední kontakt s toxickou látkou či dlouhé expozice jejich reziduí.

V závislosti na míře vzdělanosti nelegálních producentů metamfetaminu je velice proměnlivá i čistota tohoto produktu, která se může pohybovat od 2,5 % až do 90 % účinného pravotočivého izomeru metamfetaminu. Reportovaná průměrná čistota zadržitého pervitinu v roce 2021 byla 66,3 % aktivní látky [21 p. 155]. „Recepty“ se nejčastěji sdílí mezi producenty a drogovou komunitou ústně, podle potřeby jsou jednotlivé postupy pozměněny, z každé metody jsou vybrána pozitiva a ta jsou vždy zkombinována do jednoho unikátního výrobního procesu.

## 4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST – MODELOVÁNÍ RIZIKOVÝCH SITUACÍ

Pro zhodnocení nebezpečnosti vybraných látek vyskytujících se v procesu nelegální výroby metamfetaminu byly shromážděny jejich fyzikální, chemické a toxikologické charakteristiky. S pomocí volně dostupných programů určených k výpočtům charakteristik zdravotních rizik chemických látek (ART, ECETOC TRA) byly následně vypočteny teoretické koncentrace příslušných škodlivin v ovzduší varny. Index charakterizující riziko RCR (z anglického „risk characterization ratio“) byl následně využit jako základní nástroj hodnocení zdravotních rizik daných látek. Hodnota RCR vypočtená podle **rov. 9** udává, kolikrát teoretická koncentrace dané látky překračuje hodnotu zvoleného expozičního limitu. Jako určující expoziční limit byla zvolena hodnota PEL (z anglického „permissible exposure limit“). Hodnota PEL je definována jako maximální koncentrace látky ve vzduchu, které může být pracovník vystaven po dobu expozice 8 h bez újmy na zdraví. Po překročení této hodnoty jsou pozorovatelné účinky na zdravotním stavu exponované osoby.

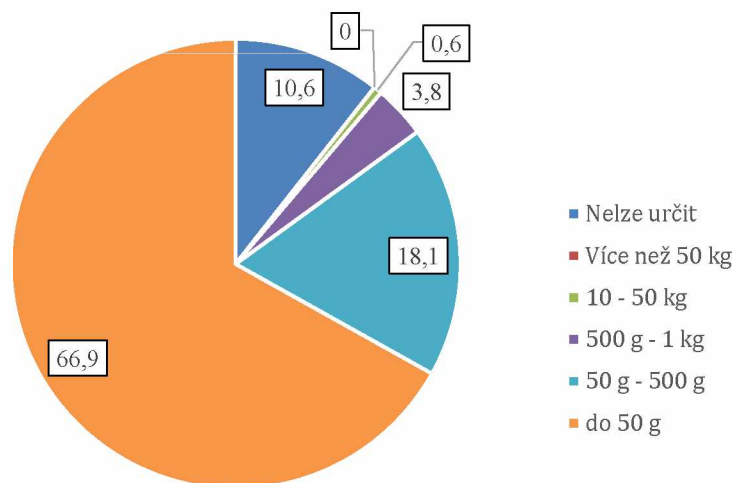
$$RCR = \frac{C_{\text{při expozici}}}{PEL}$$

**Rovnice 9** – Výpočet indexu charakterizujícího riziko

V datových tabulkách této práce dále figuruje hodnota NPK-P, která je podle definice dána jako nejvyšší přípustná koncentrace, které mohou být zaměstnanci nepřetržitě vystaveni po krátkou dobu (15 min), aniž by pocítili podráždění sliznic, očí nebo utrpěli újmy na zdraví.

### 4.1 PRODUKČNÍ SCHOPNOST VAREN V ČESKÉ REPUBLICE

Výroční zpráva NPC z roku 2019 dokládá, že metamfetaminová produkční scéna České republiky se stále vyznačuje velkým výskytem malých domácích laboratoří, které mohou být situované v malých bytech, garážích, garsonkách, opuštěných objektech, ale třeba i v karavanech a dodávkách. Z pohledu nelegálních producentů je předností těchto výroben metamfetaminu je zejména jejich kompaktnost a mobilita. Celý proces je možné provádět na jedné malé pracovní ploše. V případě ohrožení produkce z důvodu obav ze zásahu policejních složek je snadné varnu urychleně přesunout. Produkce velkoobjemového množství drogy je výsadou organizovaných, často vietnamských zločineckých skupin [7 p. 8].



**Obrázek 9** – Grafické znázornění produkční kapacity nelegálních varen metamfetaminu v ČR v roce 2021 [21 p. 150]

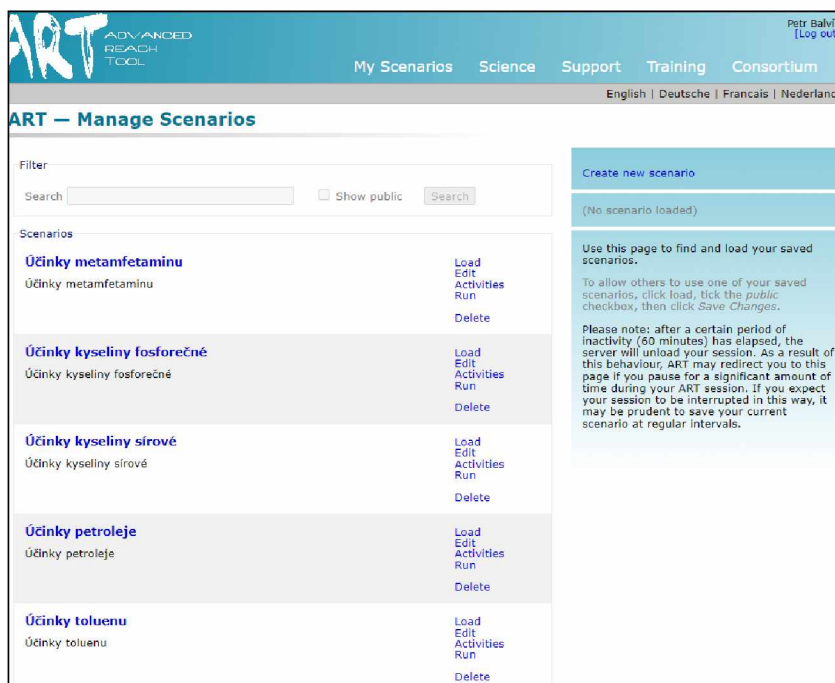
Podle údajů NPC (**obr. 9**) jsou na našem území dominantní zejména maloprodukční tzv. kuchyňské laboratoře. Je vidět, že zhruba 67 % české odhalené nelegální produkce pervitinu je situováno v těchto varnách, které jsou schopné vyrobit maximálně 50 g drogy na jeden výrobní cyklus. Z výše popsaných důvodů bude tato práce pojednávat právě o maloprodukčních varnách metamfetaminu, neboť právě s nimi přijde běžný občan nejpravděpodobněji do kontaktu. [5–7, 21].

## 4.2 MODELOVÁNÍ RIZIKA S VYUŽITÍM PROGRAMU ART

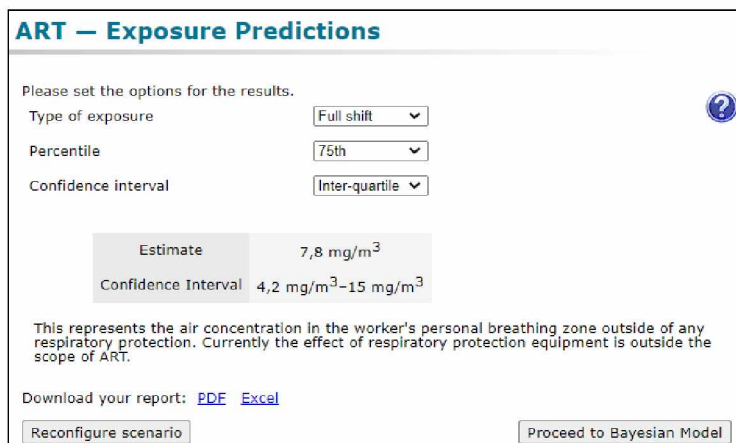
Program The Advanced REACH Tool (dále ART) slouží k výpočtu odhadované koncentrace látky přítomné ve vzduchu (**obr. 10 a 11**). Ta byla posléze použita pro výpočet indexu charakterizujícího riziko (**rov. 9**) a následné kritické hodnocení modelovaných situací pro pevné a kapalné látky přítomné ve specifikovaných výrobních metamfetaminu. Na základě údajů uvedených v předchozí kapitole a informací poskytnutých brig. gen. PhDr. Jakubem Frydrychem je pro tuto práci za klíčový považován předpoklad, že v ČR probíhá výroba metamfetaminu v malých stísněných prostorách (nejčastěji tedy garáže a byty typu 1+KK, 1+1, 2+KK, 2+1). V uživatelském rozhraní programu ART (**obr. 10 a 11**) lze prostor, v němž probíhá hodnocená riziková činnost, charakterizovat s využitím několika předvoleb – např.:

- Typem činnosti (manipulace, transfer, zdrobňování, balení, nanášení prášků, aj.)

- Řešením ventilace a digestoří
- Objemem místnosti („small indoor workroom“, „outdoor“, „room 30 m<sup>3</sup>“, aj.)
- Hygienickými opatřeními v místnosti (OOPP, základní úklid, aj.)
- Existence opatření pro minimaliaci expozice



Obrázek 10 – Uživatelské rozhraní programu ART



Obrázek 11 – Příklad výsledného odhadu koncentrace látky ve vzduchu

Parametry, které nesouvisí s fyzikálně-chemickou povahou zkoumané látky, byly v rámci této práce pomocí programu ART definovány následovně:

- Primární zdroj rizika se nachází v inhalační zóně do 1 metru od ohrožené osoby – proces vaření si žádá pozornost producenta, který musí manuálně upravovat podmínky aparatury

- Rizikový proces není uzavřený, může docházet k únikům rizikové látky – aparatury jsou nejčastěji improvizované či zastaralé (**obr. 12**), netěsnosti a úniky jsou na denním pořádku
- Intenzita výměny vzduchu v místnosti – v programu ART zvoleny hodnoty (0,3 ACH, 1 ACH, 3 ACH a 10 ACH)
- Snahy o minimalizaci emisí ze zdroje rizika (digestoře) – nelegální producenti berou minimální zřetel na bezpečnost, cílem je výtěžek a finanční profit
- Kontrola integrity rizikového procesu a monitoring – nejvyšším stupněm kontroly procesu je, bohužel, ve většině případů teploměr ve varné nádobě
- Aplikace preventivních opatření ochranných pomůcek (OOPP) – tato práce modeluje rizikové situace s předpokladem, že nelegální producenti nepoužívají OOPP, v lepších případech je proti expozici toxickým plynům použita ochrana dýchacích cest (**obr. 26**)
- Úklid, čistota a pořádek ve varně – na pracovních plochách po celé varně je zpravidla nepořádek a chaos, jak dokumentují čtené obrázky v této práci
- Velikost varny – zvoleny možnosti „small workroom“ a pokoj o velikosti 30 m<sup>3</sup> na základě výše popsaných charakteristik objektů, kde dochází k nelegální drogové produkci
- Sekundární zdroje rizika zkoumané látky (odpady, rezidua, neuzavřené nádoby) – ve varně jsou téměř veškeré plochy kontaminované širokým spektrem prekurzorů, pomocných látek a zejména metamfetaminem
- Segregace zdroje rizika od pracovního prostředí ohrožené osoby
- Doba expozice 8 hodin – program není schopen počítat RCR pro delší expozice než 8 hodin, i když v reálných situacích jsou expozice téměř nepřetržité

Pro každou látku, která byla na základě jejích fyzikálně-chemických a toxikologických vlastností vytipována jako nebezpečná, byly provedeny série výpočtů v programu ART, a to v několika variantách.

První proměnnou je velikost místnosti. V kontextu této práce se jedná o předvolbu programu ART nazývanou „small workroom“, která modeluje obývací pokoj spojený s kuchyní. Další předvolbou je pokoj o velikosti 30 m<sup>3</sup>, jakožto varianta stísněných prostor pro výrobu metamfetaminu například v kuchyni nebo ložnici.

Druhým aspektem je intenzita výměny vzduchu v místnosti. Ta je udávána v jednotce ACH. Pokud by intenzita výměny vzduchu v místnosti odpovídala hodnotě 1ACH, znamenalo by to, že za jednu hodinu dojde k výměně takového množství vzduchu, které odpovídá jednomu objemu dané místnosti. Pro účely této práce byly zvoleny intenzity výměny 0,3 ACH do 10 ACH (v případech, kdy byly hodnoceny možnosti snížení rizika, do 30 ACH). Minimální hodnota pro dlouhodobý přirozený tok venkovního vzduchu do místnosti a z ní ven skrz spáry a okna je 0,3 ACH. Norma ČSN EN 15665/Z1 však doporučuje hodnotu 0,5 ACH [22 p. 185].

Třetím aspektem je přítomnost digestoře, která by z místnosti odstraňovala alespoň malé množství nebezpečných exhalací vznikajících v procesu výroby metamfetaminu. Klasické digestoře instalované v bytech na našem území jsou nejčastěji recirkulační nebo odtahové.

Odtahové digestoře disponují komínem, který odvádí nasátý vzduch ven, na rozdíl od recirkulačních, které jej nasají a přes soustavu filtrů vrátí zpět do místnosti. Pro docílení například 15 ACH (z důvodu přirozeně větší koncentrace výparů a nebezpečných látek ve mnou modelované varně) v pokoji o objemu 30 m<sup>3</sup> bychom tedy potřebovali digestoř, která by měla výkon alespoň 450  $\frac{m^3}{h}$ . Nejčastěji se výkony předem nainstalovaných recirkulačních digestoří ovšem pohybují v rozmezí od 120 do 300  $\frac{m^3}{h}$  a to při nejvyšším výkonu, který již začíná být hlasitý a při dlouhodobém použití by mohl upoutávat nežádoucí pozornost okolí. Uhlíkové filtry recirkulačních digestoří navíc nejsou koncipovány pro vychytávání agresivních plynů a exhalací (páry rozpouštědel, korozivní látky) v procesu výroby pervitinu a mohou se velice rychle opotřebit. Agresivní látky mohou funkci digestoře narušit. Digestoř přestane plnit zcela svůj účel a bude pouze působit recirkulaci kontaminovaného vzduchu v místnosti. Program ART uvádí, že efektivita digestoří, které používá pro své mechanistické modely, se pohybuje kolem hodnoty 50 %. Pokud nedochází k pravidelné výměně uhlíkových filtrů, po určité době přestanou recirkulační digestoře plnit svůj účel a zapříčiní pouze recirkulaci kontaminovaného vzduchu v prostředí varny. Pomocí digestoří je tedy určité možné dočasně snížit hodnotu RCR, jak dokumentují následující podkapitoly pro jednotlivé látky.

### 4.3 ECETOC TARGETED RISK ASSESMENT MODELOVÁNÍ

V procesu výroby metamfetaminu se vznikají a jsou používány i plynné látky, které představují zanedbatelný zdroj rizika. Důvodem je jejich snadný přestup do organismu inhalační cestou a v některých případech (chlorovodík, fosfán) i vysoká toxicita. Program ART však nenabízí možnost hodnocení plynných látek, a proto byl pro výpočet koncentrací plynů v ovzduší použit nástroj Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals (ECETOC) Targeted Risk Assessment (TRA). Ten je schopen koncentrace na základě zadaných fyzikálně-chemických konstant pro tyto látky vypočítat. Ve snaze se maximálně přiblížit parametrům zvoleným v programu ART byly pro jednotlivé scénáře v předvolbách uživatelského rozhraní ECETOC TRA (formulář Excel) vybrány následující předvolby:

- Kategorizace procesu jako PROC4
- Použití modelů pro průmysl a provoz
- Expozice delší než 4 hodiny
- Různé intenzity ventilace
- Použití digestoře
- Použití ochranných pomůcek dýchacích cest

Proces 4 je definován jako vsádková produkce látky, kde je pravděpodobná expozice této látky [23]. Tento stav dokonale popisuje situaci, kdy při vysolování metamfetaminu v podobě hydrochloridu dojde k úniku používaného chlorovodíku. Obdobná situace platí i pro fosfán, který může vzniknout postupy popsány na konci kapitoly 3.2.2 a představuje tak riziko, které nelze podceňovat.

### 4.4 NEJHORŠÍ MOŽNÝ SCÉNÁŘ

V rámci hodnocení zdravotních rizik chemických látek v průmyslových provozech je obvyklé definovat tzv. nejhorší možný scénář (z anglického „the worst case scenario“), tedy stav, kdy jsou zanedbány prakticky všechny zásady bezpečnosti práce a nejsou používány žádné ochranné prostředky. Jak dokládají ilustrační obrázky odhalených varen z výročních zpráv NPC, (**obr. 12 a 13**) je však takový scénář v případě nelegálních varen metamfetaminu nejčastějším scénářem reálným. V objektech, kde k výrobě metamfetaminu dochází, jsou varné nádoby umístěny ve stejné místnosti, kde žijí osoby provádějící proces, o uzavřenosti procesu rozhodně nelze mluvit a k únikům dochází kontinuálně a na denní bázi. Ohrožené osoby jsou v neustálém kontaktu s nebezpečnými látkami. Ventilace je minimální (0,3 –



1 ACH), kvůli snížení rizika odhalení objektu policejními složkami. Přítomnost digestoře sice riziko snižuje, avšak vzájemně se doplňujících rizikových faktorů je přítomno tolik, že toto snížení je v praxi těžko znatelné. Integrita procesu a monitoring jsou nejčastěji prováděny senzory a metodou „od oka“. Segregace zdrojů rizika od ohrožené osoby je téměř nulová a expozice dlouhodobá a neustálá.

Jedním z největších problémů jsou naprosto zanedbaná preventivní opatření. Nelegální producent metamfetaminu nedisponuje osobními ochrannými pracovními pomůckami, jako jsou ochranné rukavice, brýle, plášť, respirátor, a je tak všemi expozičními cestami (inhalačně, dermálně i orálně) v přímém kontaktu s nebezpečnými látkami. Úklid je taktéž zanedbáván, ve varnách je často chaos, nepořádek, nádoby s látkami nejsou patřičně popsány a často ani zavřeny, jak je patrné z **obr. 12**. Na plochách tak ulpívají velké vrstvy reziduí, které působí jako sekundární zdroje rizika. Velikost varny hraje též významnou roli pro výpočet RCR, neboť na menším prostoru dochází k větší míře expozice chemikáliím a jejich exhalacím (**obr. 13**).



**Obrázek 12** – Zanedbání základních hygienických zásad (operace "NOVIS") [7]



**Obrázek 13** – Stísněnost prostor při výrobě metamfetaminu (operace "NOVIS") [7]

V této práci bude na nejhorší možný scénář dále odkazováno ve smyslu nejvyššího vypočítaného RCR pro každou zkoumanou látku, aby bylo možné tyto toxické látky v modelovaných situacích v závěru práce vzájemně porovnat.

## 4.5 ODHADOVANÉ RCR PRO ČERVENÝ FOSFOR

Tabulka 6 – Hodnoty potřebné pro výpočet RCR červeného fosforu [24]

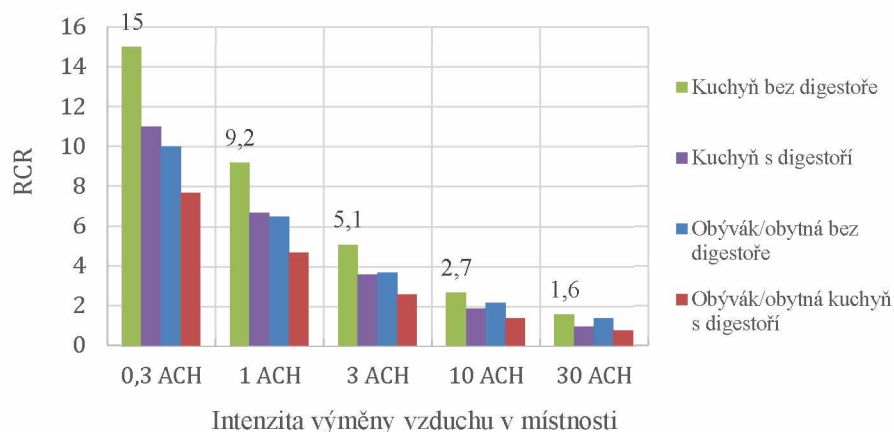
Veličina	Hodnota a jednotka
PEL	$0,1 \frac{mg}{m^3}$
NPK-P	$0,3 \frac{mg}{m^3}$
Čistota	90-97 %

Červený fosfor je v procesu používán ve formě jemného prášku. Jedná se buď o komerčně zakoupenou látku (čistota 97 %), nebo je možné jej získat z krabiček od sirek, pyrotechniky a jiných podobných zdrojů. Červený fosfor není považován za významný zdroj zdravotního rizika. Během procesu je používán jako katalyzátor, který se nelegální producenti metamfetaminu snaží recyklovat z reakční směsi, aby docílili snížení vstupních nákladů. To může vést ke zvýšení vlhkosti a snížení expozice inhalační cestou. Potenciálním rizikem červeného fosforu je jeho schopnost přecházet při teplotách nad 260°C na jeho bílou modifikaci, která při kontaktu se vzduchem prudce reaguje na bílé páry oxidů fosforu [25 p. 8]. Jeho hlavní rizikovost tak spočívá ve schopnosti produkovat (za v předešlých kapitolách specifikovaných podmínek) extrémně toxický fosfán.

Na základě predikce nejčastěji se vyskytující formy červeného fosforu v nelegálních varnách metamfetaminu byly pro výpočet RCR v programu ART použity následující předvolby:

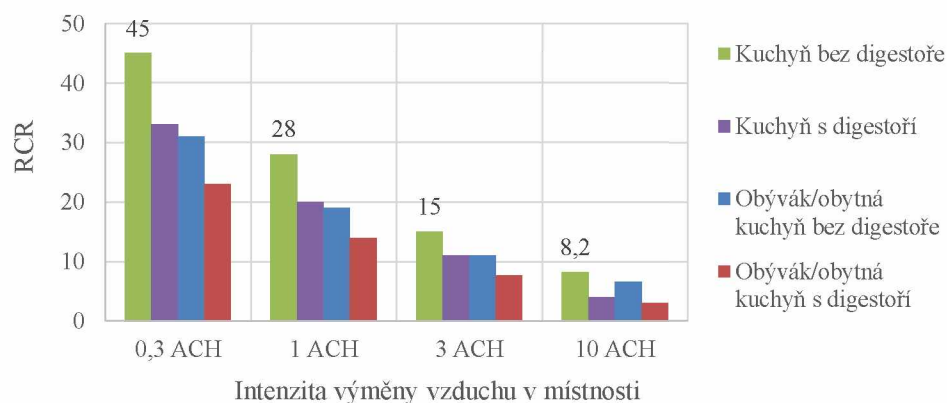
- „fine dust“ – jedná se o jemný prach
- 5-10 % vlhkost materiálu z důvodů předpokladu možné regenerace fosforu
- okolí je neudržované a bez úklidu
- jedná se o otevřený proces
- v prostoru varny se vyskytují sekundární zdroje znečištění

Pro případ kontaminace povrchů červeným fosforem byla zvolena možnost „handling“, která je dále v programu charakterizována jako výskyt tenké vrstvy reziduí. RCR vypočítané pro tento příklad je znázorněné na **obr. 14**. V nejhorsím možném scénáři (malá kuchyň cca 30 m<sup>3</sup>, s ventilací 0,3 ACH, bez přítomnosti digestoře) RCR dosahovalo hodnoty 15.



**Obrázek 14** – RCR při manipulaci s objekty pokrytými rezidui červeného fosforu

Z důvodu podezření na možnost výrazného zvýšení RCR při nakládání a manipulaci se samotným prachem červeného fosforu během přesypávání z nádob do varné aparatury byl modelován další scénář. Byla použita předvolba „movement“ charakterizovaná dále nízkým stupněm agitace a nakládáním s množstvím materiálu menším než 1 kg. Opět byly zachovány konstantní parametry pro otevřený proces. RCR nabývalo pro totožný nejhorsí možný scénář hodnoty 45, došlo k trojnásobnému zvýšení RCR, jak dokládá **obr. 15**. K největšímu snížení hodnoty RCR dochází v kuchyni se zabudovanou digestoří při zvýšení intenzity ventilace ze 3 na 10 ACH a to o 64 % z původní hodnoty RCR 11.



**Obrázek 15** – RCR při manipulaci s prachy červeného fosforu

## 4.6 ODHADOVANÉ RCR PRO JÓD

Tabulka 7 – Hodnoty potřebné pro výpočet RCR jódu ve formě prachu a pilin [26]

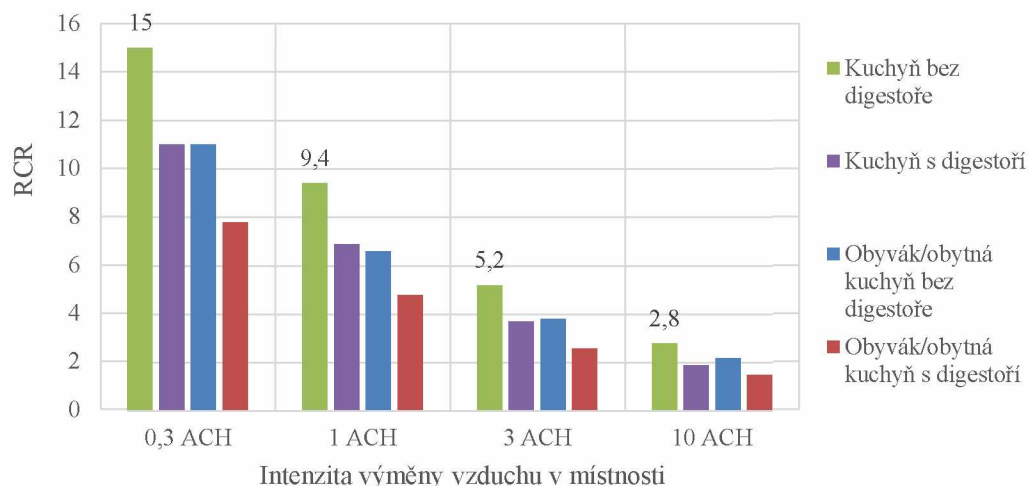
Veličina	Hodnota a jednotka
PEL	$0,1 \frac{mg}{m^3}$
NPK-P	$1 \frac{mg}{m^3}$
Čistota	99 %

Jód (**tab. 7**) je nezbytnou komponentou pro syntézu kyseliny jodovodíkové. Je nedílnou součástí reakčního mechanismu vzniku metamfetaminu pomocí reakčních postupů využívajících fosfor. Na českém území se nelegální výroba metamfetaminu bez jódu ve formě prášku či tinktury prakticky nemůže obejít. Jód se nejčastěji vyskytuje ve formě kovově lesklých pelet, pilin, kuliček nebo šedého prášku. Jeho výpary mohou způsobit velice závažné podráždění horních i dolních cest dýchacích, a i plic samotných. Při akutní inhalaci par jódu ve vysokých koncentracích může dojít k edému plic a následnému úmrtí. Při pozření vyvolává jód těžké nevolnosti [26]. Dlouhodobá expozice jódu může způsobit poruchy štítné žlázy. Jód sublimuje, což potenciálně vede k ještě vyšší expozici, než je program ART schopen namodelovat pro pevné látky dispergované v inhalační zóně osoby. Tento předpoklad není bohužel možné pomocí uživatelského rozhraní zahrnout do modelového výpočtu.

Pro výpočet RCR byly zvoleny následující předvolby charakterizující nejběžněji používané piliny a prach jódu:

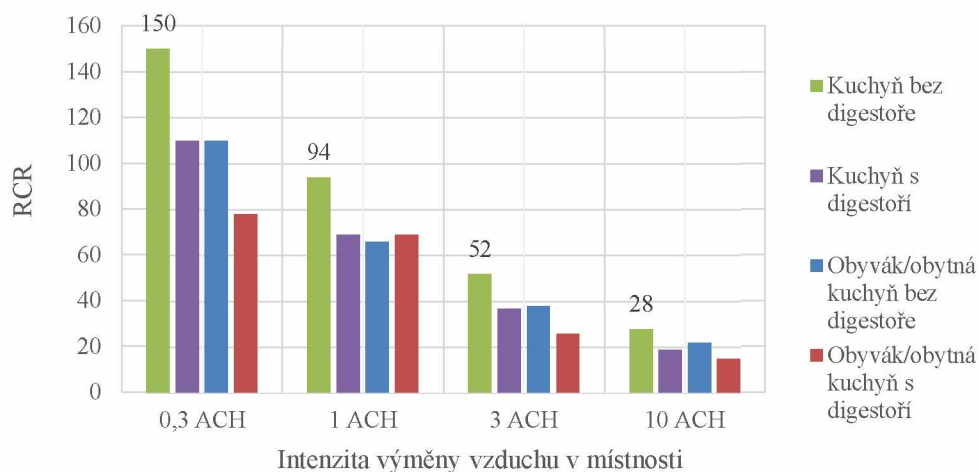
- „Coarse dust“ – sypký materiál o střední a nízké hrubosti zrna
- Vlhkost menší než 5 %
- Okolí je neudržované a bez úklidu
- Jedná se o otevřený proces
- V prostoru varny se vyskytují sekundární zdroje znečištění

První scénář byl namodelován pro stejné podmínky jako v případě červeného fosforu – předvolba „handling“, tenká vrstva reziduí, běžná manipulace se znečištěnými objekty a nádobami. Jak dokládá **obr. 16**, v nejhorším možném případě nabývalo RCR hodnoty 15.



Obrázek 16 – RCR při manipulaci s objekty pokrytými rezidui jódu

Manipulace s jódem ve formě prachu nebo pilin však může představovat mnohem větší riziko. Inhalační expozice při přesypávání z nádob, vážení a jiných operacích zahrnujících sebemenší agitaci materiálu je veliká. Pro tento druhý případ byl opět zvolen mód „movement“, agitace a manipulace s materiálem do hmotnosti 1 kg za minimálních snah o jakoukoliv uzavřenost procesu. RCR v nejhorším možném případě bylo 150, což je alarmující desetinásobné zvýšení oproti přechozímu způsobu nakládání s touto látkou. Koncentrace částic jódu ve vzduchu byla tedy podle programu ART až  $15 \frac{mg}{m^3}$  s konfidenčním intervalem 8,1-29  $\frac{mg}{m^3}$ . Mezní koncentrace jódu ve vzduchu, při které již dochází ke znatelnému akutnímu podráždění dýchacích cest, se pohybuje kolem hodnoty 2  $\frac{mg}{m^3}$  a je tedy naprosto běžně mnohonásobně překročena (**obr. 17**)[25 p. 5]. V modelované situaci „movement“ dochází ke snížení hodnoty RCR o významných 62 % v případě, kdy ve větší místnosti (obývací pokoj, obytná kuchyň) s digestoří zvýšíme intenzitu ventilace ze 3 na 10 ACH.



Obrázek 17 – RCR při manipulaci s jódem ve formě prachu nebo pilin

## 4.7 ODHADOVANÉ RCR PRO TOLUEN

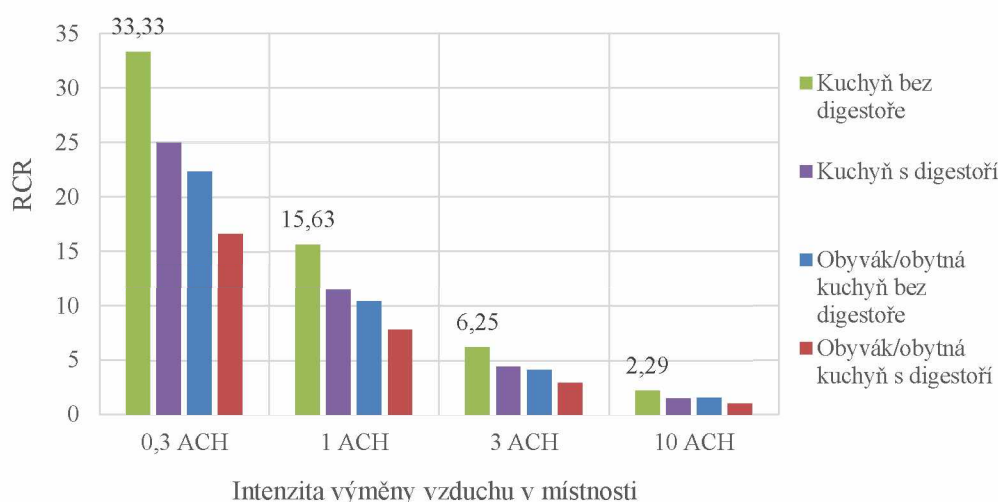
Tabulka 8 – Hodnoty potřebné pro výpočet RCR toluenu [27, 28]

Veličina	Hodnota a jednotka
PEL	192 $\frac{mg}{m^3}$
NPK-P	384 $\frac{mg}{m^3}$
Čistota	99 %
Tenze par (20°C)	2,9 kPa

Toluen při akutní expozici může způsobit podráždění pokožky a dýchacích cest, nevolnost, slabost, zmatení, bolesti hlavy, v horších případech úplnou ztrátu vědomí. Byly reportovány i smrtelné případy v důsledku srdeční arytmie, dále asfyxie, jaterních a ledvinových selhání. Těmto úmrtím předcházela svalová atrofie [29 p. 33]. Osoba dlouhodobě vystavená výparům toluenu riskuje poškození centrální nervové soustavy – křeče, neovladatelný třas v končetinách, ztrátu paměti, nespavost a další zdravotní problémy. Parametry zvolené pro modelování RCR pro toluen v programu ART jsou shrnuty v **tab. 8**.

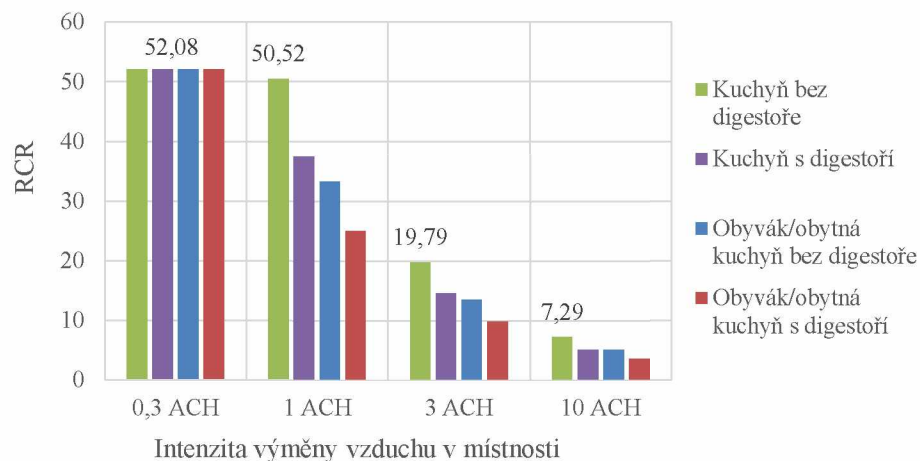
Toluen je ve varnách metamfetaminu používán k finální extrakci MA báze, která je posléze vysolována chlorovodíkem. Dochází tak k nevyhnutelné dlouhodobé expozici parám rozpouštědla u osob přítomných ve varně, která může mít ničivé dopady na lidské zdraví. V prvním případě byla modelována situace, kdy je toluen používán pro extrakci za studena,

po zchladnutí reakční směsi, a dochází tak k menšímu odpařování toluenu vlivem sdílení tepla. Situace byla charakterizována předvolbami „agitated liquid surface“, která zahrnuje třepání s nádobou, ve které dochází k extrakci. Za těchto podmínek se sice jedná o uzavřený proces, avšak pokud cílem procesu je získat metamfetamin v čisté formě, dochází k volnému nebo dokonce tepelně urychlenému odpařování toluenu do okolního prostředí za účelem získat opticky atraktivní krystaly a osoba je tak vystavena vysokým koncentracím rozpouštědla. Tento scénář popisuje graf na **obr. 18**. Největší snížení hodnoty RCR nastává za těchto podmínek ve varně, která je situována v malé kuchyňce s instalovanou digestoří. RCR se v tomto případě sníží asi o 64 % z hodnoty 4,48 na 1,61. při zvýšení ventilační jednotky z hodnoty 3 na 10 ACH.



**Obrázek 18** – RCR pro volné odpařování toluenu za pokojové teploty

Pro scénář, kdy dochází k urychlení odpařování toluenu za pomoci externího tepelného zdroje, byla zvolena teoretická teplota směsi 50°C. Na **obr. 19** je možné pozorovat přetížení programu ART. Koncentrace toluenu odhadované pro tento modelovaný scénář při intenzitě výměny vzduchu 0,3 ACH více než 52krát přesahují zvolený bezpečnostní limit PEL a dosahují tedy hodnot větších než  $9999 \frac{mg}{m^3}$ . Program ART zde za zvolených podmínek není schopen vytvořit odhad koncentrace par toluenu v okolním ovzduší. Pro další intenzity výměny vzduchu v místnosti se RCR nachází v počítatelných hranicích programu a nejrizikovější se jeví opět stísněné prostory v kuchyni bez účinné digestoře. Za zvýšených teplot dochází k nejvýraznějšímu snížení RCR opět v malé kuchyni s digestoří a to o 64,6 %.



Obrázek 19 – RCR pro volné odpařování toluenu při 50 °C

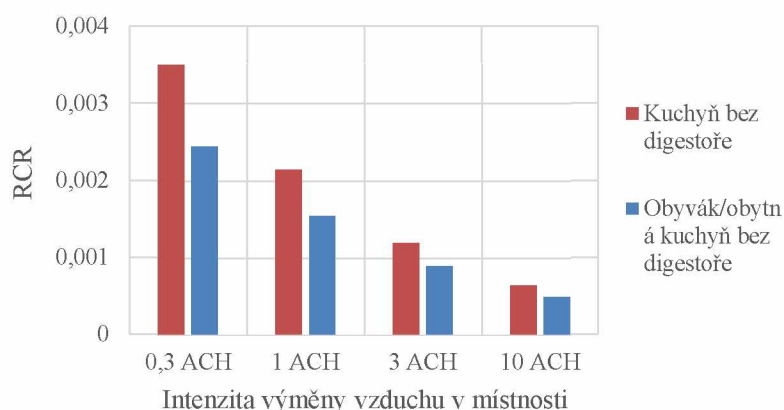
## 4.8 ODHADOVANÉ RCR PRO PETROLEJ

Tabulka 9 – Hodnoty potřebné pro výpočet RCR petroleje [30]

Veličina	Hodnota a jednotka
PEL	$200 \frac{mg}{m^3}$
NPK-P	$1000 \frac{mg}{m^3}$
Čistota	100 %
Tenze par (20°C)	menší než 10 Pa

Petrolej je při výrobě metamfetaminu používán obdobným, způsobem jako toluen. Oproti toluenu má však řádově menší tenzi par. Pro modelování scénáře v ART za předpokladu extrakce metamfetaminové báze těmito lehkými ropnými destiláty byly zvoleny totožné parametry jako při extrakci toluenem při pokojové teplotě. Na **obr. 20** jsou vidět výsledky odhadu RCR pro tento scénář. Petrolej tedy představuje za zvolených podmínek a předpokladu inhalační expozice zanedbatelnou zátěž pro lidské zdraví, neboť RCR se v tomto případě dostává pod hodnotu 1. Věnovat se snížení hodnoty RCR je bezpředmětné.





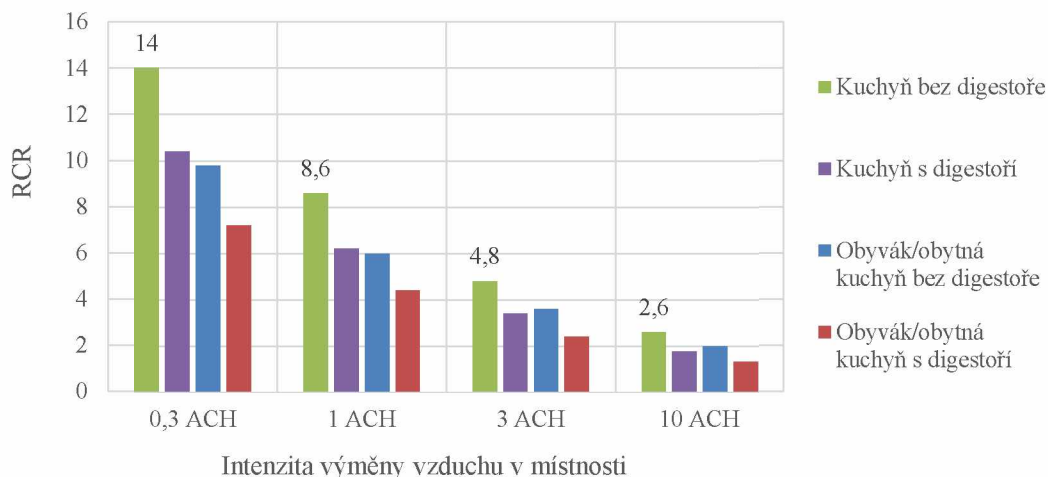
**Obrázek 20** – RCR pro extrakci metamfetaminové báze petrolejem

## 4.9 ODHADOVANÉ RCR PRO KYSELINU SÍROVOU

**Tabulka 10** – Hodnoty potřebné pro výpočet RCR kyseliny sírové [31]

Veličina	Hodnota a jednotka
PEL	$0,05 \frac{mg}{m^3}$
NPK-P	$2 \frac{mg}{m^3}$
Čistota	96 %
Tenze par (20°C)	6 Pa

Kyselina sírová se používá při reakci s kuchyňskou solí pro výrobu chlorovodíku, který následně používán k vysolení metamfetamin hydrochloridu. Klíčové parametry kyseliny sírové jsou shrnuty v **tab. 10**. Kyselina sírová má podobně jako petrolej malou tenzi par. Modelovaná situace v programu ART proto zahrnuje pouze manipulaci s otevřenými nádobami kyseliny sírové při pokojové teplotě. V předvolbách programu ART byly zadány potřebné parametry (čistota, tenze par, teplota procesu 20°C, a předvolba „viscosity like oil“). V nejhorším možném případě je sice hodnota PEL překročena čtrnáctkrát (**obr. 21**), avšak na základě výstupů této práce kyselina sírová není hodnocena jako velmi významný zdroj nebezpečí pro lidské zdraví v porovnání s ostatními nebezpečnými látkami v procesu výroby metamfetaminu. Největší snížení hodnoty RCR lze pozorovat při zvýšení intenzity ventilace z hodnoty 3 na hodnotu 10 ACH. Toto snížení nabývá hodnoty 48 %.



**Obrázek 21** – RCR pro manipulaci s otevřenými nádobami kyseliny sírové

#### 4.10 ODHADOVANÉ RCR PRO KYSELINU FOSFORNOU

Tuto oxokyselinu fosforu je možné použít pro výrobu metamfetaminu jako alternativu červeného fosforu. Výpary kyseliny fosforené mají destruktivní účinky na sliznice dýchacích cest, které se projevují dušností, kašlem, dále pak nevolností a zvracením. Při kontaktu s pokožkou může dojít k podráždění a zčervenání. Zahřívání kyseliny fosforené je velmi nebezpečné, neboť může dojít k její dekompozici na fosfán a kyselinu fosforitou (**rov. 10**). Určujícím faktorem, který do největší míry ovlivní expozici této látky, je tedy teplota. Pro kyselinu fosforou neexistují expoziční limity. Výpočtu parametru RCR pro fosfán je v této práci věnována samostatná podkapitola. S kyselinou fosforou je vhodné manipulovat v souladu s obecnými zásadami ochrany zdraví při práci s kyselinami – používat osobní ochranné pomůcky, předcházet potřísnění kůže a při kontaktu s tkání zasažené místo oplachovat vodou. Po inhalaci par kyseliny fosforené je vhodné vyhledat čerstvý vzduch a urychleně i odbornou lékařskou pomoc [18 p. 43].



**Rovnice 10** – Vznik fosfánu termickým rozkladem kyseliny fosforené

## 4.11 ODHADOVANÉ RCR PRO CHLOROVODÍK

Tabulka 11 – Hodnoty potřebné pro výpočet RCR chlorovodíku [32]

Veličina	Hodnota a jednotka
PEL	$8 \frac{mg}{m^3}$
NPK-P	$15 \frac{mg}{m^3}$
Tenze par (20°C)	4,26 kPa
Rozpustnost ve vodě	$720 \frac{g}{l}$

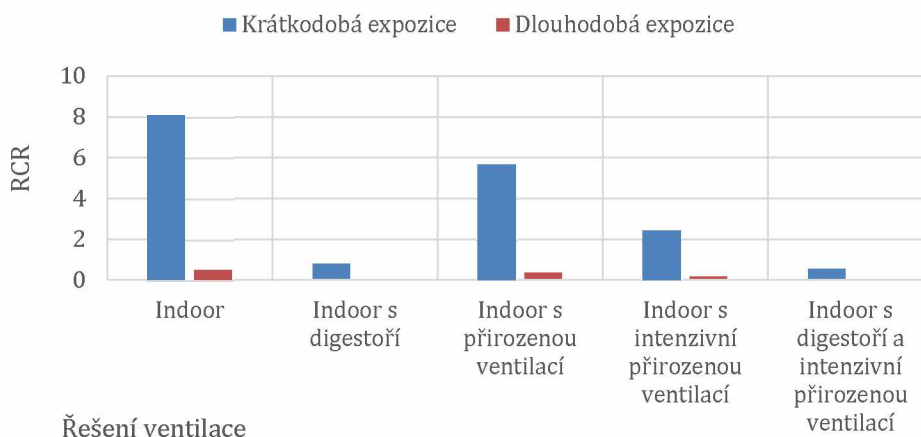
K únikům plynného chlorovodíku dochází pravděpodobně velice běžně. Aparatury pro vývoj plynu jsou improvizované stejně jako zbytek varny (**obr. 22**), mezi částmi aparatury se mohou vyskytovat netěsnosti a celá aparatura je pod tlakem. Přebytečné množství vzniklého chlorovodíku, který není spotřebován na vysolení drogy, je nutné vypustit buď do okolí, anebo zlikvidovat improvizovanou promývačkou či absorbérem. Primitivní generátory pro výrobu plynného chlorovodíku mohou mít například podobu plastových lahví se zabudovanou hadičkou.



Obrázek 22 – Provizorní generátory chlorovodíku

Hodnota indexu charakterizujícího riziko byla v tomto případě odhadována pomocí programu ECETOC TRA, který je aplikovatelný i na plynné látky. Program odhaduje nejvyšší RCR v případě uzavřené místnosti bez ventilace na hodnotu 8 (viz **obr. 23**). Může se zdát, že oproti jiným toxickým látkám se jedná o zanedbatelnou hodnotu, avšak situace je úplně jiná. Kvůli dlouhodobým účinkům se mohou u exponované osoby projevit lehké symptomy jako kašel a dušnost. Plynný chlorovodík reaguje při kontaktu s vlhkostí ze sliznic

na kyselinu chlorovodíkovou, která může způsobit erozi zubní skloviny následovanou vypadáváním zubů. Při dlouhých expozicích, častých únicích z neutěšených aparatur a vysokých koncentracích může dojít ke smrti v důsledku opožděného plicního edému. Pokud dojde ke změně minimální a téměř neřešené ventilace (indoor) při krátkodobé expozici na intenzivní a přirozenou ventilaci přirozenou (indoor s intenzivní přirozenou ventilací) dochází ke snížení hodnoty RCR o 70 %.



Obrázek 23 – RCR pro expozici chlorovodíku

## 4.12 ODHADOVANÉ RCR PRO FOSFÁN

Tabulka 12 - Hodnoty potřebné pro výpočet RCR fosfánu [33]

Veličina	Hodnota a jednotka
PEL	$0,1 \frac{mg}{m^3}$
NPK-P	$0,2 \frac{mg}{m^3}$
Tenze par (20°C)	34,6 MPa
Rozpustnost ve vodě	$300 \frac{g}{l}$

Situace s fosfánem je podobná jako u chlorovodíku. Jedná se o extrémně toxický odpadní produkt, který je zachytáván do odpadního kontejneru nazývaného slangově tzv. „death bag“ (česky „pytel smrti“). Nelegální producenti se pravděpodobně snaží předcházet expozici fosfánu použitím plynové masky, jak je vidět na **obr. 24**, který dokumentuje jednu

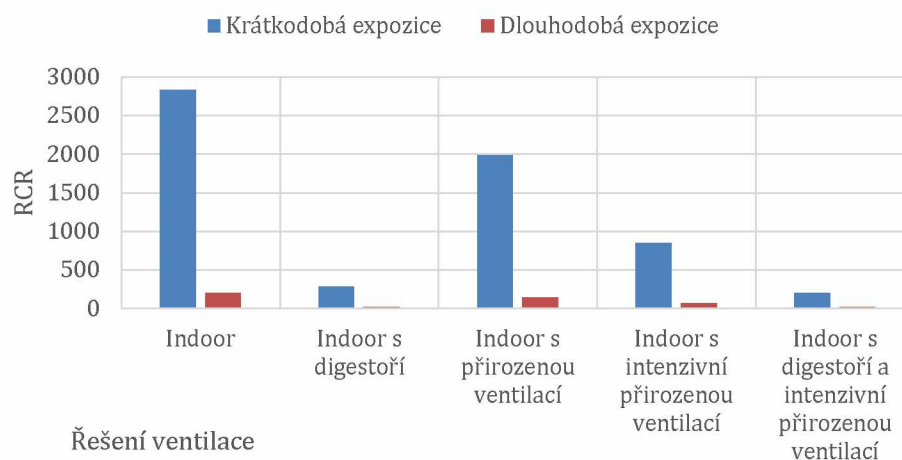
z odhalených drogových varen na území USA, kde byly pro nelegální syntézu pervitinu použity jodofosforové procesy. Relativní hustota fosfánu (vůči vzduchu, který má hodnotu 1) činí 1,2 – je o trochu těžší než vzduch a má tendenci klesat k zemi, kde se může stát smrtelným pro děti a domácí zvířata. V ohlášených a prozkoumaných případech úmrtí v důsledku inhalace fosfánu se odhadovaná koncentrace této toxické látky v okolním ovzduší pohybovala v intervalech hodnot  $1,2 - 1,4 \frac{mg}{m^3}$  [34].



**Obrázek 24** – Generátory chlorovodíku (bublačka vlevo dole) a plynová maska (v zadní části nahoře) [35 p. 29]

Fosfán byl hodnocen v programu ECETOC TRA, který umožňuje odhadovat RCR pro plynné látky. Koncentrace fosfánu při dlouhodobé expozici se pohybovaly v rozsahu hodnot  $9-142 \frac{mg}{m^3}$  v závislosti na řešení ventilace a použití digestoře. RCR v tomto nejhorším možném modelovaném případě dosahovalo hodnoty 202, jak je vidět v prvním sloupci nazvaném „indoor“ na **obr. 25**. Při akutní expozici fosfánu se RCR odpovídající koncentracím  $40-567 \frac{mg}{m^3}$  pohybovalo v rozmezí hodnot 198-2833. Pokud bychom uvažovali upravení podmínek (přechod z naprosto zanedbané ventilace na intenzivní přirozenou indoor ventilaci), dojde ke snížení hodnoty RCR o 70 %. Takové koncentrace fosfánu, ke kterým může dojít při nedbalé kontrole integrity procesu nelegální výroby metamfetaminu, jsou za souhry nepříznivých okolností smrtelné. Za takové okolnosti je možné považovat například špatně řešenou ventilaci, celkově špatně sestavenou aparaturu, chybné těsnění, porušení integrity „death bagu“ a následný nekontrolovaný únik nahromaděného fosfánu. Fosfán v čisté podobě bez příměsí nezapáchá, je bezbarvý a je téměř nemožné jej identifikovat v inhalační zóně osoby provádějící proces. Proto, když osoba pociťuje změny na zdravotním stavu (zapříčiněné inhalací koncentrovaného fosfánu), je většinou už bohužel pozdě. Způsoby úmrtí se liší. Po 12 hodinách může dojít ke kardiovaskulárnímu selhání z důvodů hypotenze, tachykardie a jiných život ohrožujících poruch srdečního rytmu. K opožděnému edému plic a selhání ledvin a jater

dochází zhruba po 3 dnech od inhalační expozice. Vyskytnout se můžou i neurologické problémy v podobě těžkých záchvatů či úplné ztráty vědomí.



Obrázek 25 – RCR pro expozici fosfánu

#### 4.13 REFERENČNÍ DÁVKA, LOAEL, NOAEL, OEL PRO PERVITIN

Nakládání s metamfetaminem není upraveno pomocí žádných unifikovaných expozičních limitů. Je tedy vhodné odvodit referenční dávku (RfD). Pro metamfetamin neexistuje unifikovaný expoziční limit regulující inhalační expozici (OEL, PEL, NPK-P aj.). Jedinou vztažnou hodnotou je tedy RfD, která podle norem EPA (z anglického „U.S. Environmental Protection Agency“) reguluje orální expozici. Hodnotu RfD pro metamfetamin EPA sice neuvádí, ale podle metodiky této organizace se ji pokusilo vypočítat několik autorů. Jako PoD tito autoři využili výsledky epidemiologického výzkumu zaměřeného na reprodukční a vývojovou toxicitu této drogy, jak je popsáno v dalších odstavcích.

Pokud je osoba exponována dávkou odpovídající RfD, neměly by se u ní ještě projevit žádné účinky na zdravotní stav. Tyto abstraktní zdravotní změny jsou specifikovány hodnotou tzv. „critical effect“ – kritické účinky. Jedná se o stav, kdy při zvyšující se dávce látky, jsou pozorovatelné změny na zdravotním stavu nejvíce ohrožených jedinců vybrané referenční skupiny. Pokud je tedy hodnota RfD zvolena dobrým způsobem tak, aby došlo k zamezení dosažení kritických účinků, tento standard bude působit jako preventivní opatření i pro jiné toxické efekty této látky, které by se mohly vyskytovat až při vyšších expozičních koncentracích. Hodnota RfD má tedy podle EPA ochránit ohrožené subpopulace (děti, těhotné ženy, plod v prenatalní období) před negativními účinky na zdraví.

Pro metamfetamin, hodnota RfD není dána a ve světě se liší v závislosti na zvolených parametrech (například PoD) pro její výpočet. Odvodit tuto hodnotu je značně složité a modifikování faktorů pro její výpočet je mimo rozsah této práce.

Pro účely této práce byla vypočítána hodnota OEL. Její odvození je založené na studii na těhotných ženách, která byla zpracována D. H. Chapmanem v roce 1961 [36 p. 3]. Studie zahrnovala skupinu 84 žen, které byly exponovány léku Desoxyn Gradumet (obsahující metamfetamin) ve třech dávkách po dobu 15-16 týdnů. Jedná se o randomizovanou, placebo-skupinou kontrolovanou, dvojitě zaslepenou studii. Výsledkem této studie bylo zjištění, že kritickými účinky na zdraví jsou nechuť a snížení průběžného přírůstku váhy matky v období těhotenství. Autor v této práci odvodil pro metamfetamin hodnotu LOAEL (z anglického „lowest observed adverse effect level“)  $0,08 \frac{mg}{kg \text{ tělesné váhy}}$  na osobu na den. Jedná se o hodnotu, při které je již možné pozorovat efekty projevující se na lidském zdraví. Hodnota NOAEL (z anglického „no observed adverse effect level“) nebyla v práci zjišťována, a proto je pro její získání používán faktor nejistoty 10, kterým je hodnota LOAEL vydělena a hodnota NOAEL je tedy  $0,008 \frac{mg}{kg \text{ tělesné váhy}}$  na osobu na den [36 p. 4]. NOAEL vyjadřuje dávku, při které ještě není možné pozorovat účinky na zdraví jedince [36 p. 4].

Další významná studie byla publikována v roce 1965 (Young a Turner). Výzkum byl postaven na léčené skupině 299 dětí ve věku 4-15 let, které trpěly enurézou, tedy neschopností kontrolovat močení. Exponovaná skupina zahrnovala 110 jedinců, kterým bylo před spaním podáváno 5 mg léku Methedrine. 8 jedinců po expozici metamfetaminu reportovalo nespavost, tyto problémy však odezněly po snížení dávky na polovinu. Studie vyvodila, že kritickými účinky jsou spánkové potíže. LOAEL je podle dvojice autorů  $0,2 \frac{mg}{kg \text{ tělesné váhy}}$  a NOAEL  $0,1 \frac{mg}{kg \text{ tělesné váhy}}$  na osobu na den. Závěry na NOAEL z této studie je však nutné brát s rezervou, neboť nespavost byla zaznamenána pouze u 8 jedinců ze 110 [36 p. 4].

Na základě těchto dvou studií (jejichž cílem byl výpočet RfD) byla pro výpočet OEL pro účely této práce zvolena hodnota LOAEL  $0,08 \frac{mg}{kg \text{ tělesné váhy}}$  na osobu na den z Chapmanovy studie jako PoD. Zmíněným použitím nižšího PoD získáme limit, jehož dodržení bude působit i jako preventivní opatření proti jiným účinkům, než byl zvolený kritický účinek. V Chapmanově studii je použito léčivo s postupným uvolňováním, které zaručuje stálější koncentrace metamfetaminu v krvi po delší dobu než ve studii vypracované

Youngem a Turnerem. Podmínky zvolené v Chapmanově studii více odpovídají mnou modelovaným situacím, které nastávají při kontinuální expozici metamfetaminu v prostředí nelegálních varen.

Výpočet hodnoty OEL byl proveden podle **rov. 11** vycházející z metodických postupů společnosti Azierta. Hodnota OEL (z anglického „occupational exposure limit“) udává takovou koncentraci sledované látky během osmihodinové pracovní směny při jejímž překročení je už možné na pracovníkovi pozorovat znatelné změny na jeho zdravotním stavu. Jedná se o expoziční limit, který si klade za cíl chránit pracovníka v průmyslovém prostředí.

$$OEL \left( \frac{mg}{m^3} \right) = \frac{PoD \times BW}{UF_C \times BAF \times MK \times V}$$

**Rovnice 11** – Výpočet OEL pro metamfetamin

- PoD (z anglického „point of departure“) je hodnota ze které je OEL v této práci vyvozováno. Jako PoD byla pro potřeby této práce použita hodnota LOAEL  $0,08 \frac{mg}{kg \text{ tělesné váhy}}$  na osobu na den.
- BW (z anglického „body weight“) vyjadřující tělesnou hmotnost byla zvolena 70 kg.
- $UF_C$  je faktor nejistoty, který zaštiťuje jiné faktory nejistoty, které se mezi sebou násobí. V této práci byly použity následující faktory nejistoty ve výpočtech naznačených v **rov. 12** a **13**.
  - $UF_H$  – tento faktor popisuje vztah normální a ohrožené populace ke zkoumané toxické látce
  - $UF_L$  – faktor sloužící jako převodník LOAEL na NOAEL
  - $UF_D$  – faktor používaný pro nekompletní toxikologická data

$$UF_C = UF_H \times UF_L \times UF_D$$

**Rovnice 12** – Obecný výpočet souhrnného faktoru nejistoty

$$UF_C = 10 \times 10 \times 3$$

**Rovnice 13** – Konkrétní výpočet souhrnného faktoru nejistoty

- BAF (z anglického „bioavailability adjustment factor“) vyjadřuje korekci biologické dostupnosti, pro kterou je OEL počítáno. Je to tedy hodnota, která udává poměr biologické dostupnosti látky, pro kterou je OEL počítáno při



inhalační expozici, proti expozici, která odpovídá experimentu, během něhož byla stanovena hodnota PoD. Jako PoD byla zvolena hodnota LOAEL, která byla získána ze studie na základě orální expozice, a proto je BAF konkrétně počítáno podle **rov. 14 a 15**.

$$BAF = \frac{\text{biologická dostupnost v \% pro zkoumanou situaci}}{\text{biologická dostupnost v \% ze zvoleného PoD}}$$

**Rovnice 14** – Obecný výpočet BAF

$$BAF = \frac{90 \% (\text{při inhalační expozici metamfetaminu})}{60 \% (\text{při orálním podání léku s obsahem metamfetaminu})}$$

**Rovnice 15** - Konkrétní výpočet BAF

- MF je modifikující faktor používaný pro jiné druhy nejistoty, které není možné charakterizovat pomocí  $UF_C$ .
- V vyjadřuje objem vzduchu, který zaměstnanec během pracovní směny vydýchá. Pro případ této práce se jedná o hodnotu  $10 \text{ m}^3$  doporučenou společností ECETOC [37 p. 35].

$$OEL \left( \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{0,08 \times 70}{(10 \times 10 \times 3) \times \frac{90}{60} \times 1 \times 10}$$

**Rovnice 16** – Výpočet OEL pro metamfetamin

Po výpočtu (**rov. 16**) dostáváme hodnotu OEL pro metamfetamin  $1,24 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$ . Téměř s jistotou dochází k překročení této hodnoty vzhledem k nastíněným provozním podmínkám v nelegálních varnách metamfetaminu.

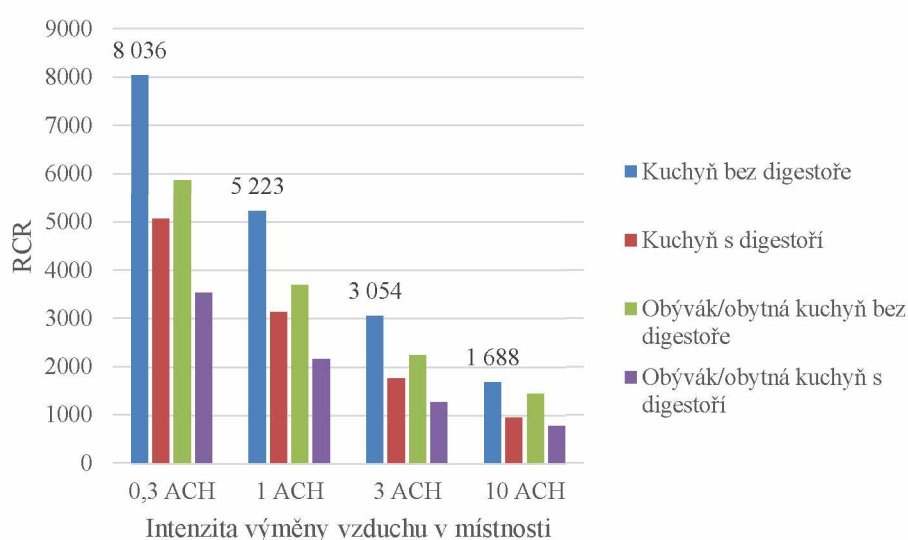
#### 4.14 ODHADOVANÉ RCR PRO METAMFETAMIN

S pervitinem je v prostorách nelegálních varen manipulováno ne denní bázi. Jedná se o koncový produkt syntézních procesů a podle toho je s ním nakládáno s patřičnou opatrností, jelikož se jedná o hlavní zdroj příjmů pro nelegální producenty této drogy. Navzdory této opatrnosti je však téměř nemožné najít ve varně místo, které by nebylo metamfetaminem kontaminováno. Metamfetamin může ulpívat na žaluziích, nerovnostech, kobercích, závěsech, čalounění a jiných plochách. Další rizikovou vlastností metamfetaminu je jeho schopnost sorbovat se do struktury omítky a zdíva potažmo dokonce migrovat difuzí v delším časovém horizontu přes kontaminovaný objekt.

Problematickou není pouze samotná chemická syntéza metamfetaminu. Pervitin je ve varnách posléze upravován pro individuální potřeby koncového uživatele, což zahrnuje velké množství různorodých technologických procesů, při kterých dochází k různým mírám agitace práškového pervitinu. Pod těmito postupy je možné si představit například:

- Drcení a mletí surového metamfetaminu
- Rekrystalizace pro odstranění zabarvení a kontaminantů
- Sušení
- Vážení
- Balení a distribuce dávek

První scénář představuje manipulaci s metamfetaminem. V programu ART byly zvoleny předvolby „powders“, „fine dust“, „pure materiál“, a „movement and agitation“ (sítování, přesypávání, dávkování, vážení, aj.). Předpokladem opět je, že se jedná o malou varnu, která nevyprodukuje více než 100 g metamfetaminu a manipuluje se tedy s tímto množstvím. Jedná o otevřený proces, bez přítomných digestoří a osobních ochranných pracovních prostředků.



**Obrázek 26** - RCR pro expozici metamfetaminu při manipulaci s ním

Z grafu na **obr. 26** je zřetelné, že i při podmínkách ve varně nastavených tak, aby došlo k největšímu snížení expozice metamfetaminu je RCR stále zaokrouhleně asi 800. Index charakterizující riziko je u metamfetaminu největší ze všech látek přítomných v procesu, a to i za předpokladu výborně ventilované velké obytné kuchyně s digestoří. Reálná situace je bohužel diametrálně odlišná od těchto předpokladů. Intenzita výměny

vzduchu v místnosti je minimální a pravděpodobně nedosáhne ani hodnoty 3 ACH. Za předpokladu, že se v místnosti nevyskytuje ani digestoř, nelegální producent nepoužívá OOPP a během výroby drogy není dbáno na úklid a čistotu, hodnota RCR se pohybuje v rozmezí 3000-5000 a více. V nejhorším možném scénáři, kdy je celý proces situován ve stísněných prostorách malé kuchyně bez digestoře, se osoby pohybují v prostředí, které je charakterizované hodnotou RCR 8036.

Pro předvolený scénář „fracturing“, který zahrnuje zdobňování materiálu formou suchého drcení a mletí vychází RCR podle programu ART identické jako v prvním modelovaném případě.

## 5 REZIDUA JAKO ZDROJ RIZIKA

Po odhalených metamfetaminových laboratořích zůstává velké množství různorodého odpadu ve všech skupenstvích, organické i anorganické formě, rozličných koncentrací a toxicitě. Remediací objektů, ve kterých docházelo v minulosti k nelegální produkci metamfetaminu je velice komplexní. Kontaminace odpadními látkami a samotným metamfetaminem postihuje jak samotné prostory varny, tak i široké okolí. Producenti pervitinu mohou odpad provizorně likvidovat zavedením do systému veřejné kanalizace. Tyto činy extrémně zatěžují čistírny odpadních vod (ČOV) a mohou je i poškodit.

### 5.1 REZIDUA METAMFETAMINU V ČESKÉ REPUBLICCE

Studie z roku 2021 dokládá, že Česká republika vykazuje nejvyšší hodnoty metamfetaminu v odpadních vodách ze 23 evropských zemí, což potvrzuje, že Česko je dlouhodobě metamfetaminovou velmocí [42]. Z 58 měst, kde byly sbírány data týkající se obsahu pervitinu v odpadních vodách, všech 5 měst s nejvyššími naměřenými koncentracemi metamfetaminu v celé Evropě se nachází na území ČR. Jedná se o následující města:

- Ostrava (684 mg na 1000 lidí na den)
- Brno (546 mg na 1000 lidí na den)
- České Budějovice (507 mg na 1000 lidí na den)
- Karlovy Vary (339 mg na 1000 lidí na den))
- Praha (329 mg na 1000 lidí na den))

Nelegální producenti z malovýroben se zbavují odpadů kombinovaným způsobem, kde je souběžně s odpadními vodami poškozeno i okolní životní prostředí (ŽP). Tento způsob vede nejčastěji ke kontaminaci půdy, podzemních vod, lesních porostů a následnému úhynu organismů v okolí zóny kontaminace. Míra devastace ŽP závisí na koncentraci a charakteru kontaminantu. Pokud je odhalena ekologická havárie, kde došlo ke kontaminaci ŽP, policejní orgán vyrozumí územně příslušnou obec a Českou inspekci životního prostředí (ČIŽP). Okamžitou nutnou dekontaminaci objektu provádí hasičský záchranný sbor (HZS). ČIŽP poté vede s odhaleným původcem znečištění správní řízení. Tyto případy nejčastěji nemají podle konzultací s brig. gen. Jakubem Frydrychem trestně právní rovinu s ohledem na rozsah znečištění, které je nejčastěji pouze lokálního charakteru [43].

Na území České republiky není vytvořen postup ani příslušná legislativa, která by určovala expoziční limity reziduí po remediaci objektů nelegálních varen metamfetaminu.

Takové limity má v současné době vzhledem ke své bohaté nelegální drogové historii vyvinuté pouze Austrálie a Nový Zéland. V zemích jako je například USA nebo Kanada dochází k likvidaci objektů určených k bydlení, kde je důvodné podezření na kontaminaci metamfetaminem nebo rezidui pomocných látek z jeho výroby. V ČR proběhla četná zkoumání reziduí v odhalených nelegálních laboratořích a mnoho jednání se Státním zdravotním ústavem, který obstarává arbitráž této problematiky. Doposud však nebylo dosaženo vzájemné shody a závěrem je, že toxicita s vlivem na zdraví osob v remediovaných objektech není dostatečně průkazně prozkoumaná [43].

## 5.2 EXPOZIČNÍ LIMITY VE SVĚTĚ

Situace s expozičními limity vůči reziduím metamfetaminu je složitá, neboť každý stát k dekontaminaci znečištěných objektů přistupuje jiným způsobem. V USA se nejčastěji koncentrace reziduí metamfetaminu absorbovaných na plochách pohybují v rozmezí 0,05 – 0,1  $\frac{\mu g}{100 \text{ cm}^2}$ . Na území Austrálie byly vyvinuty postupy, které za limitní hodnotu pro metamfetaminu považují 0,5  $\frac{\mu g}{100 \text{ cm}^2}$ , pro jódu 20  $\frac{\mu g}{100 \text{ cm}^2}$ . Austrálie se potýká s problémem, kdy firmy specializující se na remediaci objektů s nelegální drogovou historií často odmítají pracovat na soukromých pozemcích menších odhalených varen metamfetaminu a zaměřují se cíleně na dekontaminaci velkoobjemových produkčních objektů, neboť jsou pro ně výnosnější. Zejména Nový Zéland má velmi propracované metodické postupy, jak nakládat s kontaminovanými objekty v procesu remediace a i po něm. Vybrané limity stanovené Novým Zélandem nejvíce monitorovaných kontaminantů shrnuje **tab. 13**.

**Tabulka 13** – Limitní koncentrace pro kontaminanty podle legislativy Nového Zélandu [38 p. 22]

<b>Kontaminant</b>	<b>Povrchová kontaminace</b> $\frac{\mu g}{100\text{ cm}^2}$	<b>Kontaminace ovzduší</b> $\frac{mg}{m^3}$	<b>Půda v okolí</b> $\frac{mg}{kg}$	<b>Pitná voda</b> $\frac{mg}{l}$
Metamfetamin	0,5	-	5	-
Jód	20	0,0008	780	-
Fosfán	-	0,0004	-	-
Chlorovodík	-	0,009	-	-
Toluen	-	0,3	68	0,8

Sledování a měření koncentrací jódu, fosfánu, chlorovodíku a organických rozpouštědel za předpokladu dlouhodobé kontaminace povrchů je bezpředmětné, jelikož tyto látky jsou těkavé a mohou se tak vyskytovat pouze v ovzduší. V době, kdy bude objekt dekontaminován a připraven pro pozdější bydlení již tyto látky nebudou pravděpodobně v objektu přítomny.

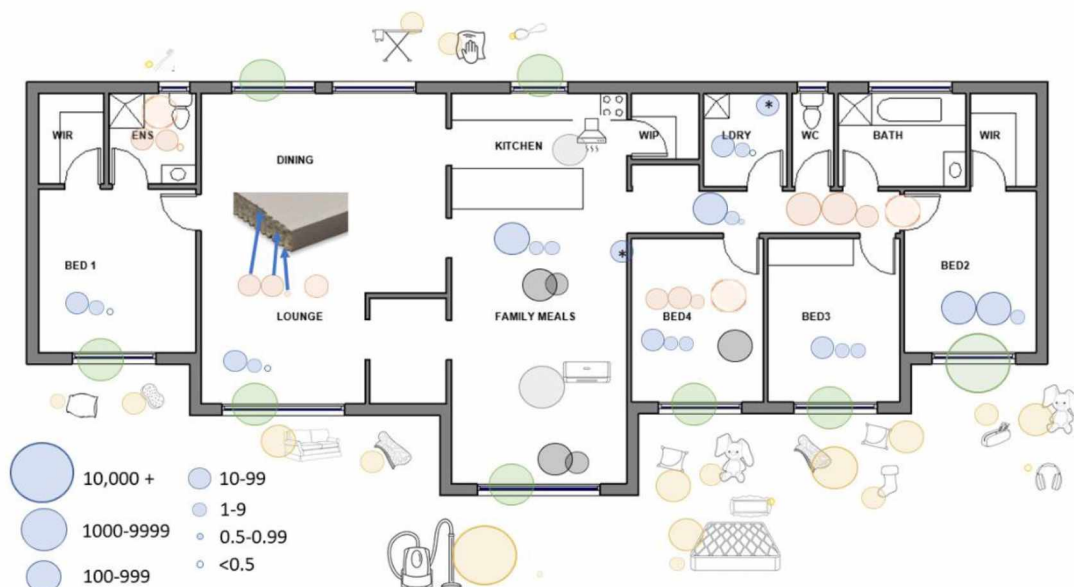
Při kontaminaci ovzduší jsou měřeny koncentrace látek jejichž desorpce z porézních materiálů může dojít k opožděné expozici nových obyvatel. Metamfetamin v tomto ohledu není hodnocen jako riziková látka a větší důraz je kladen na fosfán z důvodu vysoké toxicity a jód kvůli jeho schopnosti sublimovat.

Při měření koncentrací v okolní půdní vrstvě je předpokládáno, že toluen nebude schopen prostoupit hlubší vrstvou zeminy než 1 metr. Chlorovodík reaguje s půdní vlhkostí za vzniku kyseliny chlorovodíkové, která pak rozpouští různé půdní složky a je tak neutralizována.

V pitné vodě je z vybraných kontaminantů zjišťován pouze toluen v uvedené limitní koncentraci.

### 5.3 OBÝVÁNÍ REMEDIOVANÝCH OBJEKTŮ

Ze závěrů experimentální části práce vyplývá, že nejrizikovějším kontaminantem pro lidské zdraví je metamfetamin. O metamfetaminu není známo, že by významným způsobem přirozeně degradoval. Je reportován případ domu, který byl v minulosti podezřelý na nelegální výrobu metamfetaminu. Na **obr. 27** můžeme vidět půdorys této domácnosti s vyznačenými koncentracemi na předmětech v této domácnosti. Jednotky jsou v  $\frac{\mu g}{100\text{ cm}^2}$ . Zelená barva na obrázku značí žaluzie a závěsy, oranžová strop, žlutá předměty, které byly do domu přineseny až po změně majitele, šedá koberce a podklady a světle šedá indikuje koncentrace metamfetaminu ve filtrech z klimatizace a digestoří. Modrá barva vyjadřuje koncentrace metamfetaminu na zdech místností. Dům byl posléze prodán jinému majiteli. Před nastěhováním nových obyvatel byly změřeny koncentrace metamfetaminu na vybraných objektech v domácnosti. Po dobu dalších 2 let byl objekt obýván, poté 3 roky opuštěn. V další sérii měření bylo dokázáno, že metamfetamin je i po 5 letech velmi mobilní, nedegraduje a přenáší se z kontaminovaných povrchů na nové nekontaminované objekty [39 p. 6]. Je pravděpodobné, že domácí práce (utírání prachu, vysávání) pouze urychlily transfer metamfetaminu na nekontaminované objekty. Metamfetamin je často v místě výroby i užíván (nejčastěji inhalačně), což zvyšuje potenciální riziko jeho sorpce do stěn a omítky kontaminovaných budov.



**Obrázek 27** – Distribuce metamfetaminu v pozorované domácnosti [39 p. 3]

Tato kontaminace se může projevovat symptomy jako například:

- Respirační problémy – kašel, dušnost (zapříčiněno jódem)
- Zhoršená funkce CNS, neklid, nespavost, pocity excitace a euforie (symptomy inhalačního mikrodávkování metamfetaminu)
- Bolesti hlavy (projevy přítomnosti VOC a rozpouštědel)

Pokud na základě předběžného vzorkování není zvolen vhodný způsob dekontaminace znečištěného objektu, mohou být remediační postupy neúčinné. Budoucí obyvatelé objektu budou zažívat komplexní zdravotní problémy, kterým je těžké přisoudit příčinu, pokud nemají důvodné podezření na kontaminaci objektu rezidui z předchozí nelegální výroby metamfetaminu.

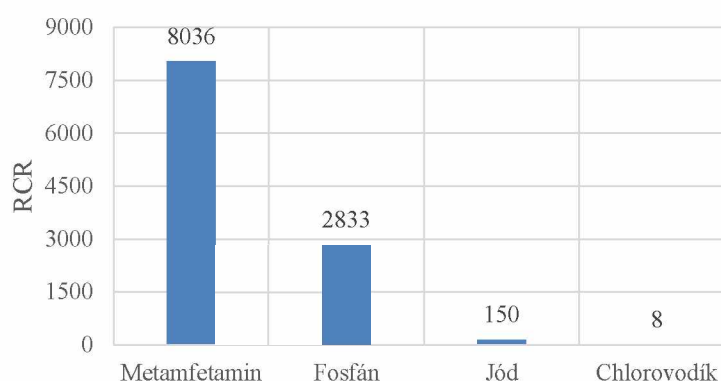
Z dlouhodobého hlediska je tedy důležité co nejdříve najít shodu v oblasti limitů pro expozici osob metamfetaminu a jiným kontaminantům v remediovaných objektech i na našem území. Společnými vizemi budoucnosti by tak mělo být snížit za využití preventivních opatření a standardizovaných norem zdravotní riziko, které by mohly osoby obývající tyto objekty nevědomě a nedobrovolně postupovat.



## 6 ZÁVĚR

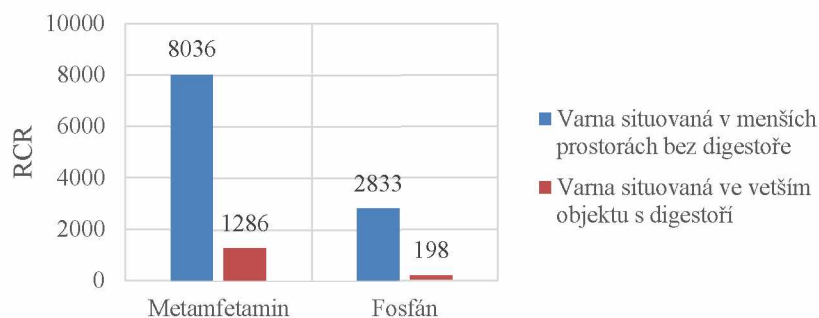
V České republice jsou využívány výhradně metody založené na bázi jódu a fosforu. Následující látky byly na základě výstupů experimentální části této práce označeny za nejvíce rizikové pro lidské zdraví:

- Metamfetamin
- Fosfán
- Chlorovodík
- Jód

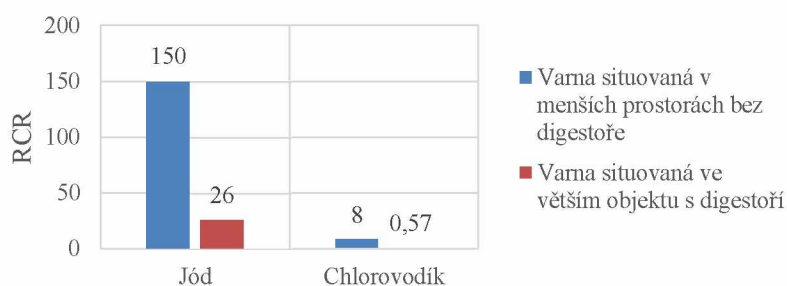


**Obrázek 28** – Porovnání RCR vybraných nejnebezpečnějších látek v procesu v nejnebezpečnějším možném scénáři

Na **obr. 28** je možné vidět výstupní shrnutí RCR vybraných látek při nejméně vhodných okolních podmínkách pro lidské zdraví v nejhorším možném scénáři. Kombinace zanedbaných hygienických a provozních faktorů ve varnách metamfetaminu modelovaných v této práci ústí v nevyhnutelnou expozici metamfetaminu ve značné míře v každé části pokoje. Při úniku extrémně toxického fosfánu a chlorovodíku jsou následky na zdravotní stav naprosto devastující, často možná i fatální. Ve vzduchu lze najít i vysoké koncentrace jódu, který má velmi negativní dlouhodobé účinky na lidské zdraví v podobě zmíněných poruch štítné žlázy. Toto prostředí je zcela nevhodné, byť i pro krátkodobý pobyt, natož pro dlouhodobý záměr obývat takovéto prostory. Zejména ohroženou skupinou, která však nemá možnost tyto parametry ovlivnit, jsou děti a domácí zvířata, jejichž zdravotní stav bude v budoucnosti vlivem drastických okolních podmínek definitivně trvale poznamenán.



**Obrázek 29** – Snížení hodnoty RCR metamfetaminu a fosfánu



**Obrázek 30** – Snížení hodnoty RCR jódu a chlorovodíku

Za účelem snížení hodnot RCR a v zájmu ochrany lidského zdraví by tak bylo vhodné situovat varny v prostornějších objektech a se začleněnou digestoří (**obr. 29** a **30**). U metamfetaminu je za těchto podmínek pozorovatelné zhruba osminásobné snížení RCR, u jódu jsou jeho koncentrace v prostornějších objektech s digestoří šestkrát nižší. Pro toxický fosfán je pozorovatelné dokonce čtrnáctinásobné snížení. Hodnota RCR pro toxický chlorovodík v důsledku lepších ventilačních a podmínek klesá dokonce na hodnotu 0,57 a nepředstavuje tak dále velké nebezpečí pro lidské zdraví.

Důležitým výstupem této práce je skutečnost, že i malé snahy chránit své a cizí zdraví pomocí zlepšení ventilačních, technických a procesních podmínek varny metamfetaminu mají značně pozitivní účinky na zdravotní stav jejich obyvatel. Volbou vhodných podmínek ve varně je možné minimalizovat negativní účinky toxických látek na zdraví při krátkodobém i dlouhodobém pobytu osob v těchto rizikových objektech.

Situace kolem remediací objektů bývalých nelegálních varen metamfetaminu zůstává v České republice nadále nejistá. Z dlouhodobého hlediska je v těchto bytových prostorách nejzávažnějším polutantem metamfetamin, který na rozdíl od jiných pomocných látek a meziproduktů není těkavý a přirozeně nedegraduje. Jedná se o aktuální a komplexní problém, jehož řešení si v blízké budoucnosti pravděpodobně vyžádá velké množství pozornosti

expertů vzhledem k velké dostupnosti základních surovin, rozšíření výrobních postupů a všeobecnému zakořenění metamfetaminu na české drogové scéně.

## ZDROJE A CITACE

- [1] SVATONĚ, P. *Česká republika jako pervitinová velmoc – problematika obchodu s metamfetaminem v kriminologickém kontextu* [online]. 2015 [accessed. 2022-06-14]. Available at: <https://is.muni.cz/th/o5mrv/?kod=CJA004>
- [2] HAVLÍČKOVÁ, T. *Výzkum mechanismů závislosti na metamfetaminu* [online]. 2020 [accessed. 2022-06-14]. Available at: <https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/152572>
- [3] ZENG, Yiwei, Yunhui CHEN, Su ZHANG, Huan REN, Jialin XIA, Mengnan LIU, Baozhi SHAN and Yulan REN. *Natural Products in Modulating Methamphetamine-Induced Neuronal Apoptosis* [online]. B.m.: Frontiers Media S.A. 4. January 2022 [accessed. 2022-06-13]. ISSN 16639812. Available at: doi:10.3389/fphar.2021.805991
- [4] HARRIS, Debra S., Harold BOXENBAUM, E. Thomas EVERHART, Gina SEQUEIRA, John E. MENDELSON and Reese T. JONES. The bioavailability of intranasal and smoked methamphetamine. *Clinical Pharmacology and Therapeutics* [online]. 2003, 74(5), 475–486. ISSN 00099236. Available at: doi:10.1016/j.clpt.2003.08.002
- [5] POLICIE ČR, PČR NÁRODNÍ PROTIDROGOVÁ CENTRÁLA SKPV – ODDĚLENÍ ANALYTIKY A INFORMATIKY and GENERÁLNÍ ŘEDITELSTVÍ CEL MF ČR. *Statistické údaje o drogové trestné činnosti*. 2021.
- [6] FRYDRYCH, J. *Národní protidrogová centrála/Výroční zpráva 2020* [online]. 2020 [accessed. 2022-06-13]. Available at: <https://www.policie.cz/clanek/vyrocní-zpravy-annual-reports-jahresbericht.aspx>
- [7] FRYDRYCH, J. *Národní protidrogová centrála/Výroční zpráva 2019* [online]. 2019 [accessed. 2022-06-13]. Available at: <https://www.policie.cz/clanek/vyrocní-zpravy-annual-reports-jahresbericht.aspx>
- [8] MRAVCIK, V. *Vybrané paragrafy zákona č. 40/2009 Sb. trestního zákoníku vztahujících se k nedovolenému nakládání s OPL* [online]. 2009 [accessed. 2022-06-13]. Available at: [https://www.vlada.cz/assets/udalosti/Vybrane\\_paragrafy\\_TZ.pdf](https://www.vlada.cz/assets/udalosti/Vybrane_paragrafy_TZ.pdf)
- [9] MAT DESA, Wan Nur Syuhaila and Dzulkiflee ISMAIL. Impurity profiling of amphetamine and methamphetamine using gas chromatography mass spectrometry

- (GCMS) Harmonised Methods. *Sains Malaysiana* [online]. 2017, **46**(1), 149–156. ISSN 01266039. Available at: doi:10.17576/jsm-2017-4601-19
- [10] TOLMIE, M. *Clandestine Manufacture of Amphetamine from Benzaldehyde: A n Investigative Analysis of its Synthesis*. 2001.
- [11] NORMAN, Keith, Austin L. CIESIELSKI and Jarrad R. WAGNER. Identification and associated hazards of clandestine drug laboratories. *WIREs Forensic Science* [online]. 2021, **3**(3). ISSN 2573-9468. Available at: doi:10.1002/wfs2.1393
- [12] SCIENTIFIC WORKING GROUP FOR THE ANALYSIS OF SEIZED DRUGS. *Metamphetamine* [online]. 2005 [accessed. 2022-06-13]. Available at: <https://swgdrug.org/monographs.htm>
- [13] MURRAY, G, C KELLY and L HUNTER. Method of inhibiting methamphetamine synthesis [online]. 2005 [accessed. 2022-06-13]. Available at: <https://patents.google.com/patent/WO2002090316A1/en>
- [14] CIESIELSKI, Austin, Mccayla LOPEZ, Paige FISK, Allison VEITENHEIMER, Jarrad WAGNER, J Andrew FARMER, Sheldon NICHOLS and David PRETORIUS. *One Pot Methamphetamine Laboratory Ambient Standoff Detection and Decontamination* [online]. 2020 [accessed. 2022-06-13]. Available at: <https://nij.ojp.gov/library/publications/one-pot-methamphetamine-laboratory-ambient-standoff-detection-and>
- [15] APPENDINO, Giovanni, Alberto MINASSI and Orazio TAGLIALATELA-SCAFATI. *Recreational drug discovery: Natural products as lead structures for the synthesis of smart drugs* [online]. B.m.: Royal Society of Chemistry. 2014 [accessed. 2022-06-13]. ISSN 14604752. Available at: doi:10.1039/c4np00010b
- [16] WINDAHL, K L, M J MCTIGUE, J R PEARSONB, S J PRATT, J E ROWE and E M SEAR. *Investigation of the impurities found in methamphetamine synthesised from pseudoephedrine by reduction with hydriodic acid and red phosphorus* [online]. 1995 [accessed. 2022-06-13]. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8566917/>
- [17] BEARD, Adrian and Walz RÜDIGER. *Chemical Behaviour of Red Phosphorus in Water* [online]. 2000 [accessed. 2022-06-13]. Available at: [https://erowid.org/archive/rhodium/pdf/chemical\\_behaviour\\_of\\_red\\_phosphorus\\_in\\_water.pdf](https://erowid.org/archive/rhodium/pdf/chemical_behaviour_of_red_phosphorus_in_water.pdf)

- [18] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Voluntary Guidelines for Methamphetamine and Fentanyl Laboratory Cleanup* [online]. 2021 [accessed. 2022-06-13]. Available at: <https://www.epa.gov/emergency-response/voluntary-guidelines-methamphetamine-and-fentanyl-laboratory-cleanup>
- [19] NEW JERSEY DEPARTMENT OF HEALTH AND SENIOR SERVICES. *Hazardous substance fact sheet - Phosphorous Acid, ortho* [online]. 1994 [accessed. 2022-06-13]. Available at: <https://www.nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1519.pdf>
- [20] EUROPÄISCHE KOMMISSION BEOBACHTUNGSSTELLE FÜR DROGEN UND DROGENSUCHT. *Methamphetamine : a European Union perspective in the global context*. B.m.: Off. for Official Publ. of the Europ. Communities, 2009. ISBN 9789291683772.
- [21] MRAVČÍK, Viktor, Pavla CHOMYNOVÁ, Kateřina GROHMANNOVÁ, Barbara JANÍKOVÁ, Tereza ČERNÍKOVÁ, Zdeněk ROUS, Jan CIBULKA, Eva FRANKOVÁ, Blanka NECHANSKÁ, Hana FIDESOVÁ and Jiří VOPRAVIL. *Zpráva o nelegálních drogách v České republice 2021* [online]. Praha: Národní monitorovací středisko pro drogy azávislost, 2021 [accessed. 2022-06-13]. ISBN 9788074402746. Available at: <https://www.drogy-info.cz/publikace/vyrocní-zpravy/zprava-o-nelegalnich-drogach-v-ceske-republice-2021/>
- [22] ZMRHAL, V and P ŠTÁVOVÁ. *Nové požadavky na větrání obytných budov podle národní přílohy k ČSN EN 15665* [online]. 2011 [accessed. 2022-06-13]. Available at: [http://users.fs.cvut.cz/~zmrhavl/Publikace/VVI-2011-04\\_p184.pdf](http://users.fs.cvut.cz/~zmrhavl/Publikace/VVI-2011-04_p184.pdf)
- [23] ECHA. *Extract from Guidance on information requirements and chemical safety assessment Chapter R.12: Use descriptor system* [online]. 2010. Available at: <http://echa.europa.eu/>
- [24] LACH-NER. *BEZPEČNOSTNÍ LIST - Fosfor červený* [online]. 2006 [accessed. 2022-06-15]. Available at: [https://chemistry.ujep.cz/userfiles/files/bezpecnost/Chemikalie\\_OZ/Fosfor%20cerveny.pdf](https://chemistry.ujep.cz/userfiles/files/bezpecnost/Chemikalie_OZ/Fosfor%20cerveny.pdf)
- [25] INDIANA STATE DEPARTMENT OF HEALTH. *Frequently Asked Questions (FAQ) Drug Lab Hazards Introduction* [online]. no date. Available at: [http://oehha.ca.gov/public\\_info/clanlabs.html](http://oehha.ca.gov/public_info/clanlabs.html).

- [26] PENTA CHEMICALS. BEZPEČNOSTNÍ LIST - Jod [online]. 2019 [accessed. 2022-06-15]. Available at: <https://www.pentachemicals.eu/soubory/bezpecnostni-listy/jod.pdf>
- [27] CARL ROTH. *Bezpečnostní list: Toluén* [online]. no date [accessed. 2022-06-15]. Available at: <https://www.carlroth.com/medias/SDB-7115-CZ-CS.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wzMDQ5Mzd8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oYjIvaDg2LzkwNzE5NzY2Nzc0MDYucGRmfGRiNjU0Yzk4YmNiZDBhOTYyNzQ5NWl2YTM4ZjgwNDJjMzlmZDI3OTBhNGU1NjVmZDhlNmNhNzhhZjVhMDRhNzE>
- [28] PENTA CHEMICALS UNLIMITED. BEZPEČNOSTNÍ LIST - Toluén [online]. 2019 [accessed. 2022-06-15]. Available at: <https://www.pentachemicals.eu/soubory/bezpecnostni-listy/toluen.pdf>
- [29] U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVI. *Toxicological Profile for Toluene* [online]. 2017 [accessed. 2022-06-15]. Available at: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp56.pdf>
- [30] VÍCHOVÁ, Ladislava. *BEZPEČNOSTNÍ LIST - Technický petrolej* [online]. 2010 [accessed. 2022-06-16]. Available at: [https://eshop.paramo.cz/data/VyrobkovaDokumentace/bl10\\_petrolej\\_technicky\\_z2.pdf](https://eshop.paramo.cz/data/VyrobkovaDokumentace/bl10_petrolej_technicky_z2.pdf)
- [31] PENTA CHEMICALS UNLIMITED. *BEZPEČNOSTNÍ LIST - Kyselina sírová 96%+* [online]. no date. Available at: [www.sblcore.cz](http://www.sblcore.cz)
- [32] VYDÁNÍ, Datum. *BEZPEČNOSTNÍ LIST Chlorovodík, bezvodý*. no date.
- [33] SIAD. *Bezpečnostní list - Fosfan* [online]. 2017 [accessed. 2022-06-20]. Available at: [https://www.siad.com/cs/bezpecnost/bezpecnostni-list-materialu?p\\_p\\_id=com\\_liferay\\_sheet\\_portlet\\_SecuritySheetPortlet\\_INSTANCE\\_T7lbJDQJQNxs&p\\_p\\_lifecycle=2&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_cacheability=cacheLevelPage&p\\_p\\_col\\_id=column-3&p\\_p\\_col\\_count=2&\\_com\\_liferay\\_sheet\\_portlet\\_SecuritySheetPortlet\\_INSTANCE\\_T7lbJDQJQNxs\\_filename=00100\\_LIQ\\_CZ.pdf](https://www.siad.com/cs/bezpecnost/bezpecnostni-list-materialu?p_p_id=com_liferay_sheet_portlet_SecuritySheetPortlet_INSTANCE_T7lbJDQJQNxs&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&p_p_col_id=column-3&p_p_col_count=2&_com_liferay_sheet_portlet_SecuritySheetPortlet_INSTANCE_T7lbJDQJQNxs_filename=00100_LIQ_CZ.pdf)
- [34] *Phosphine Toxicological overview Key Points*. 2007.

- [35] JANUS E. *HEALTH CONSULTATION Potential Health Effects at a Clandestine Methamphetamine Laboratory using the Red Phosphorus Production Method*. 2004.
- [36] SALOCKS, Charles B. *Development of a Reference Dose (RfD) for Methamphetamine*, February 26, 2009. 2009.
- [37] ECETOC. *Guidance for Setting Occupational Exposure Limits: Emphasis on Data-Poor Substances* [online]. 2006 [accessed. 2022-07-06]. Available at: <https://www.ecetoc.org/wp-content/uploads/2021/10/ECETOC-TR-101.pdf>
- [38] NEW ZEALAND. MINISTRY OF HEALTH. *Guidelines for the remediation of clandestine methamphetamine laboratory sites*. [online]. B.m.: Ministry of Health, 2010 [accessed. 2022-06-21]. ISBN 9780478366532. Available at: [https://www.moh.govt.nz/notebook/nbbooks.nsf/0/97DCB4331641B346CC2577AB000515FC/\\$file/guidelines-remediation-clandestine-meth-lab-sites.pdf](https://www.moh.govt.nz/notebook/nbbooks.nsf/0/97DCB4331641B346CC2577AB000515FC/$file/guidelines-remediation-clandestine-meth-lab-sites.pdf)
- [39] WRIGHT, Jackie, G. Stewart WALKER and Kirstin E. ROSS. Contamination of homes with methamphetamine: Is wipe sampling adequate to determine risk? *International Journal of Environmental Research and Public Health* [online]. 2019, 16(19). ISSN 16604601. Available at: doi:10.3390/ijerph16193568
- [40] FRYDRYCH, J. *způsob výroby metamfetaminu* [online]. Message to: [st60073@upce.cz](mailto:st60073@upce.cz). 7. prosince 2021 8:09 [accessed. 2022-06-13]. Osobní emailová komunikace
- [41] FRYDRYCH, J. „česká cesta“ [online]. Message to: [st60073@upce.cz](mailto:st60073@upce.cz). 7. prosince 2021 8:09 [accessed. 2022-06-13]. Osobní emailová komunikace
- [42] *Wastewater analysis and drugs — a European multi-city study*. [online]. 2021. European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction. [accessed. 2022-06-21]. Available at: [https://www.emcdda.europa.eu/publications/html/pods/waste-water-analysis\\_en#section2](https://www.emcdda.europa.eu/publications/html/pods/waste-water-analysis_en#section2)
- [43] FRYDRYCH, J. „Remediace objektů varen“ [online]. Message to: [st60073@upce.cz](mailto:st60073@upce.cz). 22. června 2021 10:39 [accessed. 2022-06-21]. Osobní emailová komunikace