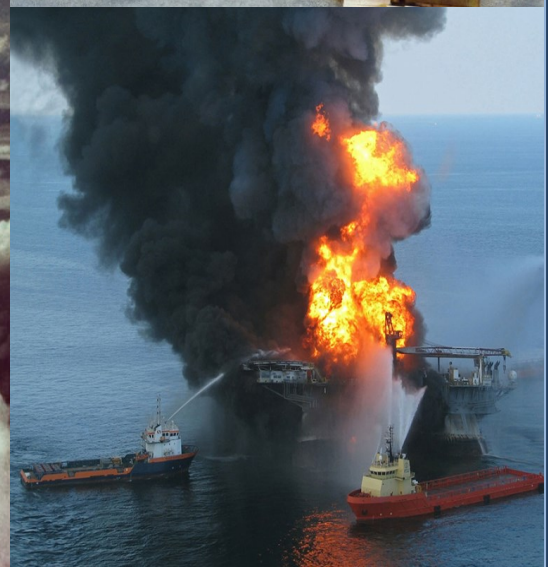


Jaderné, radiologické a chemické zbraně, radiační a chemické havárie



**VIČAR Dušan,
PRINC Ivan,
MAŠEK Ivan,
MIKA Otakar Jiří**

Jaderné, radiologické a chemické zbraně, radiační a chemické havárie.

**JADERNÉ, RADIOLOGICKÉ
A CHEMICKÉ ZBRANĚ,
RADIOAČNÍ A CHEMICKÉ HAVÁRIE**

VIČAR Dušan
PRINC Ivan
MAŠEK Ivan
MIKA Otakar Jiří

UHERSKÉ HRADIŠTĚ

2 0 2 0

Jaderné, radiologické a chemické zbraně, radiační a chemické havárie.

KATALOGIZACE V KNIZE - NÁRODNÍ KNIHOVNA ČR

Vičar, Dušan, 1953-

Jaderné, radiologické a chemické zbraně, radiační a chemické havárie / Vičar Dušan, Princ Ivan, Mašek Ivan, Mika Otakar Jiří. -- Pořadí vydání: první. -- Uherské Hradiště : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2020. -- 1 online zdroj

Chybné místo vydání na titulní straně, správně je: Zlín. -- Obsahuje bibliografii

ISBN 978-80-7454-947-2 (online ; pdf)

* 623.454.8 * 623.45 * 623.459 * 621.039.586 * 504.61:62 * (048.8:082)

– jaderné zbraně

– zbraně hromadného ničení

– chemické zbraně

– jaderné havárie

– technické havárie

– kolektivní monografie

623 - Vojenská technika [19]

Recenzenti:

prof. Ing. Ján Kurucz, Ph.D.

prof. MUDr. Leoš Navrátil, CSc.

© Dušan VIČAR, Ivan PRINC, Ivan MAŠEK a Otakar J. MIKA, 2020

ISBN 978-80-7454-947-2

DOI: 10.7441/978-80-7454-947-2

„Saddám už dříve v boji použil nervově paralytický plyn, yperit a krevní jedy. I když se nechtěl k použití chemické munice na Rásal-Chafdží. Stále jsem očekával, že tak učiní, až zahájíme ofenzívu. Sice jsme vojáky vybavili prostředky protichemické ochrany a cvičili jsme je pro boj za chemického útoku, ale stále existovalo nebezpečí, že začnou zmateně pobíhat, a co nejhorší – propadnou panice. Vojska USA nebojovala za použití chemických zbraní ze strany nepřítel od I. světové války.“

generál Norman Schwarzkopf
Velitel operací Pouštní štít a Pouštní Bouře po Válce v Perském zálivu

Vedle odborného popisu historie vývoje a použití jaderných, radiologických zbraní, chemických zbraní a případů radiačních a chemických havárií, jejich ničivých účinků a zásad ochrany proti nim, bude monografie obsahovat i původní případové studie týkající se důsledků jaderných havárií a nehod jako například v Tree Mile Island (USA, 1979), Černobyl (Ukrajina, 1986), Fukušima (Japonsko, 2011) a také týkající se doposud známých i potenciálních scénářů tzv. CBRN terorismu s využitím radioaktivních materiálů. Tato problematika je vyučována pro studenty bakalářského studijního programu Ochrana obyvatelstva a navazujícího magisterského studijního programu Bezpečnost společnosti. Na tento titul bude navazovat další monografie pojednávající o problematice bojových biologických prostředků a toxinech. Fakulta dosud nedisponuje ucelenou publikací z tohoto oboru a její následující anglická verze umožní tento předmět nabízet i zahraničním studentům.

Obrázek na obálce:

Vlevo nahoře: Nehoda závodu na výrobu oxidu hlinitého Devecser, Maďarsko. Datum: 13. října 2010. Autor: Ministerstvo veřejné správy a spravedlnosti, ministerstvo pro vládní komunikaci. License: CC0. cs.wikipedia.org

Vlevo dole: Anglická chemická bomba z 1. světové války. Autor: Benjamin Hirschfeld. Přispěl jménem: Christoph Herrmann. License: Attribution-Share Alike 3.0. cs.wikipedia.org

Uprostřed nahoře: Mapa světa se symboly nebezpečí hromadného ničení umístěnými na ní. Autor: Fastfission. Zdroj: Obrázek: BlankMap-World grey.svg (Licence: CC-BY-SA / GFDL od Simon Eugster a uživatele: Vardion), Obrázek: Radiační varovný symbol.svg (PD-self), Obrázek: WMD-biologický.svg (Licence: CC- BY-SA / GFDL od uživatele: Andux) a obrázek: Skull and crossbones.svg (PD-self). cs.wikipedia.org

Uprostřed dole: Jaderný výbuch je schopen vynést velké množství materiálu do značných výšek v atmosféře. „Operace Ivy, jaderná munice odpálena 15. listopadu 1952 na atolu Enewetak.“ License: CC0. cs.wikipedia.org

Vpravo nahoře: Sudy s látkou Agent Orange uložené na atolu Johnston přibližně v roce 1976. Autor a zdroj: US Government photograph. License: CC0. cs.wikipedia.org

Vpravo dole: Hasičské lodě se snaží uhasit požár na Deepwater Horizon 21. dubna 2010. Autor: neznámý. Zdroj: US Coast Guard - 100421-G-XXXXL - Deepwater Horizon fire, 20. April 2010. License: CC0. cs.wikipedia.org

Obsah

1.	ÚVOD.....	8
2.	URČENÍ A POSLÁNÍ.....	10
3.	DEFINICE A ZÁKLADNÍ POJMY.....	11
4.	PŘEHLED VYBRANÝCH ODBORNÝCH ZKRATEK.....	23
5.	JADERNÉ ZBRANĚ.....	26
5.1	HISTORIE A SOUČASNOST.....	26
5.1.1	Vznik jaderných zbraní.....	26
5.1.2	Konstrukce a typy jaderných zbraní.....	29
5.1.3	Použití jaderných zbraní – bombardování Japonska.....	32
5.1.4	Vznik jaderných mocností.....	34
5.1.5	Pokusy s jadernými zbraněmi.....	38
5.1.6	Jaderné krize.....	39
5.1.6.1	Korejská jaderná krize.....	39
5.1.6.2	Karibská jaderná krize.....	46
5.1.6.3	Vietnamská jaderná krize.....	48
5.1.7	Nosiče jaderných zbraní – strategické.....	53
5.1.7.1	Nové uplatnění bombardérů.....	55
5.1.7.2	Projekty LRS-B a PAK DA.....	58
5.1.7.3	Možnosti dalších velmocí v 21. století.....	59
5.1.8	Taktické prostředky USA a Ruska (Sovětského svazu).....	59
5.1.8.1	Taktické raketové prostředky ČSSR / ČR.....	62
5.1.9	Jaderná zima.....	68
5.1.10	Munice s ochuzeným uranem.....	70
5.1.10.1	Vlastnosti uranu a ochuzeného uranu.....	71
5.1.10.2	Působení ochuzeného uranu na člověka.....	72
5.1.11	Zákazy jaderných zbraní.....	74
5.1.12	Bezjaderné zóny (pásmo).....	76
5.1.13	Potopené jaderné ponorky.....	77
5.1.14	Filmová dokumentace o jaderných zbraních.....	80
5.1.15	Pašování jaderných materiálů.....	80
5.1.16	Současný stav jaderných zbraní na světě.....	81
5.2	ZÁKLADNÍ POJMY Z OBLASTI JADERNÝCH ZBRANÍ.....	82
5.3	RADIOAKTIVITA A ZÁKON RADIOAKTIVNÍHO ROZPADU.....	83
5.3.1	Radioaktivní rozpad alfa.....	83
5.3.2	Radioaktivní rozpad beta.....	84
5.3.3	Radioaktivní rozpad gama.....	84
5.3.4	Zákon radioaktivního rozpadu.....	85
5.4	JADERNÁ REAKCE.....	86
5.4.1	Štěpná jaderná reakce.....	87
5.4.2	Termonukleární jaderná reakce.....	89
5.5	JEDNOTKY A VELIČINY CHARAKTERIZUJÍCÍ ZDROJ ZÁŘENÍ.....	90
5.6	JEDNOTKY A VELIČINY CHARAKTERIZUJÍCÍ POLE ZÁŘENÍ.....	91
5.6.1	Vztah expozice k dávce a kermě a některé problémy s užíváním veličin.....	93
5.7	DRUHY JADERNÝCH VÝBUCHŮ.....	94
5.7.1	Charakteristika jaderného výbuchu.....	96
5.7.2	Časový průběh jaderného výbuchu (štěpná jaderná nálož o $q = 30$ kt).....	97
5.7.3	Tlaková vlna jaderného výbuchu.....	98
5.7.3.1	Ničivé účinky tlakové vlny.....	99
5.7.3.2	Ochrana před ničivými účinky tlakové vlny.....	100
5.7.4	Světelné záření jaderného výbuchu.....	101
5.7.4.1	Ničivé účinky tepelného záření.....	102
5.7.4.2	Ochrana před ničivými účinky světelného záření.....	104
5.7.5	Elektromagnetický impuls.....	104
5.7.5.1	Ničivé účinky elektromagnetického impulsu.....	105
5.7.5.2	Ochrana před účinky elektromagnetického impulsu.....	107
5.7.5.3	Elektromagnetické pulzní zbraně (EMP).....	107

5.7.6	Pronikavá radiace jaderného výbuchu	111
5.7.6.1	Ničivé účinky pronikavé radiace	111
5.7.6.2	Ochrana před účinky pronikavé radiace	114
5.7.7	Radioaktivní kontaminace	115
5.7.7.1	Vznik a charakteristika radioaktivní stopy	118
5.7.7.2	Ničivé účinky ionizujícího záření	120
5.7.8	Vliv terénu a povětrnostních podmínek	124
5.8	RADIOLOGICKÉ ZBRANĚ	125
5.8.1	Úkryty – účinná ochrana proti účinkům jaderných a radiologických zbraní	130
5.8.2	Ochrana proti účinkům radiologických zbraní nevýbušného typu – případová studie	136
5.9	JADERNĚ ENERGETICKÁ ZAŘÍZENÍ	138
5.9.1	Jaderný reaktor	142
5.9.2	Jaderné reaktory v ČR	146
5.9.3	Hlubinné úložiště jaderného odpadu a jeho anatomie	148
5.9.3.1	Zahraniční přístupy k hlubinnému ukládání	149
5.9.3.2	Současná přípovrchová úložiště v ČR	155
5.9.3.3	Koncept hlubinného úložiště v ČR	159
5.9.4	Radiační nehody a radiační havárie	165
5.9.4.1	Havárie elektrárny Jaslovské Bohunice A-1 (Československo 1976 a 1977)	167
5.9.4.2	Havárie elektrárny Three Mile Island (USA 1979) – případová studie	169
5.9.4.3	Havárie elektrárny v Černobylu (Sovětský svaz, Ukrajina 1986) – případová studie	171
5.9.4.4	Havárie elektrárny Fukušima I (Japonsko 2011) – případová studie	183
5.9.4.5	Radiační nehody se zdroji ionizujícího záření	185
5.9.4.6	Doporučení závěry při řešení radiačních nehod	188
6.	CHEMICKÉ ZBRANĚ	194
6.1	HISTORIE A SOUČASNOST	194
6.1.1	Vznik chemické války	196
6.1.1.1	Co předcházelo prvnímu masovému chemickému útoku?	196
6.1.1.2	Den „D“ – Den zrodu chemické války	197
6.1.2	Použití chemických zbraní v 1. světové válce	198
6.1.3	Použití chemických zbraní po 1. světové válce	200
6.1.4	Použití chemických zbraní ve 2. světové válce	201
6.1.5	Použití chemických zbraní po 2. světové válce	203
6.1.6	Zákaz chemických zbraní	205
6.2	ZÁKLADNÍ POJMY	206
6.3	ROZDĚLENÍ BOJOVÝCH CHEMICKÝCH LÁTEK	208
6.4	VLASTNOSTI BOJOVÝCH CHEMICKÝCH LÁTEK	210
6.4.1	Fyzikální vlastnosti	210
6.4.2	Chemické vlastnosti	212
6.4.3	Toxické vlastnosti	212
6.4.4	Bojové vlastnosti bojových chemických látek	213
6.4.4.1	Toxicita	214
6.4.4.2	Bojová koncentrace	214
6.4.4.3	Hustota kontaminace	215
6.4.4.4	Stálost kontaminace	215
6.4.4.5	Hloubka šíření oblaku kontaminovaného vzduchu	215
6.5	SYMPTOMY ZASAŽENÍ A PRVNÍ POMOC PO ZASAŽENÍ BCHL	215
6.5.1	Látky dusivé	215
6.5.2	Všeobecně jedovaté látky	217
6.5.3	Látky zpuchýřující	219
6.5.4	Nervově paralytické látky	222
6.5.4.1	Program FOLIANT – novičoky a jejich vlastnosti, struktura, reaktivita	226
6.5.4.2	Novičoky a kontrolní opatření Úmluvy o zákazu chemických zbraní	232
6.5.4.3	Případy použití látek skupiny novičok z programu FOLIANT	234
6.5.4.4	Otrava Sergeje Skripala a jeho dcery Julije Skripalové – případová studie	236
6.5.5	Dráždivé látky	247
6.5.6	Látky psychoaktivní	250
7.	PRŮMYSLOVÉ LÁTKY – SEKUNDÁRNÍ CHEMICKÁ ZBRANĚ	252
7.1	KLASIFIKACE PRŮMYSLOVÝCH TOXICKÝCH LÁTEK	252
7.2	VÝSKYT, VÝROBA, SKLADOVÁNÍ A DISTRIBUCE	253

7.2.1	Amoniak (NH ₃).....	253
7.2.2	Fluorovodík (HF)	256
7.2.3	Formaldehyd (HCHO).....	257
7.2.4	Fosgen	260
7.2.5	Chlor	262
7.2.6	Chlorovodík.....	263
7.2.7	Chlorid fosforitý.....	265
7.2.8	Chlorokyan	265
7.2.9	Kyanovodík.....	266
7.2.10	Oxidy dusíku.....	269
7.2.11	Oxidy síry.....	272
7.2.12	Oxid uhelnatý.....	274
7.2.13	Sírouhlík	276
7.2.14	Sulfan (sírovodík)	276
7.3	PRŮMYSLOVÉ TOXICKÉ LÁTKY JAKO BOJOVÉ CHEMICKÉ LÁTKY	278
7.3.1	Období první světové války.....	278
7.3.2	Období po první světové válce.....	280
7.3.3	Průmyslové toxické látky jako prekurzory	281
7.3.4	Chemické havárie a požáry.....	282
7.3.5	Průmyslová havárie jako sekundární chemická zbraň.....	289
7.4	POUŽITÍ SARINU V PRAŽSKÉM METRU – PŘÍPADOVÁ STUDIE	291
7.5	DOPADY PESTICIDŮ NA ZDRAVÍ LIDÍ A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ – PŘÍPADOVÁ STUDIE	294
7.5.1	Negativní dopady pesticidů na potraviny a zdraví	294
7.5.2	Negativní dopady pesticidů na zdraví zemědělců	298
7.5.3	Negativní dopady pesticidů na blanokřídle	298
7.5.4	Negativní dopady vojenského používání pesticidů.....	299
7.5.4.1	Vojenské použití pesticidů ve Vietnamu – 1962 až 1971	299
7.5.4.2	Vojenské použití pesticidů mimo Vietnam	300
7.5.5	Chemická havárie s yperitem v přístavu Bari – zbraň v moři – případová studie	304
8.	ZÁVĚR.....	310
9.	PŘÍLOHY	312
9.1	SEZNAM – SCHÉMATA (S).....	312
9.2	SEZNAM – GRAFY (G).....	312
9.3	SEZNAM – TABULKY (T).....	312
9.4	SEZNAM – OBRÁZKY (O).....	314
9.5	SEZNAM – FOTOGRAFIE (F)	318
10.	LITERATURA	323
10.1	VÝBĚR PUBLIKACÍ.....	323
10.2	VÝBĚR ČLÁNKŮ.....	326
10.3	DOMÁCÍ A ZAHRANIČNÍ ČASOPISY	328
10.4	ELEKTRONICKÉ ZDROJE.....	328
10.5	ZAHRANIČNÍ ZDROJE	329
10.6	ZÁKLADNÍ ÚDAJE O AUTORECH	331

1. Úvod

Současná společnost, která prošla etapami průmyslové a vědeckotechnické revoluce a vstupuje do postmoderního stadia, je ohrožována četnými závažnými hrozbami. Některé nové a velmi nebezpečné a závažné bezpečnostní hrozby a rizika se však objevují až po roce 1990, což je spojeno především s rozpadem bipolárního světa Východ-Západ.

Příčinami jsou nerovnoměrný vývoj jednotlivých oblastí, zvětšující se propast mezi bohatým Severem a chudým Jihem, trvale probíhající války a ozbrojené konflikty, asymetrické čerpání neobnovitelných přírodních zdrojů, rostoucí zadluženost mnoha vyspělých zemí, zvyšující se chudoba, podvýživa, hlad, nemoci, nedostatek nezávadné vody u zvětšující se části populace, přelidnění a nezdravý vývoj velkých sídelních aglomerací, růst závažné a organizované kriminality, migrace obyvatel, znečišťování všech složek životního prostředí, ohrožení biodiversity a další globální problémy provázejí lidstvo a biosféru při vstupu do třetího milénia.

Současný svět je totálně provázán řadou vztahů. Propojení základních složek životního prostředí, úplné rozdělení světa, ekonomické vazby a rovněž dopravní a komunikační infrastruktury vedly k současné globalizaci, která pro celé lidstvo, společenství, jednotlivé státy, regiony, obce i jednotlivé obyvatele planety přináší nové výzvy. Jedinou komplexní strategickou koncepcí postmoderní společnosti, která nemá racionální alternativu a jediná je s to adekvátně reagovat na uvedená ohrožení a výzvy, je strategie trvale udržitelného rozvoje, která má globální charakter a implikuje všechny aspekty zachování holé existence a budoucího vývoje lidské společnosti, biosféry a planety Země.

Trvale udržitelný rozvoj není myslitelný bez udržitelné bezpečnosti, jak vnitřní, tak vnější, která je propojena s jinými segmenty celospolečenského rozvoje. Jednou z hrozeb současné společnosti je organizovaný zločin a jeho nejvýznamnější forma – terorismus. Zejména skupinový terorismus je vážnou společenskou hrozbou, zvláště proto, že v důsledku globalizovaného světa nabývá internacionálního až globálního charakteru.

Tragické události 11. září 2001 jasně a přesvědčivě ukázaly, že ani bohatá demokratická společnost na vysoké technické úrovni s vybudovanými ochrannými a bezpečnostními strukturami není dostatečně připravena na hrozby současného terorismu, který nabývá na extrémní brutalitě a je schopen sáhnout i po neúčinnějších prostředcích – zbraních hromadného ničení nebo jejich ničivých součástích.

Věda se bude stále rozvíjet vysokou rychlostí, někdy i revolučními skoky. Vylepšení informačních technologií, výhody nanotechnologie, nové inovace v biotechnologii, a pokračující investice do vědy a technologií poskytne jak příležitosti, tak hrozby pronikání vědomostí k činitelům s nepřátelskými záměry. Následkem toho se proliferace ZHN stane mnohem větším problémem. V oblastech obrany a ochrany budou informační technologie přispívat k urychlování rozhodovacích cyklů. Prostor a kyberprostor budou rozšířeněji propojeny než dosud vojenskými aplikacemi. Nanotechnologie umožní nejen armádě, ale také různým teroristickým a extrémistickým skupinám využívat miniaturizované, dálkově ovládané až dokonce robotické systémy, zatímco biotechnologie zvýší míru osobní ochrany a přesnost senzorů pro zaměřování biologických elementů.

Ultraterorismus, jindy nazývaný superterorismus tj. chemický, biologický, radiologický a jaderný terorismus představuje nejen budoucí, ale žel také současné závažné bezpečnostní hrozby, jak ukázalo použití super toxického letálního sarinu japonskou sektou Óm Šinrikjó již v roce 1994 a 1995.

Vzhledem k zmíněné globalizaci a rozvoji ve všech stávajících i nových vědných oblastech, není proti teroristickým úderům imunní žádná část světového společenství, proto i v našich podmínkách je nutno na základě analýzy hrozeb soudobého terorismu posuzovat možnosti ohrožení obyvatel České republiky, biosféry, všech složek životního prostředí i jednotlivých oblastí společenských činností a příslušných infrastruktur.

Tato odborná publikace byla zpracována pouze na základě tzv. „*otevřených informačních zdrojů*“.

2. Určení a poslání

K novým hrozbám terorismu patří mimo jiné i chemický, biologický, radiologický a jaderný terorismus. Tato odborná problematika byla důkladně zkoumána již dříve, ale hlavně po teroristických útocích na budovy Světového obchodního centra v New Yorku a Pentagonu ve Washingtonu dne 11. září 2001 dostala nový silný impuls. Obsah monografie se soustředí na oblast chemického, biologického, radiologického a jaderného terorismu. Pochopitelně se snaží hledat způsoby rychlé a spolehlivé reakce a odezvy na nové hrozby a to především z pohledu ochrany obyvatelstva České republiky a kritické infrastruktury naší země.

Problematika nových hrozeb terorismu je relativně nová, ale velmi významná. I když možnost výše uvedeného terorismu je zatím (zřejmě dočasně) relativně nízká, následky takového napadení mohou být katastrofické. Obecně se má za to, že množství lidských obětí se může vyšplhat až do hodnot několika desítek tisíc obětí. Navíc se v současné době všeobecně soudí, že možnost takových teroristických útoků se pomalu, ale jednoznačně zvyšuje. Proto je třeba věnovat těmto otázkám přiměřenou pozornost odborníků a specialistů. A nejen to, na základě vědeckého výzkumu dané oblasti diskutovat a hledat způsoby rychlé a spolehlivé reakce a obnovy po takových rozsáhlých teroristických napadeních.

Monografie je určena jak široké veřejnosti, tak především pro potřebu studentů studijního programu Ochrana obyvatelstva. Jako doplňkový studijní materiál je využitelná i pro potřeby jiných vysokoškolských studentů. Případně může být využita ke vzdělávání jednotlivých základních i ostatních složek Integrovaného záchranného systému ČR

Cílem této monografie je seznámit studenty a další zájemce z řad odborné i laické veřejnosti problematikou chemického, biologického, radiologického a jaderného terorismu, s popisem možného koncepčního řešení prevence, represe, ochrany a likvidace následků chemického, biologického, radiologického a jaderného terorismu v podmínkách České republiky se zaměřením na ochranu obyvatelstva. Je rozdělena na tři díly. První díl je věnován jak problematice jaderných, radiologických a chemických zbraní, tak i průmyslovým toxickým a radioaktivním látkám. Druhý díl rozebírá otázky bakteriologických (biologických) a toxinových zbraní, zápalných a termobarických zbraní. V tomto díle jsou rozebrány otázky ochrany před použitím/zneužitím zbraní hromadného ničení a po radiačních a chemických haváriích. V posledním díle je věnována pozornost problematice chemického, biologického, radiologického a jaderného terorismu, tzv. CBRN terorismu.

Při zpracování této trilogie, bylo využito značné množství publikací, odborných periodik a dalších otevřených tuzemských i zahraničních informačních zdrojů zejména z problematiky zbraní hromadného ničení a ochrany proti nim. Kromě toho byly využity bohaté odborné zkušenosti všech autorů publikace, protože tito se pravidelně účastní jak domácích, tak i zahraničních konferencí, workshopů a symposií se zaměřením na problematiku CBRN. Pro úplnost je možné dodat, že zveřejněný materiál byl zpracován pouze na základě otevřených informačních zdrojů. Přitom jsou nejcennější informace o odborné oblasti CBRN publikovány ve zpravodajských bezpečnostních studiích, analýzách a rozborech.

Za účelem větší přehlednosti a názornosti je publikace doplněna bohatou přílohovou částí, kde jsou mimo jiné uvedeny i rozsáhlé případové studie zneužití sarinu v Japonském Matsumoto (1994) a v tokijském metru (Tokio 1995).

3. Definice a základní pojmy

Základní definice a pojmy byly převzaty z oficiální názvoslovné normy chemického vojska NN 30 0101 (autor Ing. Ladislav Trtílek), Praha 2002. Některé definice a pojmy byly převzaty z platné české legislativy (například atomový zákon, zákon o prevenci závažných havárií, krizové zákony apod.). Několik základních definic a pojmů bylo převzato z odborné pomůcky Kejval, J.: *Přípravenost na krizové situace* z roku 2004 a z publikace Richter, R.: „*Výkladový slovník krizového řízení*“ z roku 2010 vydaného Ministerstvem vnitra – Generálním ředitelstvem Hasičského záchranného sboru ČR v Praze, ISBN: 978-80-866-40-54-9.

Dále byl použit český encyklopedický slovník, případně jiné encyklopedické zdroje.

V častých případech byly definice a pojmy účelně upraveny nebo zkráceny. Krácení bylo provedeno jen do té míry, aby čtenář porozuměl obsahu a souvislostem, ale nebyl zavalen velkými technickými detaily. V jiných případech pak zase byly hlavní definice a základní pojmy naopak mírně rozšířeny a doplněny o poslední aktuální dostupné vědecké informace.

Jednotlivé hlavní definice a základní pojmy jsou **řazeny abecedně** pro snadnější vyhledávání a rychlou orientaci studentů a jiných uživatelů odborné publikace. Tato část byla zařazena záměrně, protože následující text se neobejde bez některých odborných výrazů. Čtenář se také může k této části textu dle vlastní potřeby vracet kdykoliv během studia jednotlivých částí odborné publikace.

Analýza a hodnocení rizik závažné havárie

Provádí se a dokumentuje v rozsahu odpovídajícím riziku havárie, tj. pravděpodobnosti jejího vzniku a závažnosti možných dopadů, s využitím kvalitativních a kvantitativních analytických metod. Patří sem identifikace zdrojů rizik, určení možných scénářů událostí a příčin, které mohou vyústit v havárii, odhad dopadů těchto scénářů na životy a zdraví lidí, hospodářská zvířata, životní prostředí a majetek, stanovení míry rizika těchto scénářů a hodnocení přijatelnosti rizika závažných havárií.

Autoinjektor

Prostředek pro injekční podání antidota svépomocí nebo vzájemnou pomocí jako první pomoc při zasažení nervově – paralytickými bojovými chemickými látkami. Autoinjektor se může rovněž použít pro injekční podání jiných léčiv, např. analgetik.

Binární chemická munice

Munice, v níž jsou výchozí látky uloženy odděleně a výstřelem, odpálením střely nebo jiným způsobem se smíchají, reagují spolu a vytvoří bojovou chemickou látku teprve během dopravy munice na cíl. Použité výchozí látky jsou zpravidla relativně nejedovaté a nazývají se prekurzory. V odborné „západní literatuře“ se vyskytly i některé informace o možné „binární biologické munici“.

Cesty vstupu do organismu

Způsoby, kterými se biologická látka, radioaktivní látka anebo toxická chemická látka může dostat do lidského organismu. Z obecného hlediska mají význam čtyři základní cesty vstupu: dýchacím ústrojím (inhalačně), kůží (perkutánně), pozřením (ingesci) a poraněním.

Detekce

Zjišťování přítomnosti nebo monitorování bojových biologických nebo toxických chemických látek a radioaktivních látek.

Detektor

Zařízení určené ke zjišťování nebo monitorování přítomnosti různých škodlivin. Rozhodujícími vlastnostmi detektoru jsou rychlost odezvy (čas zjištění přítomnosti látky) a citlivost (možnost zjištění požadované koncentrace). Detektory mohou zjišťovat škodliviny v místě použití, mohou se umísťovat v určité vzdálenosti od zajišťovaného prvku anebo mohou zjišťovat vzdálené škodliviny.

Domino efekty

Zvýšení rizika vzniku závažné havárie a závažnosti jejích následků v důsledku blízkosti dalšího objektu nebo zařízení, v němž je umístěna nebezpečná látka.

Evakuace

Jeden ze základních způsobů ochrany obyvatelstva. Je souhrnem zvláštních opatření zabezpečujících přemístění (odsun) osob a věcných prostředků (jako vybraného cenného materiálu) v daném pořadí priorit z míst ohrožení na shromaždiště, respektive na bezpečná místa.

Evakuační plán

Dokument obsahující souhrn organizačních a materiálně – technických zvláštních opatření směřujících k organizovanému přemístění osob, určeného cenného materiálu z prostorů, kde hrozí nebo nastala událost, která vede k ohrožení životů a zdraví obyvatelstva nebo ke škodě na majetku.

Financování terorizmu

Financováním terorizmu se rozumí poskytnutí nebo shromažďování finančních prostředků, jakýmkoli způsobem, přímo nebo nepřímo, se záměrem nebo s vědomím toho, že budou zcela nebo jen částečně použity ke spáchání některého z trestných činů ve smyslu Směrnice Evropského parlamentu a Rady o boji proti terorizmu.

Hasičský záchranný sbor (HZS) České republiky

HZS je záchranný sbor, jehož základním posláním je chránit životy a zdraví obyvatel a majetek před požáry a poskytnout účinnou pomoc při mimořádných událostech. HZS je hlavní složkou Integrovaného záchranného systému (viz dále).

Havárie

Nežádoucí mimořádná, částečně nebo zcela neovládaná, časově a prostorově ohraničená událost, která vznikla nebo jejíž vznik bezprostředně hrozí v souvislosti s provozem technických zařízení, výrobou, užitím, skladováním, zneškodňováním nebo přepravou nebezpečných látek, která vede ke ztrátě života, poškození nebo ohrožení zdraví lidí, živých organismů nebo životního prostředí nebo k prokazatelné újmě na majetku.

Havarijní připravenost

Havarijní připravenost je soubor opatření k zabezpečení činností při podezření a vzniku průmyslové havárie s cílem omezit jejich rozvoj a důsledky a zahrnuje zajištění likvidace následků havárie.

Havarijní plán kraje

Krajský úřad při výkonu státní správy za účelem přípravy na mimořádné události, provádění záchranných a likvidačních prací a ochranu obyvatelstva zpracovává plán provádění záchranných a likvidačních prací na území kraje, který se označuje „*Havarijní plán kraje*“.

Hospodářská opatření pro krizové stavy

Rozumí se tím organizační, materiální nebo finanční opatření přijímané správním úřadem v krizových stavech pro zabezpečení nezbytných dodávek výrobků prací a služeb, bez níž nelze zajistit překonání krizových stavů (v zákoně jako „*nezbytná dodávka*“). Jsou určena k uspokojení základních potřeb fyzických osob na území ČR umožňující přežití krizových stavů bez újmy na zdraví (v zákoně jako „*základní životní potřeba*“), dále pak pro podporu činnosti ozbrojených sil, ozbrojených bezpečnostních sborů, hasičských záchranných sborů, havarijních služeb a pro podporu výkonu státní správy.

Humanitární pomoc

Humanitární pomocí se rozumí opatření prováděná za účelem pomoci obyvatelstvu postiženému mimořádnou událostí, v jejímž rámci se využívají lidské a materiální zdroje.

Chemická havárie

Havárie (destrukce) zařízení infrastruktury spojená s únikem průmyslových toxických látek do okolí v množství, které vážně ohrožuje osoby a životní prostředí. Zákon o prevenci závažných havárií definuje podrobněji tak zvanou závažnou havárii, která může způsobit havarijní následky typu požár, výbuch nebo únik toxických látek.

Chemické zbraně

Druh zbraní hromadného ničení. Využívají prudce jedovatých účinků bojových chemických látek, které působí na lidský organismus. Skládají se z bojových chemických látek a prostředků dopravy na cíl.

Informování právnických a fyzických osob o ohrožení a opatřeních

Informování právnických a fyzických osob o charakteru možného ohrožení, připravovaných opatřeních a způsobu jejich provedení zabezpečuje obecný úřad a zaměstnavatel. K tomu využívají informace poskytnuté Hasičským záchranným sborem kraje. Informování se uskutečňuje zejména hromadnými informačními prostředky, letáky a informačními brožurami, ukázkami činností integrovaného záchranného systému nebo besedami s obyvatelstvem.

Informování veřejnosti v zóně havarijního plánování

Je to informace určena veřejnosti a obsahuje jednoduchým a srozumitelným způsobem uvedené údaje o nebezpečných látkách a povaze rizika závažné havárie včetně odhadu následků a jejich dopadů na životy a zdraví lidí, hospodářská zvířata, životní prostředí a majetek v zóně havarijního plánování. Součástí informace jsou údaje o varování osob a jejich chování.

Inkubační doba

Doba, která uplyne mezi vniknutím choroboplodných zárodků do těla a projevením se prvních příznaků nemoci. Kromě typu původce onemocnění závisí na způsobu proniknutí do těla a na množství přijatého mikroorganismu.

Integrovaný záchranný systém (IZS)

IZS je systém zabezpečení koordinovaného postupu složek IZS při přípravě na mimořádné události a při provádění záchranných a likvidačních pracích (podrobnosti v textumonografii).

Jaderná bezpečnost

Jadernou bezpečností se rozumí stav a schopnost jaderného zařízení a osob obsluhujících jaderné zařízení zabránit nekontrolovatelnému rozvoji štěpné řetězové reakce nebo nedovolenému úniku radioaktivních látek nebo ionizujícího záření do životního prostředí a omezovat následky nehod.

Jaderné zařízení

Jaderným zařízením se rozumí stavby a provozní celky, jejichž součástí je jaderný reaktor využívající štěpné řetězové reakce, zařízení pro výrobu, zpracování skladování a ukládání jaderných materiálů, kromě úpraven uranové rudy a úložiště radioaktivních odpadů.

Jaderné zbraně

Druh zbraní hromadného ničení. Ničení způsobuje velké množství energie, uvolněné při jaderném výbuchu v podobě tzv. ničivých faktorů jaderného výbuchu (podrobnosti v textu).

Karanténa

Soubor protiepidemických (zdravotnických) a protizootických (veterinárních) opatření, jejichž účelem je izolovat ohnisko nákazy způsobené biologickými zbraněmi a likvidovat v něm přenosná onemocnění. Obvykle se jedná o dočasnou izolaci skupiny osob nebo hospodářských zvířat podezřelých z nákazy po dobu, která odpovídá nejdelšímu trvání inkubační doby.

Klasifikace radiačních havárií

Rozdělení radiačních havárií jaderných elektráren podle rozsahu a následků na projektové havárie, maximální projektové havárie a nadprojektové havárie.

Kolektivní ochrana

Soubor organizačních a materiálních opatření, jejichž cílem je chránit skupiny osob proti zevnímu ozáření ionizujícím zářením a zasažením radioaktivními, bojovými biologickými nebo toxickými chemickými látkami. Prostředky kolektivní ochrany chrání i před účinky konvenčních zbraní. Vlastní ochranu zajišťují prostředky kolektivní ochrany.

Koncové prvky varování a vyrozumění

Koncovými prvky varování jsou technická zařízení schopná vydávat varovný signál, např. sirény koncovými prvky vyrozumění jsou technická zařízení schopná předat informaci orgánům krizového řízení, např. mobilní telefony.

Kontaminace

Ukládání, absorpce a přítomnost radioaktivních, průmyslových toxických chemických a bojových chemických a bojových biologických látek v množstvích a koncentracích, které se považují za škodlivé pro životy a zdraví osob a vůči kterým se provádí ochranná opatření.

Kritická infrastruktura

Kritickou infrastrukturou se rozumí prostředky, systémy a jejich části nacházející se v členském státě, které jsou zásadní pro zachování nejdůležitějších společenských funkcí, zdraví, bezpečnosti, zabezpečení nebo dobrých hospodářských či sociálních podmínek obyvatel a jejichž narušení nebo zničení by mělo závažný dopad v důsledku selhání těchto funkcí.

Krizová komunikace

Krizovou komunikaci se rozumí přenos informací mezi státními orgány, územními samosprávnými orgány a mezi složkami integrovaného záchranného systému za využití prostředků hlasového a datového přenosu informací veřejné telekomunikační sítě i vybraných částí neveřejných telekomunikačních sítí.

Krizové řízení

Krizovým řízením se rozumí souhrn řídicích činností věcně příslušných orgánů zaměřených na analýzu a vyhodnocení bezpečnostních rizik, plánování, organizování realizaci a kontrolu činností prováděných v souvislosti s řešením krizové situace.

Krizová situace

Krizovou situací se rozumí mimořádná událost, při níž je vyhlášen stav nebezpečí, nouzový stav, stav ohrožení státu nebo válečný stav (v zákoně jako „*krizové stavy*“).

Krizový plán

Krizový plán obsahuje souhrn opatření a postupů k řešení krizových situací. Souhrnná aktualizace krizového plánu se provádí v tříletých cyklech od jeho schválení. Povinnost zpracovávat krizový plán mají ministerstva a jiné správní úřady, Česká národní banka, hasičské záchranné sbory krajů, Kanceláře Poslanecké sněmovny, Senátu a prezidenta republiky, Úřad vlády, Nejvyšší kontrolní úřad a Bezpečnostní informační služba.

Likvidační práce

Likvidačními pracemi se rozumí činnosti k odstranění následků způsobených mimořádnou událostí.

Mimořádná událost

Mimořádná událost je škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními silami a vlivy a také havárie, které ohrožují životy nebo zdraví osob a zvířat, životní prostředí a majetek a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací.

Místo zásahu

Koordinování záchranných a likvidačních prací v místě nasazení složek integrovaného záchranného systému a v prostoru předpokládaných účinků mimořádné události je označováno jako „*místo zásahu*“. Velitel zásahu člení místo zásahu podle rozsahu mimořádné události, potřeb koordinace záchranných a likvidačních prací organizačně na vnější zónu pro uzavření místa zásahu, nebezpečnou zónu s charakteristickým nebezpečím v místě zásahu, nástupní prostor, týlový prostor, dekontaminační prostor, prostor pro poskytnutí zdravotní péče osob, shromážděště evakuovaných, prostor pro náhradní ustájení evakuovaných nebo zachráněných zvířat (veterinární péče), prostor pro umístění a identifikaci obětí, prostor předpokládaného šíření mimořádné události a na sektory a úseky, kde složky provádí záchranné a likvidační práce.

Meteorologické údaje

Důležité údaje, které se týkají pohybů atmosféry a atmosférických jevů. Údaje jsou důležité pro vyhodnocování radiační, chemické a biologické situace po použití ZHN po radiační nebo chemické havárii. Jedná se především o směr a rychlost přízemního a výškového větru, teplotu vzduchu a půdy, pokrytost oblohy mraky, vlhkost vzduchu, apod.

Mezinárodní stupnice jaderných událostí – INES

Uzavřená řada jaderných událostí, která podle Mezinárodní agentury pro atomovou energii (MAAE) a podle ohrožení osob a životního prostředí, poškození jaderného zařízení a narušení bezpečnostního systému řadí jaderné události do jednoho ze sedmi stupňů: 1 – odchylka od mezí předepsaných funkčních parametrů; 2 – porucha s potenciálem bezpečnostních následků; 3 – vážná porucha; 4 – havárie s účinkem hlavně na jaderném zařízení; 5 – havárie s rizikem pro okolí; 6 – závažná havárie; 7 – velká havárie.

Mióza

Zúžení očních zorniček. Jeden ze základních a typických příznaků zasažení osob nervově – paralytickými bojovými chemickými látkami. Subjektivně se mióza projevuje zhoršením vidění i za dobrých světelných podmínek.

Monitorovací a informační středisko Evropského společenství

Používá se také zkratka MIC – Monitoring and Information Centre. Je jedním z prvků mechanismus Společenství na podporu zesílené spolupráce mezi Společenstvím a členskými státy při asistenčních zásazích v oblasti civilní ochrany.

Nadprojektová havárie

Havárie jaderného energetického zařízení, která svým charakterem přesahuje kritéria maximální projektové havárie.

Nebezpečná chemická látka

Vybraná nebezpečná chemická látka nebo chemická směs, která vykazuje jednu nebo více nebezpečných vlastností, klasifikovaných podle zákona o chemických látkách a chemických směsích. Dřívější legislativa používala místo slova směs, slovo přípravek.

Nehoda

Nežádoucí mimořádná, krátkodobě neovládaná událost, která vznikla a proběhla ve velice krátkém časovém intervalu s dopadem na část provozu nebo zařízení, aniž by bylo ohroženo zdraví lidí, živých organismů nebo životního prostředí nebo došlo k prokazatelné výrazné újmě na majetku.

Objekt

Celý prostor, popřípadě soubor prostorů, v němž je umístěna nebezpečná látka v jednom nebo více zařízeních, včetně společných nebo souvisejících infrastruktur a činností, ve vlastnictví nebo v užívání provozovatele.

Odezva

Odezvou se rozumí jakákoli akce přijatá na základě mechanismu Společenství na podporu zesílení spolupráce při asistenčních zásazích v oblasti civilní ochrany během závažné mimořádné události nebo po ní, s cílem řešit její přímé následky.

Ochrana kritické infrastruktury

Ochranou kritické infrastruktury se rozumí všechny činnosti zaměřené na zajištění funkčnosti, nepřetržitosti a celistvosti kritické infrastruktury s cílem zabránit hrozbě, riziku nebo zranitelnosti, zmírnit je a neutralizovat.

Ochrana obyvatelstva

Ochranou obyvatelstva se rozumí plnění úkolů civilní ochrany zejména varování, evakuace, ukrytí, nouzové přežití obyvatelstva a další opatření k zabezpečení ochrany jeho života, zdraví a majetku (dle „*Dodatkového Protokolu I k Ženevským úmluvám*“).

Ochrana před zbraněmi hromadného ničení (OPZHN)

Jedná se o souhrn organizačních a technických opatření, které mají za cíl oslabit vliv a odstranit následky ničivých účinků zbraní hromadného ničení. Součástí OPZHN jsou speciální opatření jako například: detekce a monitorování nebezpečných látek; varování; ochrana osob a materiálů; zdravotnická opatření; dekontaminace; odstraňování následků napadení, apod.

Ochranná maska

Základní prostředek individuální ochrany určený k ochraně jednotlivce. Poskytuje ochranu dýchacích cest, očí a obličeje proti zasažení radioaktivními, bojovými biologickými a toxickými chemickými látkami. Ochrannou masku zpravidla tvoří souprava, která je složena z obličejové masky, filtru, brašny a dalších součástí.

Ochranné opatření při radiační mimořádné situaci

Omezování ozáření osob a životního prostředí při radiační mimořádné události se uskutečňuje ochrannými opatřeními, kterými jsou neodkladná ochranná opatření zahrnující ukrytí, jodovou profylaxi, evakuaci a následná ochranná opatření zahrnující přesídlení, regulaci požívání radionuklidu kontaminovaných potravin a vody a regulaci požívání radionuklidu kontaminovaných krmiv.

Optimalizace radiační ochrany

Optimalizací radiační ochrany se rozumí postupy k dosažení a udržení takové úrovně radiační ochrany, aby riziko ohrožení života, zdraví osob a životního prostředí bylo tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout při uvážení hospodářských a společenských hledisek.

Otravné látky, dříve také bojové otravné látky, nyní bojové chemické látky

Chemické sloučeniny a jejich směsi, které při bojovém použití mohou svými účinky usmrtit, vážně poranit nebo zneschopnit osoby, kontaminovat životní prostředí, osoby, výzbroj, objekty a další materiál. Patří mezi toxické chemické látky. Jsou součástí chemických zbraní. Podle účinků se rozdělují na nervově-paralytické, zpuchýřující, dusivé, všeobecně jedovaté, dráždivé a psychoaktivní. Podle českých vojenských norem zde patří i toxiny. Nezahrnují látky používané k zajištění pořádku a bezpečnosti, herbicidy, dýmotvorné látky a zápalné látky.

Plán krizové připravenosti

Plánem krizové připravenosti se rozumí plán, ve kterém je upravena příprava příslušné právnické osoby nebo podnikající fyzické osoby k řešení krizových situací.

Poskytování a přijímání humanitární pomoci

Humanitární pomoc lze přijímat a poskytovat k uspokojování základních životních potřeb obyvatelstva a k obnově území postižených mimořádnou událostí formou věcných nebo finančních prostředků, služeb nebo speciálních prací. Je poskytována bezplatně orgány státní správy, orgány územních samosprávních celků, právníky osobami, podnikajícími fyzickými osobami, nevládními organizacemi, neziskovými organizacemi a sdruženími občanů, skupinami osob a jednotlivci na základě výzev nebo z vlastní iniciativy formou nabídek.

Prevence

Organizační a technická opatření nebo činnosti, jejichž cílem je předejít nepříznivé události (mimořádné události) a vytvořit podmínky pro zajištění havarijní připravenosti.

Projektová havárie

Havárie jaderného zařízení, s níž projekt počítá. Provozovatel zařízení má k dispozici stroje a další potřebný materiál k likvidaci této havárie, po které lze porouchané části opravit.

Prostředky individuální ochrany

Prostředky určené k ochraně dýchacích cest, očí a povrchu těla osob proti zasažení radioaktivními, bojovými chemickými a biologickými nebo toxickými chemickými látkami a proti světelnému a tepelnému záření jaderného výbuchu. Částečně mohou chránit proti zápalným látkám. Zahrnují ochranné prostředky dýchacích orgánů (ochrannou masku, izolační dýchací přístroj), ochranné brýle a různé typy ochranných prostředků povrchu těla včetně mastí.

Prostředky kolektivní ochrany

Zařízení (úkryty, budovy, vozidla apod.), které slouží k ochraně skupin osob proti zasažení radioaktivními, chemickými a biologickými nebo průmyslovými látkami, proti ničivým faktorům jaderného výbuchu a zápalným látkám. Součástí je filtrační a ventilační zařízení.

Prověrka

Systematické zkoumání, jehož cílem je stanovit, zda činnosti ve vybrané oblasti manažerského systému řízení a s nimi spojené výsledky jsou v souladu s plánovanými záměry a zda se tyto záměry realizují efektivně a jsou vhodné k dosažení stanovených cílů. Pod pojmem prověrka jsou většinou chápána zkoumání prováděná vyškoleným pracovníkem provozovatele.

Provozovatel

Každá právnická osoba nebo podnikající fyzická osoba, která ke dni účinnosti atomového zákona a zákona o prevenci závažných havárií užívá nebo bude užívat objekt nebo zařízení, v němž je nebo bude nebezpečná látka umístěna v množství stejném nebo větším, než je množství uvedené v zákoně o prevenci závažných havárií anebo používá a nakládá se zdroji ionizujícího záření podle atomového zákona.

První pomoc

Okamžitá, avšak dočasná péče poskytovaná na místě obětem nehody, neštěstí nebo náhlého onemocnění k odvrácení komplikací, zmírnění bolesti a uchování života, dokud nebude zajištěna odborná pomoc zdravotnickou záchrannou službou nebo profesionálním lékařem.

Přípravenost

Přípraveností se rozumí stav pohotovosti a schopnosti lidských zdrojů a materiálních prostředků, dosažený v důsledku předem přijaté akce, umožňující jim zajistit účinnou a rychlou odezvu na mimořádnou událost.

Radiační havárie

Vyšší stupeň radiační události (nehody), která ohrožuje životy a zdraví osob a vyžaduje opatření k jejich ochraně a ochraně životního prostředí.

Radiační nehoda

Událost, při níž došlo k ozáření osob dávkami, které jsou větší než hodnoty normální či povolené, anebo k uvolnění radioaktivních látek, které přesahuje stanovená omezení.

Radiační kontaminace (Radioaktivní kontaminace)

Kontaminace osob, výzbroje jiného materiálu, vzduchu, terénu, vody a stavebních objektů radioaktivními látkami, které vznikly v důsledku jaderného výbuchu, při radiační havárii nebo úniku průmyslových radioaktivních látek.

Radiační ochrana

Radiační ochranou se rozumí systém technických a organizačních opatření k omezení ozáření fyzických osob a k ochraně životního prostředí.

Radioaktivita

Spontánní přirozená přeměna radionuklidu (radioaktivního prvku) na jinou látku, což je spojeno s vysíláním ionizujícího záření. Tento jev probíhá nezávisle na okolních podmínkách, jako jsou teplota, tlak, vlhkost vzduchu, apod.

Radioaktivní látka

Izotopy prvků anebo jejich sloučenin a směsí, které obsahují radionuklidy. Vznikají při jaderném výbuchu anebo v jaderných reaktorech jaderných elektráren. Mohou uniknout do životního prostředí při závažné radiační havárii.

Radiologické zbraně

Zbraně hromadného ničení, které používají škodlivé účinky ionizujícího záření na osoby a životní prostředí.

Riziko

Hrozící událost nebo pravděpodobnost výskytu potenciálně ničivého jevu v daném období a na určitém místě.

Regulační opatření

Regulační opatření v rámci hospodářských opatření pro krizové stavy slouží ke snížení spotřeby nedostatkových surovin, výrobků a energií nebo usměrnění spotřeby v souladu s krizovými plány v případech, kdy krizová situace nabývá takového rozsahu, že běžné ekonomické nástroje nejsou při zajištění nezbytných dodávek dostatečně účinné.

Riziko závažné havárie

Pravděpodobnost vzniku závažné havárie a jejích možných následků, které by mohly nastat během určitého období nebo za určitých okolností.

Scénář – v systému prevence závažné havárie

Scénářem se v systému prevence závažné havárie rozumí variantní popis rozvoje závažné havárie, popis rozvoje příčinných a následných na sebe navazujících a vedle sebe i poslopně probíhajících událostí, a to buď spontánně probíhajících anebo probíhajících jako činnosti lidí, které mají za účel zvládnout průběh závažné havárie.

Společný komunikační a informační systém pro mimořádné události

Společný komunikační a informační systém pro mimořádné události známý pod zkratkou CECIS – Common Emergency Communication and Information System je jedním z prvků mechanismu Evropského společenství na podporu zesílené spolupráce mezi Společenstvím a členskými státy při asistenčních zásazích v oblasti civilní ochrany. Cílem CECIS je umožnit komunikaci a sdílet informace mezi Monitorovacím a informačním střediskem Evropského společenství (MIC) a operačními kontaktními místy členských států.

Terorismus

Terorismus je společensky nebezpečný jev projevující se v národním i mezinárodním měřítku. Je to předem připravené, promyšlené použití násilí nebo hrozby násilím, obvykle zaměřené proti mnohdy nezáčastněným osobám, s cílem vyvolat strach, jehož prostřednictvím mají být splněny politické, ideologické nebo náboženské požadavky.

Toxická dávka

Množství toxické chemické látky, které po vniknutí do organismu vyvolá příznaky otravy. Toxické dávky jsou prahové (PD), efektivní (ED), zneschopňující (ID) a smrtelné (LD). Indexem se vyjadřuje procento zasažených jedinců z celku. Toxická dávka se vyjadřuje v gramech nebo miligramech na jednotku hmotnosti anebo na hmotnost osoby (70 kg).

Toxicita (jedovatost)

Vlastnost látek způsobovat po proniknutí do organismu chorobné změny nebo smrt.

Toxiny

Látky vytvořené živými organismy (rostlinami, mikroorganismy, houbami) nebo získané synteticky, které se vyznačují vysokou toxicitou.

Umístění nebezpečné látky

Projektované množství nebezpečné látky, která je nebo bude vyráběna, zpracovávána, používána, přepravována nebo skladována v objektu nebo zařízení, nebo která se může nahromadit v objektu nebo zařízení při vzniku závažné havárie.

Varovný signál

Varovný signál je stanovený způsob akustické aktivace koncových prvků varování obyvatelstva před hrozící nebo nastalou mimořádnou událostí.

Varování

Vyhlašování a rozšiřování zpráv, které upozorňují na bezprostřední nebezpečí. Může rovněž obsahovat informaci o ochranných opatřeních. K varování se používají zpravidla všechny dostupné prostředky jako je místní rozhlas, radiové vozy, rozhlas a televize. V České republice je v současné době zaveden pouze jeden varovný signál.

Vakcína

Očkovací látka, po jejímž podání si organismus vytváří protilátky.

Věcná pomoc

Věcnou pomocí je poskytnutí věcných prostředků při provádění záchranných a likvidačních prací a při cvičení na výzvu velitele zásahu, hejtmana kraje nebo starosty obce. Věcnou pomocí se rozumí i pomoc poskytnuta dobrovolně bez výzvy, ale se souhlasem nebo svědomím velitele zásahu, hejtmana kraje nebo starosty obce.

Věcné prostředky pro řešení krizových situací

Věcnými prostředky se rozumí movité a nemovité věci ve vlastnictví státu, územních samosprávních celků, právnických osob a podnikajících fyzických osob nebo jimi poskytované služby, které lze využít při řešení krizové situace.

Virulence

Míra schopnosti některých mikroorganismů vyvolávat infekční onemocnění (rovněž míra patogenity) pro daný mikroorganismus.

Vnější havarijní plán

Pokud zóna havarijního plánování zasahuje území více než jednoho správního obvodu obce s rozšířenou působností vlastního kraje nebo zasahuje na území kraje z území jiného kraje, zpracovává krajský úřad ve spolupráci s dotčenými obecními úřady obcí s rozšířenou působností plán k provedení záchranných a likvidačních prací v okolí zdroje nebezpečí – tzv. „*Vnější havarijní plán*“).

Vnější státní hranice

Vnějšími státními hranicemi České republiky jsou hranice ČR s jiným státem, než státem pro který jsou závazná ustanovení schengenské dohody (dále jen „*smluvní stát*“). Vnějšími hranicemi se rozumí také mezinárodní letiště na území České republiky určené pro lety, jejichž místo odletu, mezipřistání nebo přiletu není na území smluvního státu.

Vnitřní státní hranice

Vnitřními státními hranicemi České republiky jsou hranice ČR se státem, pro který jsou závazná ustanovení schengenské dohody (dále jen „*smluvní stát*“). Vnitřními hranicemi se rozumí také letiště na území České republiky určené výhradně pro lety mezi smluvními státy. Na vnitřních hranicích se neprovádí ochrana hranic a lze je překračovat na kterémkoli místě.

Vyjádření veřejnosti

Písemné vyjádření každé fyzické osoby, podnikající fyzické osoby nebo právnické osoby k bezpečnostnímu programu prevence závažné havárie nebo bezpečnostní zprávě nebo vnějším havarijnímu plánu anebo jejich aktualizaci v průběhu jejich veřejného projednávání.

Vyrozumění složek IZS

Souhrn organizačních a technických opatření zabezpečujících včasné předávání informací o hrozící nebo nastalé mimořádné události orgánům krizového řízení podle stanového pořadí.

Zařízení

Technická nebo technologická jednotka, ve které je nebezpečná látka vyráběna, zpracovávána, používána, přepravována nebo skladována.

Záchranné práce

Záchrannými pracemi se rozumí činnost k odvracení nebo omezení bezprostředního působení rizik vzniklých mimořádnou událostí, zejména ve vztahu k ohrožení života, zdraví, majetku nebo životního prostředí a vedoucí k přerušování jejich příčin.

Základní povinnosti státu

Mezi základní povinnosti státu patří zajištění svrchovanosti a územní celistvosti ČR, ochrana demokratických základů ČR a ochrana životů, zdraví a majetkových hodnot.

Zásah

Zásahem se rozumí provedení požárního zásahu, provedení záchranných nebo likvidačních prací v rámci integrovaného záchranného systému.

Zásoby pro humanitární pomoc

Zásoby pro humanitární pomoc tvoří vybrané základní materiály a výrobky určené po vyhlášení krizových stavů k bezplatnému poskytnutí fyzické osobě vážně materiálně postižené. Za přidělení zásob fyzickým osobám odpovídá hejtman kraje, starosta obce s rozšířenou působností nebo starosta určené obce, kterému byly zásoby humanitární pomoci poskytnuty. Zásoby jsou součástí systému nouzového hospodářství a jsou vytvářeny Správou státních hmotných rezerv v systému státních hmotných rezerv.

Závažná havárie

Mimořádná, částečně nebo zcela neovladatelná, časově a prostorově ohraničená událost, která vznikla v souvislosti s užíváním objektu nebo zařízení, v němž je nebezpečná látka vyráběna, zpracovávána, používána, přepravována nebo skladována, a která vedekbezprostřednímu nebo následnému závažnému poškození nebo ohrožení života a zdraví občanů, hospodářských zvířat, životního prostředí nebo ke škodě na majetku, která přesahuje limity uvedené v příloze zákona o prevenci závažných havárií.

Závažná mimořádná událost

Závažnou mimořádnou událostí se rozumí jakákoli situace, která má či může mít nepříznivý dopad na obyvatelstvo, životní prostředí nebo majetek a která může vést k žádosti o poskytnutí pomoci na základě mechanismu Evropského společenství na podporu zesílené spolupráce při asistenčních zásazích v oblasti civilní ochrany.

Zbraně hromadného ničení

Souhrnný výraz pro jaderné zbraně, chemické zbraně a bakteriologické (biologické) zbraně. Jejich použití způsobuje masové ztráty osob, zničení materiálu a rozsáhlé škody.

Zdroj ionizujícího záření

Zdrojem ionizujícího záření se rozumí látka, přístroj nebo zařízení, které může vysílat ionizující záření nebo uvolňovat radioaktivní látky.

Zdroj rizika

Zdrojem rizika (nebezpečí) se v systému prevence závažných havárií rozumí vlastnost nebezpečné látky nebo fyzická či fyzikální situace vyvolávající možnost vzniku závažné havárie.

Zóna havarijního plánování

Území v okolí objektu nebo zařízení, v němž krajský úřad, v jehož územním obvodu se nachází objekt nebo zařízení, kde je umístěna nebezpečná látka, uplatňuje požadavky havarijního plánování formou vnějšího havarijního plánu a v němž zajišťuje veřejné projednávání stanovených dokumentů.

Zvláštní skutečnosti

Zvláštními skutečnostmi jsou informace v oblasti krizového řízení, které by v případě zneužití mohly vést k ohrožení života, zdraví, majetku, životního prostředí nebo podnikatelského zájmu právnické osoby nebo fyzické osoby vykonávající podnikatelskou činnost podle zvláštních právních předpisů.

4. Přehled vybraných odborných zkratek

Uvedené zkratky se nacházejí přímo v tomto odborném textu, nebo se běžně používají v anglosaské odborné literatuře v problematice chemického, biologického, radiologického a jaderného terorismu a ochrany před ním.

Na druhé straně se dnes anglicky psané zkratky velmi široce používají a to někdy i přímo anglická verze, jako příklad může sloužit zkratka: CBRN, což znamená v angličtině Chemical, Biological, Radiological and Nuclear.

Proto je v Tabulce uvedený přehled anglicky psaných zkratek širší než zkratky a anglické termíny použité v učebním textu. Vzhledem k tomu, že české a anglické názvosloví není plně ekvivalentní, popřípadě pro nezbytné objasnění zkratkovitého pojmu, je v nutných případech uvedena v závorce vysvětlivka. Pro rychlou orientaci je voleno abecední řazení jednotlivých zkratek bez ohledu na jazyk.

Tabulka 1. Přehled anglických zkratek. [Zdroj: T-1]

Zkratka	Název v angličtině	Název v češtině
ABM	Anti-Ballistic Missile	Smlouva o omezení systémů protiraketové obrany (zkrácená verze)
AČR	Army of the Czech Republic	Armáda České republiky
AG	Australian Group	Australská skupina
AIDS	Acquired immunity deficiency syndrom	Syndrom získané ztráty imunity (AIDS)
BDM	Ballistic Missile Defense	Obrana proti balistickým řízeným střelám
BCHL	Chemical warfare agents	Bojové chemické látky
BTWC	Bacteriological (Biological) and Toxin Weapons Convention	Úmluva o zákazu bakteriologických (biologických) a toxinových zbraní (zkrácená verze)
CD	Conference on Disarmament	Konference o odzbrojení
CIA	Central Intelligence Agency	Ústřední zpravodajská služba (USA)
CICP	(UN) Centre for International Crime Prevention (od 2002 přejmenováno na UNODC Crime Programme)	Centrum (OSN) pro prevenci mezinárodního zločinu (od r. 2002 přejmenováno na Program proti zločinu Úřadu OSN pro drogy a zločin)
CBRN	Chemical, biological, radiological and nuclear...	Chemické, biologické, radiologické a jaderné...
CTBT	Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty	Smlouva o všeobecném zákazu i jaderných zkoušek
CWC	Chemical Weapons Convention	Zkrácená verze Úmluvy o zákazu chemických zbraní
DPI	Department of Public Information	Odbor pro poskytování informací veřejnosti
EU	European Union	Evropská unie
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	Organizace OSN pro potraviny a zemědělství
FBI	Federal Bureau of Investigation	Federální úřad pro vyšetřování (USA)
FMCT	Fissile Material Cut-off Treaty	Smlouva o zákazu výbory štěpných materiálů (zkrácený název pro Smlouvu zakazující výbory štěpných materiálů pro jaderné zbraně nebo jiná jaderná výbušná zařízení)
FRS	Fire Rescue Service	Hasičský záchranný sbor
HEU	Highly Enriched Uranium	Vysoce obohacený uran
IAEA	International Atomic Energy Agency	Mezinárodní agentura pro atomovou energii (MAAE)

Tabulka 1. Přehled anglických zkratk (pokračování).

Zkratka	Název v angličtině	Název v češtině
ICAN	International Campaign to Abolish Nuclear Weapons	Mezinárodní kampaně za zrušení jaderných zbraní
ICBM	Intercontinental Ballistic Missile	Mezikontinentální balistická střela
ICAO	International Civil Aviation Organization	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
ICJ	International Court of Justice	Mezinárodní soudní dvůr
ICRC	International Committee of the Red Cross	Mezinárodní výbor Červeného kříže
ILO	International Labour Organisation	Mezinárodní organizace práce
IMF	Intermediate (Nuclear) Force	(Jaderné) střely středního a kratšího dosahu (500 – 5500 km)
IES	Integrated Emergency System	Integrovaný záchranný systém
IRS	Integrated Rescue System	Integrovaný záchranný systém
MIRV	Multiple Independently Targetable Re-entry Vehicle	Mezikontinentální balistická střela s více (až 10) nezávisle naváděnými hlavicemi
MD	Ministry of the Defence	Ministerstvo obrany
MFA	Ministry of Foreign Affairs	Ministerstvo zahraničních věcí
MH	Ministry of Health	Ministerstvo zdravotnictví
MA	Ministry of Agriculture	Ministerstvo zemědělství
NPT	Non-Proliferation Treaty	Smlouva o nešíření jaderných zbraní
NAP	National Action Plan (fight against terrorism)	Národní akční plán (boje proti terorismu)
NBC weapons	Nuclear, Biological and Chemical weapons	Jaderné, biologické a chemické zbraně (zbraně hromadného ničení)
NATO	North Atlantic Treaty Organisation	Severoatlantická aliance
ODCCP	Office for Drug Control and Crime Prevention (nyní UNODC)	Úřad (OSN) pro kontrolu drog a prevenci zločinu (viz UNODC)
OSN	The United Nations	Organizace spojených národů
PCR	Police of the Czech Republic	Policie České republiky
SALT	Strategic Arms Limitation Talks	Jednání o omezení strategické výzbroje
SLBM	Submarine-launched ballistic missile	Balistická střela odpalovaná z ponorky
SONS	State Office for Nuclear Safety	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
TNT	Trinitrotoluene	Trinitrotoluen – tritol
UNEP	United Nations Environment Programme	Program OSN pro životní prostředí
UNIDIR	United Nations Institute for Disarmament Research	Ústav OSN pro výzkum odzbrojení
USD	United States Dollar	Americký dolar
UNDCP	United Nations Drug Control Programme	Program OSN pro kontrolu drog
UNAIDS	Joint United Nations Programme on HIV/AIDS	Společný program OSN proti HIV/AIDS
UNICEF	United Nations Children's Fund	Dětský fond OSN
UNCTAD	United Nations Conference on Trade and Development	Konference OSN pro obchod a rozvoj
UNDP	United Nations Development Programme	Program OSN pro rozvoj
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation	Organizace OSN pro výchovu, vědu a kulturu

Tabulka 1. Přehled anglických zkratek (pokračování).

Zkratka	Název v angličtině	Název v češtině
UNHCR	United Nations High Commissioner for Refugees	Vysoký komisař OSN pro uprchlíky
UNICRI	United Nations Interregional Crime and Justice Research Institute	Meziregionální ústav pro výzkum zločinu a práva
UNIDO	United Nations Industrial Development Organisation	Organizace OSN pro průmyslový rozvoj
UNODC	United Nations Office on Drugs and Crime	Úřad OSN pro drogy a zločin
VIC	Vienna International Centre	Vídeňské mezinárodní centrum
WCO	World Customs Organisation	Světová celní organizace
WFP	World Food Programme	Světový potravinový program
WHO	World Health Organisation	Světová zdravotnická organizace
WMD	Weapons of mass destruction	Zbraně hromadného ničení
WTC	World Trade Center	Světové obchodní centrum
WMD	Weapons of Mass Destruction	Zbraně hromadného ničení

5. Jaderné zbraně

5.1 Historie a současnost

Historie vzniku jaderných zbraní je již relativně dlouhá a bezpochyby i značně dramatická. Ještě před výzkumem a vývojem jaderných zbraní byla provedena řada významných zásadních objevů především v oblasti jaderné fyziky, které postupně vyvrcholily v polovině čtyřicátých let minulého století, a které v průběhu druhé světové války vedly ke konstrukci, otestování a praktickému použití jaderných zbraní. Tyto nejničivější zbraně byly použity pouze americkou armádou proti Japonsku na sklonku druhé světové války. Řada významných objevů spadá také do konce 19. století. Objevy v oblasti jaderné fyziky byly výsledkem systematické a pečlivé práce a badání předních světových vědců. Stejně jako v oblasti chemie, tak i v jaderné fyzice byli na předním místě němečtí vědci. Svědčí o tom řada udělených Nobelových cen.

Ale až v roce 1939 byl proveden důkaz štěpných neutronů a tím byla potvrzena možnost jaderné štěpné řetězové reakce, která iniciovala rozsáhlé práce v oblasti jaderného výzkumu s cílem vyrobit jadernou zbraň. Vědecké a výzkumné programy zaměřené na výrobu jaderných zbraní probíhaly už od roku 1939 a později v mnoha předních vyspělých zemích: Německu, Velké Británii, Francii, USA, Sovětském svazu, Japonsku a Kanadě. Jaderný výzkum byl z pochopitelných důvodů ve všech uvedených zemích velmi přísně utajován a relativně dobře financován.

Agresivní režim nacistického Německa, které bylo vedeno již několik let Adolfem Hitlerem, opírající se o velmi vyspělý vědecký, technický, technologický a ekonomický potenciál usilovně hledal účinné prostředky k dosažení světovlády. Zaslíbené osobnosti vědy si již od roku 1939 jasně uvědomovaly, že hitlerovské Německo má potřebné podmínky a hlavní předpoklady pro výrobu jaderných zbraní – výrobní kapacity chemického, elektrotechnického a strojírenského průmyslu, hutnictví barevných kovů, základní materiály a suroviny, špičkové vědce, znalosti jaderné fyziky, moderní vědecké ústavy a zařízení a finanční prostředky.

Není žádným tajemstvím, že němečtí jaderní fyzici začali jako první s vývojem jaderných zbraní již v roce 1939. Do tohoto utajeného výzkumu bylo zapojeno postupně až 22 vědeckých ústavů Německa. Pod vedením W. Heisenberga zkoumali zpočátku němečtí vědci řetězovou reakci uranu s pomocí grafitu jako moderátoru. Zásadní chyba při stanovení množství grafitu vedla k tomu, že němečtí vědci začali jako moderátoru používat nedostatečnou těžkou vodu. Němečtí vědci udělali některé další zásadní chyby, jak ve vlastním výzkumu, tak i v učiněných vědeckých závěrech. V Německu byly nakonec pokusy skoro zastaveny, protože nebyly pokládány za příliš důležité.

Většina jaderných fyziků a chemiků z celé Evropy emigrovala před nebo během 2. světové války do Spojených států amerických a tím byl vytvořen značný „*intelektuální vědecký potenciál*“ k řešení problematiky vývoje a výroby nové ničivé jaderné zbraně.

5.1.1 Vznik jaderných zbraní

Americká národní akademie věd požadovala roku 1941 urychlenou konstrukci jaderné zbraně „*pro zajištění bezpečnosti státu a svobodného světa*“. Na základě této žádosti, ve které se osobně angažoval i jeden z největších vědců minulého století, Albert Einstein, poskytl tehdejší prezident USA Franklin D. Roosevelt dostatečné personální, finanční a jiné nezbytné prostředky na další rozsáhlý výzkum a na práce na konstrukci nové jaderné zbraně.

Je všeobecně známo, že v USA byla v té době vybudována dokonce tři města, která se výhradně zabývala jednotlivými etapami výzkumu a vývoje jaderných zbraní.

Významnou a málo známou skutečností je i to, že v letech 1943-44 po přísně tajných americko-britských jednáních a rozhovorech odešlo asi 50 špičkových britských jaderných vědců do Spojených států amerických. Odnесли s sebou i velmi vyspělé výsledky britského jaderného výzkumu. Tím rychle došlo k efektivnímu spojení britského a amerického jaderného programu. Výborné výsledky britského jaderného vojenského výzkumu, který byl podstatně dále než americký, byly dány k dispozici vědeckým týmům ve Spojených státech amerických.

V USA potom probíhal velmi intenzivní a nakonec i velmi úspěšný jaderný vojenský utajovaný výzkum a vývoj. A tak se stalo, že při výzkumu, vývoji a konstrukci jaderných zbraní byli neúspěšnější Američané. A to přesto, že práce atomových vědců v USA byla usměrněna do vojenské oblasti až v září 1942. Soustředili se do zkoumání štěpení atomových jader uranu 235 a plutonia 239 s použitím grafitu jako moderátoru.

Od roku 1942 vyrostla v USA celá nová města, která se systematicky zabývala různými etapami k výrobě jaderných zbraní. Jednalo se o Oak Ridge, kde byl získáván uran 235 z uranové rudy, Hanford, v němž se uran přeměňoval na plutonium 239. V Los Alamos byly vybudovány nové moderní ústřední vojenské laboratoře a řídicí centrum. Do Los Alamos byli soustředěni nejvýznamnější vědci z celých Spojených států amerických.

Dne 2. prosince 1942 se americkému fyzikovi italského původu Enricovi Fermimu podařilo vyvolat první řetězovou jadernou reakci, jež byla provedena pod tribunami stadiónu Chicagské university. Po tomto významném pokusu bylo zcela jasné, že zhotovení jaderné zbraně je reálné. Všechny odborné práce v Los Alamos probíhaly za zvlášť přísného utajení. Vlastní projekt jaderné zbraně byl nazván krycím jménem Manhattan. Američanům se podařilo o necelé tři roky po Fermiho první řetězové jaderné reakci připravit první pokusný jaderný výbuch na světě.

Dne 16. července 1945 brzy ráno byla v oblasti Alamogordo v Novém Mexiku odpálena první jaderná plutoniová bomba o síle přibližně 20 kilotun trinitrotoluenu (TNT). Tento pokusný jaderný výbuch (jaderný test) je většinou všeobecně považován za základní mezník ve vzniku jaderných zbraní. Pod vedením vynikajícího amerického fyzika Julia R. Oppenheima byla na 30 metrovou ocelovou věž vytažena koule o průměru 1,5 metru a s hmotností 2,5 tuny „*Trinity*“. Potom byl proveden první pokusný jaderný výbuch na světě. Jaderný hřib z tohoto pokusného jaderného výbuchu vystoupal až do výše 12 kilometrů.

Hlavní práce na konstrukci jaderné pumy spočívala na pracovním týmu amerického fyzika Julia Roberta Oppenheima v Los Alamos v Novém Mexiku. Za duchovní otce jaderné zbraně bývá v literatuře označován J. R. Oppenheimer a Leo Szilard (Američan maďarského původu).

Foto 1. Průběh jaderného testu „TRINITY“. [Zdroj: F-1]

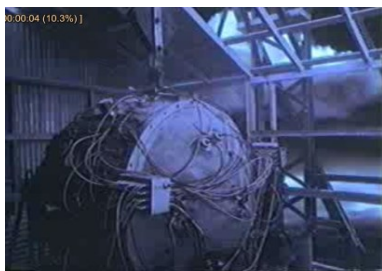


Foto 1-1. 2 sekundy před výbuchem

Foto 1-2. 1 sekunda před výbuchem

Foto 1-3. 0 sekunda – záblesk, výbuch

Foto1. Průběh jaderného testu „TRINITY“. [Zdroj: F-1](pokračování.)

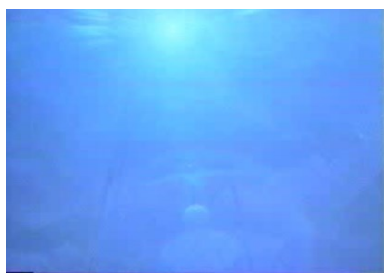


Foto 1-4. 1 sekunda – záblesk, výbuch

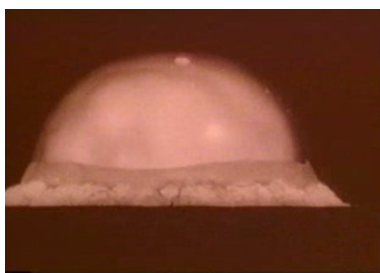


Foto 1-5. 2 sekunda – po výbuchu



Foto 1-6. 3 sekunda – po výbuchu



Foto 1-7. 4 sekunda – po výbuchu



Foto 1-8. 5 sekunda – po výbuchu



Foto 1-9. 6 sekunda – po výbuchu



Foto 1-10. 7 sekunda – po výbuchu



Foto 1-11. 8 sekunda – po výbuchu



Foto 1-12. 9 sekunda – po výbuchu



Foto 1-13. 10 sekunda – po výbuchu



Foto 1-14. 30 sekunda – po výbuchu

Nasnadě je důležitá otázka, proč právě USA zkonstruovaly jako první jadernou zbraň a to ještě v průběhu druhé světové války, když byl tento výzkum nejprve zahájen v Německu (od roku 1939). K uvedené skutečnosti přispěla řada významných faktů a skutečností, mezi které lze zajisté počítat následující předpoklady.

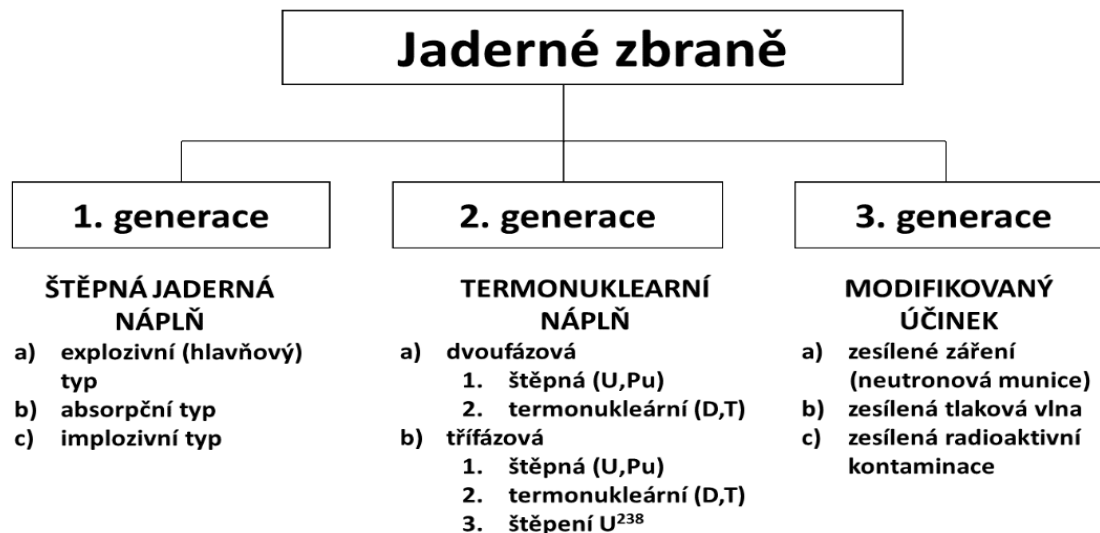
1. **Vědecké předpoklady:** řada špičkových vědců různých oborů emigrovala z Evropy před fašismem do USA a po spojení britského a amerického výzkumu i řada britských špičkových vědců odešla do USA a tam se výrazně podílela na výzkumu a vývoji jaderné zbraně.
2. **Politické předpoklady:** vážné obavy USA z toho, že jadernou zbraň získá jako první fašistické Německo a použije ji ke svým agresivním cílům.
3. **Ekonomické předpoklady:** v USA existovaly silné ekonomické zdroje a kapacity pro financování rozsáhlého výzkumu a vývoje jaderných zbraní.

4. **Technicko-technologické předpoklady:** v USA existovaly výborné technologické podmínky a špičková moderní technika té doby k rozsáhlému rozvoji výzkumu a k vývoji jaderných zbraní.

5.1.2 Konstrukce a typy jaderných zbraní

Každé výbušné jaderné zařízení musí obsahovat:

- vlastní jadernou náplň – štěpná jaderná výbušnina, neutronový odražeč, neutronový zdroj, absorbér neutronů, popř. další zařízení k zajištění výbuchu,
- zařízení na vytvoření nadkritického množství štěpného materiálu,
- počínové zařízení – např. časový zapalovač, přijímač signálů, napájecí zdroje, kontrolní a samodestrukční zařízení.



Obrázek 1. Konstrukční typy jaderných zbraní. [Zdroj: O-1]

Účinek jaderných zbraní je založen na využití energie, která se uvolňuje při jaderných reakcích. K uvolňování energie dochází buď při štěpení jader těžkých prvků, nebo při syntéze jader lehkých prvků. V případě štěpení jader těžkých prvků hovoříme o *štěpné jaderné reakci*, u syntézy jader lehkých prvků o *termonukleární jaderné reakci*.

K inicializaci reakce štěpné jaderné náplně (štěpné jaderné reakci) dochází uvedením jaderné náplně do takového energetického stavu, který umožňuje průběh dané jaderné reakce. Vysoký energetický stav jaderné náplně vyvolá neřízenou řetězovou jadernou reakci a následné uvolnění jaderné energie. Jaderné zbraně obsahující štěpné jaderné náplně jsou *jaderné zbraně první generace*. Konstrukční principy štěpné jaderné munice se rozdělují podle způsobu tvoření nadkritického množství:

a) *Explozivní (hlavnový) typ jaderné munice:*

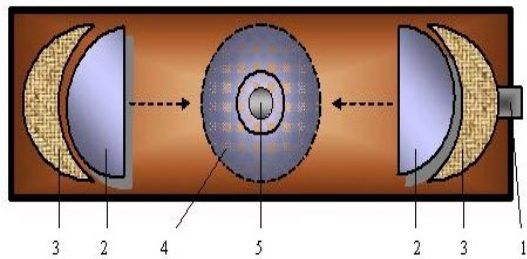
Celkové množství štěpného materiálu v munici je nadkritické, ale je rozděleno do dvou (nebo i více) podkritických částí. Ve chvíli iniciace dochází k explozi klasické výbušniny, která prudce vrhne podkritické části proti sobě za vzniku nadkritického množství.

Ke zvýšení hodnoty multiplikačního faktoru „*k*“ je celá reakční oblast mžikově obklopena odražečem neutronů (neutronový reflektor), jehož úkolem je vracet difundující (unikající) okamžité neutrony zpět do reakční oblasti (Obr. 2),

b) *Absorpční typ jaderné munice:*

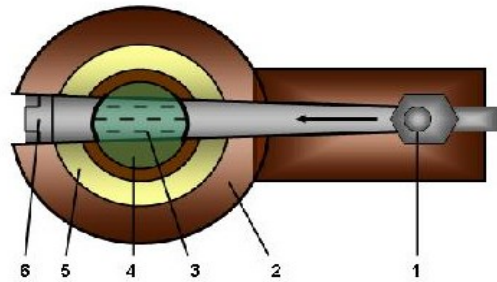
Ve výbušnině nadkritické hmotnosti i tvaru je uložena látka, která pohlcuje neutrony a tím dochází ke snížení multiplikačního faktoru rozvoje štěpné reakce „*k*“. K iniciaci jaderného výbuchu dochází odstraněním tohoto pohlcovače neutronů (Obr. 3),

Obrázek 2. Schéma štěpné jaderné munice explozivního typu (hlavnový typ). [Zdroj: O-2]



- 1 – iniciační zařízení, 2 – štěpný materiál rozdělený do dvou podkritických množství, 3 – klasická výbušnina, 4 – vznikající nadkritické množství po iniciaci klasické výbuštiny, 5 – zdroj neutronů

Obrázek 3. Schéma štěpné jaderné munice absorpčního typu. [Zdroj: O-3]



- 1 – výmetná náplň s počínovým zařízením, 2 – ocelový plášť, 3 – pohlcovač neutronů, 4 – štěpný materiál, 5 – neutronový reflektor, 6 – pojistka

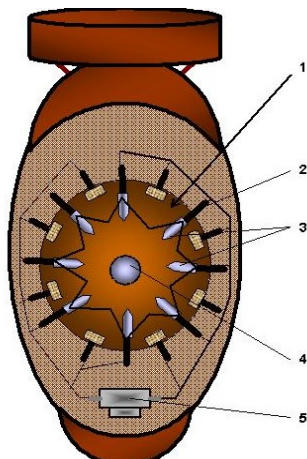
c) Implozivní typ jaderné munice

Nadkritické množství je v munici upraveno na podkritické, snížením jeho hustoty. Výbuchem klasické nálože se štěpný materiál stlačí a tím se prudce zvýší jeho hustota potřebná k průběhu štěpné reakce (Obr. 4). Tato úprava umožňuje měnit mohutnost výbuchu při použití poměrně malého množství jaderné výbuštiny.

1) Jednofázová termonukleární munice

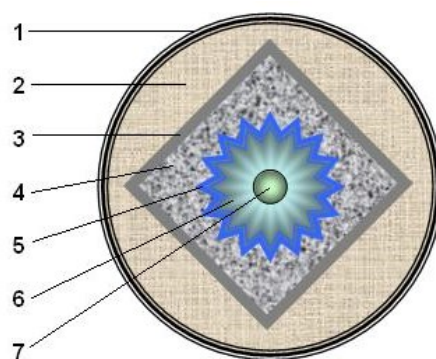
Vysoké teploty potřebné k iniciaci termonukleárních reakcí deuteria a tritia se zde dosahuje účinkem kumulativních náloží klasické výbuštiny. Účinek jednotlivých kumulativních náloží je usměrněn tak, aby se detonační vlny střetly ve stejném čase v jednom místě. Termonukleární výbušnina se tímto stlačením zahřeje na iniciační teplotu se současným zahájením reakce mezi deuteriem a tritiem (Obr. 5). Jednofázová termonukleární munice neobsahuje štěpnou počínovou nálož, proto byla v minulosti nazývána „čistou zbraní“. Při jejím výbuchu silný tok neutronů způsobuje rozsáhlou indukovanou radioaktivitu v ovzduší i na terénu.

Obrázek 4. Schéma štěpné jaderné munice implozivního typu. [Zdroj: O-4]



- 1 – klasická výbušnina, 2 – detonátory, 3 – podkritická množství štěpného materiálu s normální hustotou, 4 – vznikající nadkritické množství štěpného materiálu se zvýšenou hustotou, 5 – iniciační zařízení

Obrázek 5. Schematický řez jednofázovou termonukleární municí. [Zdroj: O-5]



- 1 – vnější obal, 2 – klasická výbušnina, 3 – ocelový obal kumulativní nálože, 4 – kumulativní nálož klasické výbuštiny a deuteria lithia, 5 – vložka kumulativní nálože a lithia, 6 – termonukleární náplň deuteria a tritia, 7 – vakuum

2) Dvoufázová termonukleární munice

Je založená na principu syntézy lehkých jader izotopů vodíku, deuteria a tritia. K získání podmínek potřebných k uskutečnění termonukleární reakce se používá zejména jaderná štěpná nálož. Byly již úspěšně vyzkoušeny i jiné iniciační principy, např. laserové paprsky nebo munice iniciovaná chemickou cestou. Vždy je však nutné dosáhnout v čase do 10^{-6} sekund optimální teploty 10^7 K (Kelvinů) – viz obrázek 6.

V případě reakce dvoufázové termonukleární jaderné náplně jako první reaguje štěpná jaderná náplň a její energie se využívá k iniciaci druhé fáze – reakce termonukleární jaderné náplně. Při reakci dvoufázové termonukleární jaderné náplně klesá podíl vzniklých štěpných produktů. To znamená, že použití jaderných zbraní s dvoufázovou termonukleární jadernou náplní může při stejném tritiovém ekvivalentu způsobit výrazně menší kontaminaci terénu, než použití jaderných zbraní se štěpnou jadernou náplní.

Průběh dějů při dvoufázové termonukleární reakci je následující:

1. první fáze

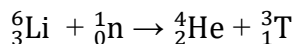
- nejdříve dojde k iniciaci klasické nálože viniciátoru,
- těmito výbuchy jsou k sobě vrhnuty podkritická množství štěpné jaderné nálože,
- vytvořením nadkritického množství explozivním nebo impulzivním způsobem, podporované neutronovým reflektorem a přídavnými zdroji neutronů, proběhne v iniciátoru lavinovitá štěpná reakce a vytvoří se potřebná teplota, tlak a silný proud okamžitých neutronů,

2. druhá fáze

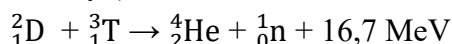
- vznikající neutrony reagují s hydridem lithným, čímž se teplota a tlak dále zvyšují,
- tím se iniciuje syntéza deuteria a tritia, teplota se zvýší na stovky miliónů kelvinů.

Výroba a skladování tritia přináší jisté obtíže. Jeho výroba je příliš složitá a tím i nákladná. Skladování tritia komplikuje jeho radioaktivita (poločas rozpadu je 12,3 roku) a jeho nestabilita.

Východiskem se stalo využití některých sloučenin vodíku, zejména deuteria (hydridu) lithného. Jedná se o chemicky velmi aktivní bílou krystalickou látku, kterou je možno levně vyrobit ve velkém množství. Dostatečné množství tritia je následně možno získat reakcí deuteria lithného s neutrony vznikající v první fázi termonukleární exploze:



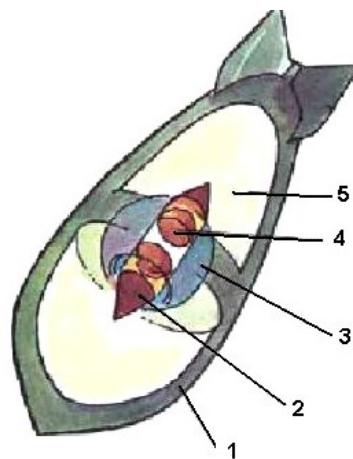
Tímto odpadá problém s výrobou a skladováním tritia, protože vzniká přímovermonukleární náplni. Takto vzniklé tritium následně reaguje s deuteriem, které se získává například z mořské vody (obsah deuteria v mořské vodě je asi 0,15 %):



3) Třífázová termonukleární munice

U třífázových termonukleárních explozí je průběh prvních dvou fází obdobný jako u dvoufázové termonukleární munice.

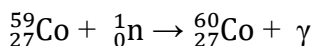
Obrázek 6. Schematický řez dvoufázovou termonukleární municí. [Zdroj: O-6]



1 – vnější obal, 2 – zapalovač se zpozdřovačem a klasická výbušnina, 3 – termonukleární detonátor tritium, 4 – štěpná jaderná nálož, 5 – termonukleární nálož deuterium, deuteridlithia

Pokud však obklopíme termonukleární náplň poměrně levným uranem ^{238}U , vznikne třetí fáze termonukleární exploze – rychlé neutrony vzniklé při reakci deuteria a tritia začnou štěpit jádra ^{238}U , čímž se vyvine další energie a zvýší se i podíl radioaktivní kontaminace (Obr. 7). To znamená, že použití jaderných zbraní s třífázovou termonukleární jadernou náplní může při stejném tritolovém ekvivalentu způsobit výrazně větší kontaminaci terénu. Termonukleární jaderné náplně se používají pro konstrukci *jaderných zbraní druhé generace*.

Specifickou třífázovou termonukleární municí je tzv. *kobaltová nálož*. Rychlé neutrony, vznikající při termonukleární explozi, reagují s kobaltovým obalem podle rovnice:



Vznikající izotop kobaltu je tvrdým gama-beta zářičem s poločasem rozpadu 5,3 roku a při pozemních výbuších dlouhodobě kontaminuje terén.

Jaderné zbraně třetí generace zahrnují zbraně s modifikovanými vlastnostmi, tj. s potlačenými nebo zesílenými účinky jednotlivých ničivých faktorů jaderných zbraní. Jde hlavně o:

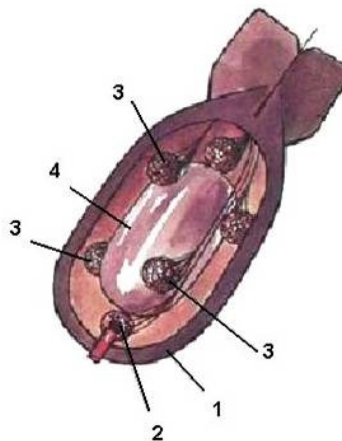
- malé jaderné zbraně se zesíleným účinkem pronikavé radiace, nazývané často *neutronové zbraně* a jsou určeny hlavně pro vyrazení osob při ponechání materiálu a bojové a dopravní techniky v použitelném stavu,
- jaderné zbraně se zesíleným účinkem tlakové vlny a jsou určeny k ničení velmi pevných objektů, hlavně úkrytů a podzemních velitelských stanovišť,
- jaderné zbraně se zesíleným účinkem kontaminace radioaktivními látkami. Na základě použití různých materiálů s různým poločasem rozpadu, které se v důsledku indukované radioaktivity stávají radioaktivní, kontaminace terénu může trvat několik hodin až několik let.

Stupeň poškození a rozsah ohrožení jadernou zbraní závisí na typu zbraně, mohutnosti a výšce výbuchu, vzdálenosti od místa výbuchu, povětrnostních podmínek a zranitelnosti (respektive odolnosti) cíle.

5.1.3 Použití jaderných zbraní – bombardování Japonska

Na minulost se nemusíme dívat v jejich vlastních souvislostech, jinak jí neporozumíme. Nelze pochopit přijetí rozhodnutí použít jadernou zbraň, když se věcně nezamyslíme nad možnostmi, které měly spojenci v té době k dispozici. Stojí za tosi připomenout, že jen během jednoho toku bombardérů B – 29 na Tokio v noci z 9. na 10. března 1945 zahynulo 100 tisíc lidí. Kdyby jen při tomto nočním náletu zahynula jen půlka civilistů, pak za měsíc by zahynulo 1,5 milionů Japonců, o hmotných škodách nemluvě. Dle záznamů z 30. 6. 1945 byl dostatek munice pro 12 divizí, zásoba potravin pro 2,1 milionů mužů na měsíc a měsíční zásoby zdravotnického materiálu pro 11,6 milionů případů. Do konce června dorazilo dle plánů 90 % jednotek z Koreje a Mandžuska – materiál byl uložen na ostrově Kjúšú – 50 % v jeskyních a 50 % ve „školách a domácnostech, atd.“ Při 82 dnů trvající krvavé vojenské operaci při dobývání japonského ostrova Okinawa utrpěla americká armáda ztráty v celkové výši 12 tisíc mrtvých. Americký prezident Harry S. Truman nabízel Japonsku kapitulaci, ale ta nebyla přijata. Američtí analytici odhadovali, že při invazi do Japonska může americká armáda ztratit až 1 miliónů amerických životů. Proto se americký prezident rozhodl pro použití jaderné bomby s cílem urychlit konec války.

Obrázek 7. Schematický řez třífázovou termonukleární municí. [Zdroj: O-7]



1 – kovový plášť s vnitřní vrstvou uranu, 2 – přidavný zdroj neutronů, 3 – plutoniové nálož, 4 – deuterid lithia

Na konci druhé světové války byly použity dvě americké jaderné bomby a to jaderná bomba se jménem **Little Boy** (chlapeček), která byla dne 6. srpna 1945 v ranních hodinách (8 hodin 15 minut místního času) svržená na japonské město Hirošimu. Výbuch jaderné bomby nastal po jejím odhozu z letadla ve výšce asi 580 metrů nad městem. Tato jaderná bomba byla tzv. dělového typu (explosivního typu) a jako jaderná výbušnina byl použit uran 235. Literární podklady udávají nejednotně, že je jednalo o mohutnost jaderného výbuchu v rozsahu 12,5 kt až 20 kt TNT (trinitrotoluenu). Po použití první jaderné bomby nechtěla japonská vláda kapitulovat, proto Američané svrhli i druhou na japonské přístavní město Nagasaki.

Foto 2. Svržení jaderné bomby na Hirošimu. [Zdroj: F-2]

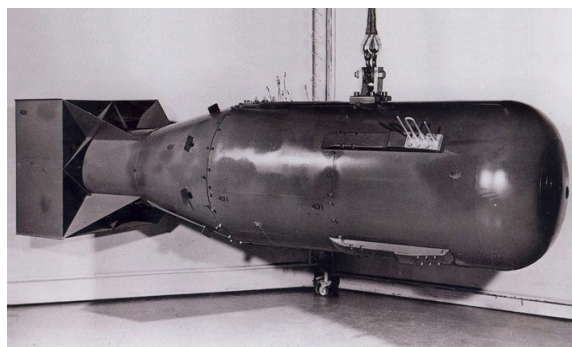


Foto 2-1. USAF jaderná bomba Little Boy (chlapeček).



Foto 2-2. Bombardér B-29 Superfortress Enola Gay.

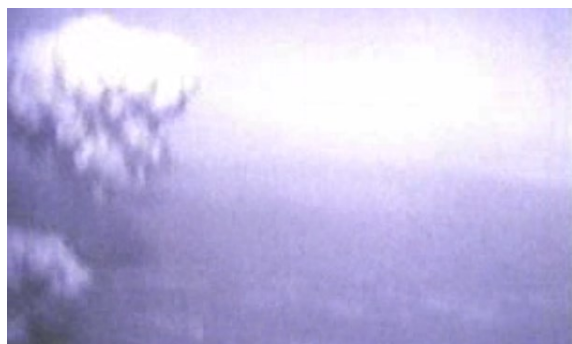


Foto 2-3 a 2-4. Hirošima – svržení jaderné bomby mjr. Thomasem W. Ferebeem z paluby letadla Enoly Gay.



Dne 9. srpna 1945 v 11,00 hodin byla na Nagasaki použita druhá americká jaderná puma s názvem **Fat Man** (tloušťák). Název bomby byl stanoven na počest tehdejšího britského ministerského předsedy W. Churchila. Jednalo se o plutoniovou bombu (jako jaderná výbušnina bylo použito plutonium 239) s implozivním konstrukčním principem. Mohutnost jaderného výbuchu byla asi 20 až 22 kt TNT. Oba jaderné výbuchy měly neuvěřitelně silné devastující účinky na obě města a měly za následek vysoké množství lidských obětí, v Hirošimě 150 000 až 200 000 osob, v Nagasaki pak 30 000 lidských obětí (tyto údaje se značně liší podle zdroje informací – zde uvedené hodnoty udává publikace Kronika 20. století).

Jiné údaje pro ztráty v Hirošimě se velmi liší podle amerických a japonských zdrojů. Podle amerických pramenů v Hirošimě zahynulo nebo zmizelo beze stopy 70 000 lidí a stejný počet osob byl raněn. Podle japonských údajů zahynulo 78 150 lidí, 13 983 bylo nezvěstných, 37 424 raněných a 235 656 jinak postižených. Z počtu 24 158 vojáků, rozmístěných v Hirošimě, jich bylo zabito 6 769.

Teprve až po jaderném bombardování japonského města Nagasaki souhlasili japonští představitelé s bezpodmínečnou kapitulací. Znamená to, že jaderné bombardování japonských měst Hirošimy a Nagasaki v srpnu 1945 skutečně pomohlo významně k rychlému ukončení 2. světové války.

Přes tuto nespornou skutečnost se o nezbytnosti použití jaderných zbraní vedou stále ještě vášnivé odborné i laické diskuze a to jak mezi politiky, tak i mezi vojáky a historiky, případně veřejností. V americkém veřejném mínění však převládá názor, že jaderné bombardování japonských měst na konci 2. světové války bylo oprávněné, protože Japonsko poté kapitulovalo. Při 50. výročí svržení jaderných pum na Hirošimu a Nagasaki se tehdejší americký prezident Bil Clinton vyjádřil tak, že „Američané se nemají za co Japoncům omlouvat a že rozhodnutí o svržení jaderných pum na Japonsko bylo správné“.

Foto 3. Svržení jaderné bomby na Nagasaki. [Zdroj: F-3]



Foto 3-1. USAF jaderná bomba Fat Man (tloušťák).



Foto 3-2. Bombardér B-29 Superfortress Bock's Car.



Foto 3-3 a 3-4. Nagasaki – svržení jaderné bomby kpt. Kermit K. Beahanem z paluby letadla Bock's Car.

5.1.4 Vznik jaderných mocností

Na konci 2. světové války disponovaly jadernými zbraněmi pouze Spojené státy americké, stala se z nich tak první jaderná velmoc.

V Sovětském svazu byly práce na výzkumu, vývoji a konstrukci jaderných zbraní zahájeny ve velkém měřítku v roce 1943 pod vedením I. Kurčatova. Přes řadu potíží, které existovaly ve válkou zničené zemi, se poměrně brzy dostavily výsledky. K tomu přispěla mimo jiné i poměrně široká, dobře organizovaná a pečlivě řízená špionážní síť Sovětského svazu, která působila v tajných jaderných laboratořích Spojených států a Velké Británie už během druhé světové války, ale i po ní.

Dostatečně známé jsou špionážní případy Alana Nunn Maye, Kima Philbyho, Klause Fuchse a manželů Julia a Ethel Rosenbergových. Odhalení jaderní špioni byli většinou velmi tvrdě potrestáni – např. manželé Julius a Ethel Rosenbergovi byli popraveni na elektrickém křesle 19. června 1953 ve vězení Sing-Sing. Manželé Rosenbergovi byli popraveni i přes mnohé demonstrace proti rozsudku. Byli zatčeni v květnu 1950 a obžalováni z jaderné špionáže ve prospěch Sovětského svazu. Přes absenci přímých důkazů byli v dubnu 1951 odsouzeni k trestu smrti za to, že předávali Sovětskému svazu tajemství výroby jaderné bomby. Rosenbergovi byli první Američané popraveni za velezradu v době míru. Oba až do poslední chvíle svou vinu popírali.

Překvapující je zjištění, že špionáž ve prospěch Sovětského svazu (SSSR) byla dílem levicově orientovaných intelektuálů řízených ze sovětských konzulátů pracovníky KGB. Konstrukce první sovětské jaderné bomby vycházela z detailního popisu americké jaderné bomby, který v druhé polovině roku 1945 předal prostřednictvím sovětských špiónů Klaus Fuchs. Podle svědectví J. Charitona, hlavního konstruktéra sovětské jaderné bomby, pracoval sovětský tým v roce 1945 na své vlastní koncepci bomby, ale postup podle americké dokumentace zkrátil dobu vývoje a výroby sovětské bomby zhruba o dva roky.

Tady je na místě připomenout známou zásadu, že „šťěstí přeje připraveným“. Sebelepší ukradené informace mohou mít cenu pouze pro toho, kdo je umí vyhodnotit a kvalifikovaně využít. Roku 1945 měl SSSR nepochybně dostatek odborníků, kteří by dříve nebo později jadernou bombu vyrobili sami. První sovětská jaderná bomba vybuchla v srpnu 1949 a doba 4 let, kterou k její výrobě SSSR potřeboval, je srovnatelná s dobou, kterou na to potřebovali Američané. Svůj podíl na tomto rychlém postupu, který zaskočil i americké výzvědné služby, měl jistě i totalitní systém Sovětského svazu, nasazení velkého počtu lidí a přehlížení ekologických a bezpečnostních zásad.

V roce 1949 oznámil tehdejší Sovětský svaz, že také provedl úspěšný pokusný jaderný výbuch a ukončil tak americký monopol na vlastnictví jaderných zbraní viz Foto 4-1 až 4-6. V té době měly obě mocnosti (USA a SSSR) štěpné jaderné zbraně první generace. Postupně se do oficiálního jaderného klubu dostaly další tři mocnosti a to nejprve Velká Británie, později Francie a jako poslední Čínská lidová republika.

Foto 4. První sovětský pokusný jaderný výbuch. [Zdroj: F-4]



Foto 4-1 až 4-6. Fáze výbuchu první sovětské jaderné bomby.

Jaderné zbraně jsou založeny na štěpné jaderné reakci nebo na termonukleární reakci. Ve všech výše uvedených státech byly nejprve vyvinuty jednodušší štěpné jaderné zbraně a teprve s několikaletým zpožděním (obecně kolem jednoho desetiletí) i termonukleární zbraně.

Všeobecně se považuje vlastnictví jaderných zbraní Indií a Pákistánu za velmi nebezpečné, neboť tyto země měly ve druhé polovině minulého století několik bezjaderných závažných ozbrojených konfliktů. I nadále mezi nimi trvá značné nepřátelství a trvalé politické a vojenské napětí. Zajímavé je také to, že vojenský jaderný arzenál Izraele je v současné době větší než vojenský jaderný potenciál Velké Británie.

Jihoafrická republika se svých jaderných zbraní vzdala v roce 1991, je tak jedinou zemí na světě, která se vzdala dobrovolně práva na vlastnictví jaderných zbraní. Ačkoliv vlastnila několik jaderných náloží, dobrovolně se jich vzdala a provedla jejich demontáž a likvidaci.

Přesná data, kdy se do „vojenského jaderného klubu“ zařazovaly jednotlivé země, jsou uvedena v tabulce 2.

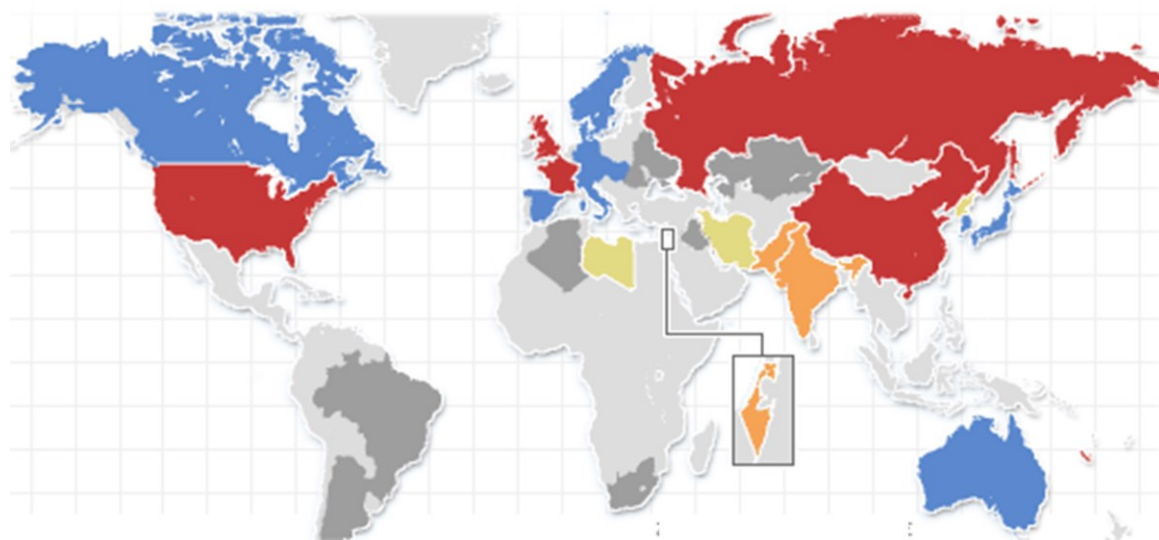
Zatímco všechny oficiální jaderné mocnosti (viz tabulka 2 – pouze prvních 5 uvedených zemí) jsou signatáři mezinárodní dohody o nešíření jaderných zbraní uzavřenou v roce 1968. V roce 1995 byla platnost dohody prodloužena bez časového omezení, Izrael, Indie a Pákistán nejsou signatáři této významné mezinárodní smlouvy. Severní Korea sice mezinárodní dohodu o nešíření jaderných zbraní podepsala, ale v roce 2003 od podpisu této smlouvy odstoupila.

Izrael, Indie a Pákistán odmítly podepsat mezinárodní smlouvu o nešíření jaderných zbraní a všechny si v tajnosti pořídily vlastní jaderný arzenál. USA ani Mezinárodní agentura pro atomovou energii (MAAE) žádnou z těchto zemí nijak netrestají. USA dokonce vládám Izraele a Pákistánu poskytují významnou všestrannou pomoc v hodnotě miliard dolarů, včetně vojenské pomoci. Například Spojené státy americké kromě jiného prodaly letectvu Izraele dokonce nejmodernější letadla schopná být nosičem jaderných zbraní. Bývalý americký prezident George W. Bush také nekomentoval krok Pákistánu, který před několika lety otestoval vlastní moderní útočnou raketu s plochou dráhou letu, schopnou nést jadernou hlavici a zasáhnout největší indická města. Žádný trest vůči Pákistánu nevyvodila americká administrativa ani poté, když se potvrdilo, že Pákistánci s jadernými tajemstvími ilegálně obchodovali. Pravděpodobně také kritizovaný Irán si část speciálních informací i technologie pro obohacování uranu pořídil v Pákistánu.

*Tabulka 2. Vznik jaderných mocností.
[Zdroj: T-2]*

Název země	Datum
Spojené státy americké	16. července 1945
Sovětský svaz	29. srpna 1949
Velká Británie	3. října 1952
Francie	13. února 1960
Čínská lidová republika	16. října 1964
Izrael	1969-70 ?
Indie	11. května 1998
Pákistán	28. května 1998
Severní Korea (KLDR)	9. října 2006

Obrázek 8. Mapa znázorňující vývoj v držení jaderných zbraní. [Zdroj: O-8]



Poznámka:

- Země disponující jadernými zbraněmi.
- Země, které mají jaderný arzenál (nečlenové Smlouvy o nešíření jaderných zbraní).
- „Velmi rizikové“ země.
- Země, které upustily od vývoje jaderných zbraní.
- Země, které v minulosti měly jaderné zbraně či jaderný program.

Bývalý americký prezident George W. Bush a jeho experti toho díky špiónážním družicím a práci tajných státních služeb jistě věděli o jaderných programech Izraele, Indie, Pákistánu, Severní Koreje a dalších zemí mnohem víc. Přesto USA na jedné straně vyhrožují Íránu vojenskou silou a jiným atomovým hříšníkům dodávají peníze a zbraně, aniž by žádali likvidaci jejich atomových arzenálů. Tento dvojí „schizofrenní přístup“ vyhovuje americkým mocensko-politickým zájmům nejen v oblasti Blízkého a Středního Východu.

V letech 2006 a 2007 vzniklo vážné podezření mezinárodní veřejnosti, že také 80 milionový Írán usiluje o získání jaderné zbraně. Do procesu kontrol a vyjednávání byla zapojena i Mezinárodní agentura pro atomovou energii. Vše nasvědčuje tomu, že Írán může v blízké budoucnosti disponovat svými vlastními jadernými zbraněmi. Tento významný fakt by měl nesporný zásadní vliv na bezpečnostní situaci na Středním východě.

Bývalý americký prezident Barack Obama se na své první tiskové konferenci (dne 7. listopadu 2008) vyjádřil k íránskému jadernému programu. Podle Obamy je nepřijatelné, aby režim íránského prezidenta Mahmúda Ahmadínežáda vyvíjel nukleární zbraně. Mezinárodní společenství se musí snažit zabránit Íránu dále rozvíjet jaderný program, který by mohl sloužit k sestrojení nukleárních hlavice, prohlásil americký prezident. Stejně tak Obama kritizoval podporu teroristických uskupení ze strany Ahmadínežádovy administrativy. „Podpora Íránu teroristickým organizacím je něco, co musí skončit,“ řekl na tiskové konferenci v Chicagu americký prezident Obama.

Tabulka 3. Rok získání termojaderných zbraní. [Zdroj: T-3]

Název země	Rok
Spojené státy americké	1952
Sovětský svaz	1953
Velká Británie	1957
Francie	1968
Čínská lidová republika	1967
Izrael	???
Indie	-
Pákistán	-
Severní Korea (KLLDR)	-

Zajímavá jsou data o získání termonukleárních zbraní jednotlivými jadernými mocnostmi. Všeobecně se má za to, že trvalo několik let výzkumu, vývoje a konstrukčních prací, než se jaderným mocnostem (vlastnícím jen štěpnou jadernou zbraň) podařilo získat „vyšší stupeň jaderných zbraní“. Přehledně to ukazuje tabulka 3. S největší pravděpodobností mají termonukleární zbraně pouze jaderné mocnosti „jaderného klubu“, jak je to uvedeno v tabulce 3, nikoliv „nové jaderné mocnosti“.

Foto 5. První termonukleární jaderný výbuch, IVY MIKE, 10 Mt, USA. [Zdroj: F-5]

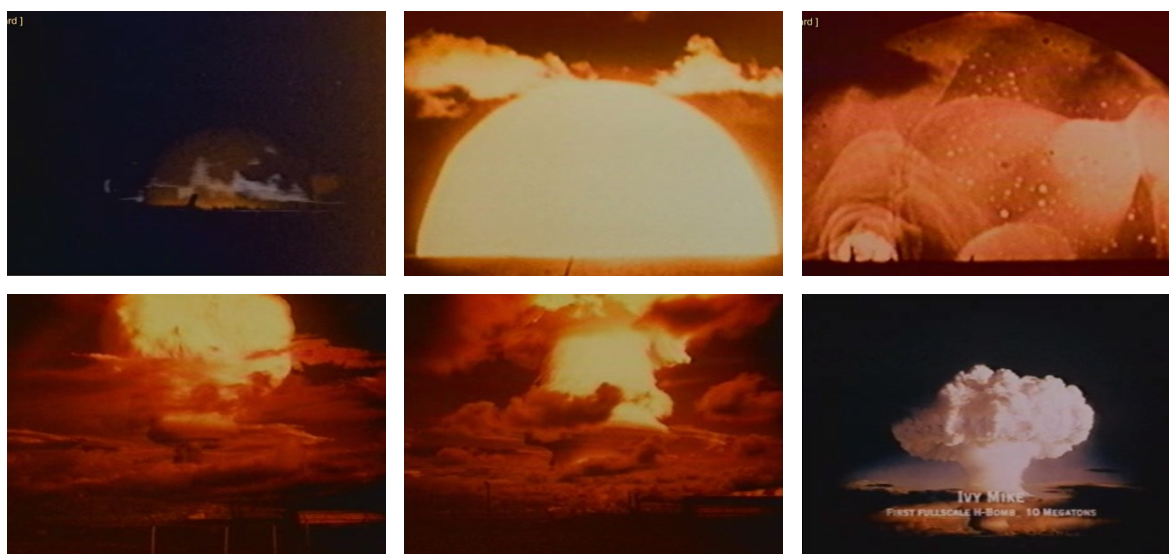


Foto 5-1 až 5-6. Fáze výbuchu první americké termonukleární jaderné bomby.

O využití termonukleární syntézy lehkých prvků pro konstrukci termonukleární zbraně (nepřesně nazývané vodíková bomba) uvažovali v USA E. Fermi a E. Teller již roku 1941. Myšlenka byla pak v USA okrajově sledována a rozvíjena během války, i po ní. Rozhodujícím impulzem k zahájení vývoje termonukleární zbraně v USA dala až první sovětská jaderná exploze v roce 1949. V lednu 1950 dal prezident Harry S. Truman pokyn k výrobě termonukleární zbraně. Na podzim 1952 USA uskutečnily na atolu Eniwetok v Tichomoří první termonukleární explozi mohutnosti 10 Mt s krycím názvem IVY MIKE.

V SSSR byly práce na termonukleární bombě zahájeny fakticky již v roce 1948 pod vedením I. J. Tamma a první exploze jaderné bomby megatunové mohutnosti se uskutečnila na podzim 1955.

5.1.5 Pokusy s jadernými zbraněmi

Pokusy s jadernými zbraněmi probíhaly poměrně velmi intenzivně v druhé polovině minulého století. Od počátku vývoje jaderných zbraní (1945) představovaly jejich zkoušky významnou aktivitu jaderných mocností, které nejen testovaly v praxi výsledky svých jaderných zbraní, ale také hledaly efektivní cesty pro jejich další významné konstrukční a jiné zdokonalení. První pokusné jaderné výbuchy znamenaly prakticky vznik jednotlivých jaderných mocností, jak je to výše uvedeno v přehledné tabulce 2 výše.

Největší mohutnosti jaderného pokusného výbuchu dosáhl Sovětský svaz, dne 30. října 1961, kdy odpálil vůbec nejsilnější jadernou nálož o hodnotě 58 megatun TNT.

Vývoj obou typů jaderných zbraní (štěpné i termonukleární) a jejich postupné zdokonalování vyžadovalo desítky pokusných jaderných výbuchů. Všechny jaderné mocnosti si sice uvědomovaly značná rizika spojená s testováním jaderných zbraní, proto své jaderné pokusné výbuchy prováděly na odlehlých místech, kde si k tomuto účelu zbudovaly „*jaderné střelnice*“. Zatímco USA, Sovětský svaz a Čínská lidová republika prováděly své pokusné jaderné výbuchy na svém vlastním území, Velká Británie a Francie je realizovala na cizích státních územích.

Zkoušky jaderných zbraní v atmosféře se prováděly od roku 1945, jak lze vyčíst z tabulky 4). Velmi intenzivní byly zejména v letech 1954 až 1958 a 1961 až 1962. Po roce 1964 byly prováděny jen ojediněle.

Silná radioaktivní kontaminace životního prostředí pak přivedla k jednacímu stolu zástupce jednotlivých jaderných mocností již v polovině 50. let minulého století. Po dlouhé cestě jednání a přijetí několika smluv (první až v roce 1963), které postupně omezovaly či zakazovaly jaderné pokusy v ovzduší, ve vodě a v kosmickém prostoru.

Teprve po dlouhých a složitých mezinárodních jednáních především na půdě OSN se podařilo až v roce 1996 přijmout mezinárodní smlouvu o úplném zákazu zkoušek jaderných zbraní. Uvedená mezinárodní úmluva však dosud není platná, protože dosud nebyla ratifikována požadovaným počtem zemí a to včetně jaderných mocností. Poslední z pěti oficiálních jaderných mocností, která ještě prováděla pokusné jaderné výbuchy, byla Francie. A to i přes silný odpor světové mírové veřejnosti a mnoha národních, mezinárodních institucí, nevládních organizací apod. Poslední francouzské jaderné testy byly provedeny v Tichomoří (tedy zase mimo francouzské státní území) v letech 1995 až 1996.

Nejsou veřejně známy žádné údaje o testování jaderných zbraní Izraele. Ještě v roce 1998 provedly své zkoušky jaderných zbraní Indie a Pákistán. Dále se uvádí, že také Severní Korea provedla v roce 2006 úspěšně pokusný jaderný výbuch a získala tak vlastní jaderné zbraně.

Tabulka 4. Pokusné jaderné výbuchy. [Zdroj: T-4]

Datum	Název	Síla (ktTNT)	Země	Poznámka
16. 7. 1945	Trinity	19	USA	první úspěšný test atomové bomby
6. 8. 1945	Little Boy	15	USA	atomová bomba svržena na Hirošimu
9. 8. 1945	Fat Man	21	USA	atomová bomba svržena na Nagasaki
29. 8. 1949	RDS-1	22	SSSR	první test atomové bomby v SSSR
3. 10. 1952	Hurricane	25	Británie	první britský test atomové bomby v Austrálii
1. 11. 1952	Ivy Mike	10.400	USA	první výbuch vodíkové bomby v Tichém oceánu
12. 8. 1953	RDS-4	400	SSSR	první výbuch vodíkové bomby v SSSR
1. 3. 1954	Bravo	15.000	USA	výbuch nejsilnější americké vodíkové bomby na atolu Bikini v Mikronésii
15. 5. 1957	Grapple	1800	Británie	první výbuch britské vodíkové bomby v Tichém oceánu
13. 2. 1960	Gerboise Blue	70	Francie	první francouzský test atomové bomby na Saahaře
31. 10. 1961	Car-bomba	50.000	SSSR	nejsilnější výbuch atomové bomby
16. 10. 1964	596	22	Čína	první výbuch atomové bomby v Číně
17. 6. 1967	Pokus č. 6	3300	Čína	první výbuch vodíkové bomby v Číně
24. 8. 1968	Canopus	2600	Francie	první francouzský výbuch vodíkové bomby
18. 5. 1974	Smějící se Buddha	12	Indie	první výbuch atomové bomby v Indii
28. 5. 1998	Čághaí-I	9-12	Pákistán	první výbuch atomové bomby v Pákistánu
9. 10. 2006		do 1	KLDR	první výbuch atomové bomby v KLDR
25. 5. 2009		až 20	KLDR	údajně druhý výbuch v KLDR

5.1.6 Jaderné krize

Pod pojmem jaderné krize jsou myšleny události, kdy se zvažovalo použití jaderných zbraní a svět se tím ocitnul na pokraji celosvětové jaderné katastrofy. Po skončení 2. světové války proběhlo několik krátkodobých jaderných krizí. Jejich přehled je uveden níže:

- první berlínská jaderná krize v roce 1949,
- korejská jaderná krize v roce 1950,
- druhá berlínská jaderná krize v roce 1961 (spojená s výstavbou berlínské zdi),
- karibská jaderná krize v roce 1962,
- vietnamská jaderná krize v roce 1966, 1970,
- Egyptsko-izraelská válka 1973.

Jako nejvýznamnější jaderné krize jsou označovány jaderné krize v Koreji, následně Karibská krize z roku 1962, vietnamská jaderná krize a jako poslední Egyptsko-izraelská válka, které jsou níže jen stručně popsány.

5.1.6.1 Korejská jaderná krize

Od konce druhé světové války zůstal Korejský poloostrov ohniskem napětí. Zatímco na jiných místech konflikty skončily, korejská válka, první horký konflikt studené války i půl století po uzavření příměří mezi oběma stranami nadále svými důsledky významně ovlivňuje mezinárodní dění a současné strategické doktríny.

Příměří z července 1953 ukončilo boje, však mírová dohoda nebyla dodnes podepsána. Korejská lidově demokratická republika ležící na severu poloostrova a na jihu ležící Korejská republika jsou „*de iure*“ ve válečném stavu.



Foto 6. Korejská dívka se svým bratrem na zádech v Haengju, Korea. V pozadí tank M-26. [Zdroj: F-6]

Válka, která hrozila přerůst v jadernou, současně definovala další podobu střetů mezi dvěma bloky. Místo přímých střetů docházelo k omezeným a nejaderným válkám na územích třetích států, kde soupeřící strany podporovaly Washington a Moskva. Vojáci obou zemí se konfliktů často účastnili jako poradci nebo i přímo.



*Foto 7. Bombardování zásobovacích skladů a zařízení v přístavu Wonsanz Air Force B-26 Invader. Severní Korea. 1951.
[Zdroj: F-7]*

Konflikt, který propukl mezi dvěma Korejemi, nakonec přerostl de facto ve *střetnutí USA a jeho spojenců s Čínou podporovanou SSSR*. Konflikt nebyl jen vyústěním rostoucího napětí na Korejském poloostrově, kde sever byl komunistický a jih antikomunistický. Odrážel i stávající politickou situaci na počátku studené války, kdy obě supervelmoci vlastníci jaderné zbraně zkoumaly své pozice a současně se snažily rozšířit své sféry vlivu. Západ i blok lidových demokracií si na Korejském poloostrově ověřovaly své pozice v rozděleném světě.

Na rozdíl od evropských států, které věděly, do čí sféry vlivu patří, tak ve zbytku světa tomu tak nebylo. Předválečný řád už nebylo možné obnovit, koloniální soustava se rozpadla, samostatnost získala i Indie. V Asii byl boj proti japonským okupantům za války většinou veden nacionalistickými skupinami, které se nechtěly vracet pod koloniální správy a toužily po vyhlášení samostatnosti, přičemž hledaly spojence v Moskvě a Pekingu. Američané ale nemínili vyklidit pozice, USA proto prosazovaly politiku zadržování komunismu.

Situaci komplikovalo dění v Číně, kde se Čankajšek a Mao Ce-tung nedokázali dohodnout a v roce 1946 v zemi propukla občanská válka, ve které maoisté vytlačili Kuomintang na Tchaj-wan za podpory severokorejských jednotek. Zpočátku nebylo ani jasné, jakou podobu bude mít tento konflikt determinující všechny následující podobné střety, zda se nerozroste v třetí světovou válku, protože americký generál Douglas MacArthur opakovaně *zvažoval použití jaderných zbraní*. Nejprve chtěl za jejich použití izolovat Korejský poloostrov, aby tam Číňané nemohli posílat další vojáky, pak ale uvažoval i o úderu na Peking. Korejská válka vypukla následkem situace, která se vyvinula na Korejském poloostrově po 2. světové válce.



*Foto 8. Letecké bombardování vodní přehrady HWACHEON Dam v Jižní Koreji – snímek z F4U Corsair 1. května 1951.
[Zdroj: F-8]*

Korea, kterou od 22. 8. 1910 ovládalo Japonské císařství, získala po druhé světové válce svobodu, byla ovšem rozdělena na dvě části, protože sever osvobodila Rudá armáda a jih Američané. Dva dny po svržení jaderné bomby na Hirošimu vypověděl Sovětský svaz Japonsku válku a v den jaderného úderu na Nagasaki, 9. srpna 1945, zahájila Rudá armáda operaci „Srpnová bouře“.

Japonský císař Hirohito 15. srpna oznámil kapitulaci, ale boje s kantonskou armádou pokračovaly až do 19. srpna. První dálněvýchodní front postoupil do Koreje a na jejím severu podnikl i několik obojživelných operací s cílem přerušit zásobovací linie. Ve Wonsanu se sovětské jednotky vylodily 21. srpna, o tři dny později dosáhla Rudá armáda Pchjongjangu. Sovětský svaz akceptoval a dodržoval plán rozdělit při osvobození Koreu podle 38. rovnoběžky a dál nepostupoval.

Američané se vylodili v Incheonu až 8. září, tedy šest dnů poté, co Japonsko podepsalo kapitulaci, a na jihu ustavili vlastní okupační správu. Rozdělení země potvrdila moskevská konference ministrů zahraničí SSSR, USA a Velké Británie z prosince 1945 s tím, že prozatímní správa potrvá pět let. Ani jedna strana nepočítala se vznikem dvou států, vývoj po druhé světové válce a nástup studené války to však změnil. V obou zemích se ustavily vlády, které vyhovovaly zemím spravující poloviny Koreje.



Foto 9. Piloti F4U-4B Corsair stíhací perutě VF-114 Executioners vzlétají z letadlové lodi USS Philippine Sea (CV-47), říjen 1950. [Zdroj: F-9]

V únoru 1946 se na severu stal předsedou Prozatímního lidového výboru v Severní Koreji Kim Ir-sen, na jihu stanul v témže roce v čele Li Syn-man (I Sung-man, z historického důvodu však bude nadále uváděn jako Li Syn-man), který vedl exilovou vládu už za 2. světové války. USA předaly v září otázku Koreje na půdu OSN, kde byla vytvořena Prozatímní komise OSN pro Koreu. Ta měla dohlížet na celonárodní volby v roce 1948, jejichž konání Pchjongjang na svém území odmítl.

Na jihu 10. května zvítězil Li Syn-man a 15. srpna vyhlásil Korejskou republiku, kterou poté OSN uznala. Pchjongjang na to okamžitě zareagoval, 25. srpna se konaly volby na severu a 9. září byla vyhlášena Korejská lidově demokratická republika (KDR) v čele s Kim Ir-senem. Tu uznala 11. října Moskva a 21. října lidové demokracie včetně Československa. Po vyhlášení nezávislosti obou zemí se z Korejského poloostrova stáhli jak Američané, tak Sověti. Představitelé obou Korejí usilovali o sjednocení země pod svou vládou.

Rostoucí napětí na korejském poloostrově nakonec vyústilo ve válku, která *propukla* 25. června 1950 a do *uzavření příměří* 27. července 1953 si vyžádala možná až čtyři milióny obětí. Velení sil OSN po ukončení války zveřejnilo své ztráty, ztráty na severní straně jsou odhady. Přesná čísla totiž nebyla nikdy zveřejněna. Dodnes se vedou spory o to, kdo válku vyprovokoval, zda šlo o jednostrannou agresi Severní Koreje, nebo o odpověď na provokace ze strany Jižní Koreje.

Kim Ir-sen předložil v roce 1949 Stalinovi plán obsazení jižní části Koreje, ale Moskva jej neschválila v obavách z rozšíření konfliktu. Při dalším jednání Stalin doporučil severokorejskému vůdci, aby vše konzultoval s Mao Ce-tungem. Když ten souhlasil, Stalin sdělil, že se nebude proti útoku stavět.

Pchjongjang byl na konflikt připraven, boje začaly 25. června a za tři dny už byli severokorejští vojáci v Soulu a postupovali dál, i když se nesplnil Kim Ir-senův předpoklad, že ho v Jižní Koreji budou vítat jako osvoboditele. Rada bezpečnosti (dále RB) v den samého útoku, odsoudila vojenskou agresi Severní Koreje a vyzvala Pchjongjang ke stažení za 38. rovnoběžku. Současně vyslovila souhlas s pomocí Jižní Koreji.



Foto 10. Vylodování US jednotek v přístavu Incheon jeden den po bitvě u Incheonu 15. září 1950. [Zdroj: F-10]

Pro bylo devět z jedenácti členů, jeden se zdržel a Sovětský svaz, který mohl rezoluci vetovat, na zasedání chyběl, protože bojkotoval její jednání na protest proti tomu, že generální tajemník OSN Trygve Lie se postavil proti návrhu, aby v Radě byla zastoupena Maova Čína a ne Čankajškova. To zas naznačuje, že útok nemusela Moskva očekávat a rozhodně nečekala tak rychlou odezvu. Zmohla se jen na to, že 29. června označila rezoluci RB za nezákonnou.

Dva dny po útoku, 27. června, vydal americký prezident Harry Truman americkým jednotkám na Dálném východě rozkaz k veškeré podpoře a ochraně jihokorejských jednotek. Hlavním velitelem mezinárodních sil v Koreji, které se tvořily, byl jmenován americký generál Douglas MacArthur. První americké jednotky dorazily do Jižní Koreje 1. července, postupu severokorejských sil však nezabránilo, ty se koncem léta dostaly až na vzdálenost 150 kilometrů od Pusanu. Jeho dobytí však bylo nad síly vojsk Severní Koreje. Zásobovací linie byly dlouhé a síly OSN měly převahu ve vzduchu, čehož využívaly k jejich neustálému narušování. Severokorejská ofenzíva se zastavila a přišel protiúder.



Foto 11. Dým z doku a města, během evakuace Hungnamu, říjen 1950.

[Zdroj: F-11]

MacArthur se 15. září 1950 překvapivě vylodil u Inčonu, přeťal zásobovací linie a postupoval k Soulu, který dobyl 26. září. Na konci září již byly severokorejské jednotky z Jižní Koreje vytlačeny, OSN přes protesty lidových demokracií schválila 7. října útok na území Severní Koreje.

Čína přitom už 27. září pohrozila, že se v tom případě zapojí do války, ale USA to považovaly za trik. Už 16. října byl obsazen Pchjongjang. Čínské jednotky dostaly rozkaz k postupu 19. října. Když se 25. října přiblížily jednotky sil velení Spojených národů, k hraniční řece Jalo, narazily na Číňany, kteří o den později rozprášili tři jihokorejské divize.

MacArthur se rozhodl pro kobercové bombardování příhraniční oblasti. Čína musela v listopadu vysvětlit, jak je to možné, že v KLDK jsou její vojáci. Peking uvedl, že jde o spontánní lidovou akci dobrovolníků. MacArthur chtěl ukončit válku do Vánoc a na 24. listopad naplánoval ofenzívu. Čínské jednotky o den později protivníka při protiútku smetly. V kotli bylo uvězněno 150 tisíc amerických, jihokorejských a dalších vojáků. Zaskočený prezident Harry Truman uvažoval poprvé o nasazení jaderných zbraní, uvědomil si však, že by k tomu potřeboval i souhlas znepokojených spojenců. MacArthur dal 28. listopadu rozkaz k ústupu, který znamenal probít se z obklíčení v mrazu do přístavu Kungnam, a žádal o posily.

MacArthur zvažoval, že by zaútočil na Čínu a bombardoval přístupové cesty z Mandžuska, ve hře byly i jaderné zbraně, jejichž použití by mohlo skutečně zablokovat přístup z Číny do Koreje.

Pod tlakem okolností promluvil Truman veřejně o možnosti jaderného bombardování: „*Vojenský velitel v poli bude moci využít zbraní, kterých obvykle využíval.*“

Spojené síly Korejské lidové armády (KLA) a Čínských lidových dobrovolníků (ČLD) mezitím 6. prosince osvobodily Pchjongjang a dále postupovaly. Dařilo se jim Američany vytlačovat, ale ne zlikvidovat. Další ofenzíva čínských a severokorejských vojsk zaměřená na dobytí Jižní Koreje byla zahájena v noci na Nový rok a 4. ledna.

Jednotky KLA a ČLD dobyly Soul. Z něj ale byli Číňané, které OSN označila v další rezoluci Rady bezpečnosti za agresory, vytlačeni 5. března 1951 a válka se změnila v pozici, přičemž fronta vedla podél 38. rovnoběžky.



Foto 12. Letadlo F4U-4B Corsair stíhací perutě VF-113 Stinger z letadlové lodi USS Philippine Sea (CV-47) letí nad loděmi v Inčonu, Korea, 15 září 1950.

[Zdroj: F-12]

MacArthur v březnu znovu uvažoval o plánu na znovudobytí severu a na postup do Číny, a to i za cenu jaderné války, do které by nakonec mohl být zatažen i Sovětský svaz, který měl smlouvu s Čínou. Místo toho jej však prezident Harry S. Truman 11. dubna odvolal. Válka běžela další dva roky, i když už 22. května 1951 americký senátor Johnson navrhuje návrat k předválečnému stavu. S nabídkou na jednání z 29. června souhlasil Kim Ir-sen, takže 10. července začaly rozhovory v Kesongu mezi admirálem Joyem a generály Nam Irem a Hsiou Fengem. Jednání vážla, obě strany se obviňovaly, že je blokují. V srpnu byla přerušena a pokračovala od 25. října v Pchanmundžomu.



Foto 13. Trosky domů v severokorejském Čchongdžinu. [Zdroj: F-13]

pro Pchjongjang a Peking nepřijatelné. Právě osud zajatců představoval problém a obě strany odmítaly ustoupit.

Američané se pokusili na podzim roku 1952 o ofenzívu, ale neúspěšně. Korejsko-čínská strana se připravovala na začátku roku 1953 na další americký nástup, USA zas uvažovali o blokadě Číny. Nakonec se podařil průlom u jednacího stolu, když byl přijat indický návrh, že zajatci budou přemístěni do demilitarizovaného pásma s mezinárodní kontrolou a sami se rozhodnou, zda chtějí být repatriováni či ne. Čínští a severokorejští vojáci zadržovaní na jihu podle něj neměli být rovnou vráceni do vlasti, jak požadovali zástupci severu, ale neměli ani být propuštěni na svobodu v zemi zajetí. Měla jim být poskytnuta příležitost se před Repatriační komisí neutrálních států (RKNS) svobodně rozhodnout, zda se vrátí do vlasti, nebo zůstanou na druhé straně. Čína na jaře 1953 navrhla, aby ti zajatci, kteří nechtějí být repatriováni, byli předáni do třetích zemí.



Foto 14. Korejští uprchlíci na SS Meredith Victory, prosinec 1950. [Zdroj: F-14]



Foto 15. Demarkační linie v Pchanmundžomu, tzv. Most bez návratu spojující Sever a Jih. [Zdroj: F-15]





















V dubnu 1953 se začalo jednat v Pchanmundžomu. Jelikož se nedařilo doladit podrobnosti a zdálo se, že jednání nepovedou k podepsání dohody o příměří, Američané obnovili v květnu 1953 bombardování elektráren, železnic i měst, aby dostali Peking a Pchjongjang pod tlak.

Až 8. června byla v Pchanmundžomu podepsána dohoda, že osud zajatců vyřeší Repatriační komise neutrálních států (RKNS), do níž své zástupce měly vyslat Indie, Polsko, Československo, Švédsko a Švýcarsko. Potíže nastaly 18. až 20. června, kdy Jižní Korea propustila 27 000 válečných zajatců, kteří tak unikli repatriaci.

Čínané mohli odejít na Tchaj-wan a posílit oslabená Čankajškova vojska. Hrozilo, že jednání o příměří v Koreji padnou. Švýcaři a Švédí odvolali účast v RKNS a Československo hrozilo tímž krokem.

Li Syn-man uvedl, že nedovolí, aby na území Jižní Koreje působili českoslovenští a polští příslušníci DKNS, jak uváděla dohoda. Indie svolala mimořádné zasedání OSN. USA uvedly, že sice propuštěné zajatce nelze znovu zadržet, ale že garantují, že Soul se bude řídit dohodou o příměří. Dne 10. července se podařilo obnovit jednání a 20. července 1953 vytyčit demarkační linie pár kilometrů severně od 38. rovnoběžky. Sedm dní poté podepsala OSN s představiteli Severní Koreje a Číny dohodu o příměří a byla zastavena palba.

Tabulka 5. Bilance Korejské války 1950 – 1953. [Zdroj: T-5]

Zúčastněné strany	Nasazené síly	Ztráty
<p>Koalice OSN:</p> <ul style="list-style-type: none">  Jižní Korea  USA  Spojené království <p>Zdravotnická podpora:</p> <ul style="list-style-type: none">  Dánsko  Itálie  Norsko  Indie  Švédsko 	<p>Jižní Korea 590 911 USA 302 483 – 480 000 Spojené království 14 198 Filipíny 7000 Kanada 6146 – 26 791 Turecko 5190 Nizozemí 3972 Austrálie 2282 Nový Zéland 1389 Thajsko 1294 Etiopie 1271 Řecko 1263 Francie 1119 Kolumbie 1068 Belgie 900 JAR 826 Lucembursko 44 Celkem 941 356 – 1 139 518</p>	<p> 118 515 zabito 264 591 zraněno 92 987 zajato (většina zajatců zahynula)</p> <p> 70 000 zabito 150 000 zraněno 80 000 zajato 3 000 000 mrtvých civilistů</p>
<p>Komunisté:</p> <ul style="list-style-type: none">  Severní Korea  ČLR  SSSR <p>Zdravotnická podpora:</p> <ul style="list-style-type: none">  ČSR  PLR  MLR  Rumunsko 	<p>Severní Korea 260 000 ČLR 2 300 000 SSSR 26 000 Celkem 2 586 000</p>	<p> 215 000 padlých, 303 000 raněných a 120 000 zajatých a nezvěstných</p> <p> Oficiálně 148 000 padlých, 380 000 raněných a 21 400 zajatých Podle odhadů USA Více než 400 000 padlých, 486 000 raněných a 21 000 zajatých</p> <p> 282 padlých</p>

Z dohody plynulo i zřízení orgánů majících dohlížet na její dodržování a řešit vzniklé problémy. Na dodržování dohody, odsun a výměnu vojáků i zbraní měla dohlížet dozorcí komise neutrálních států, do níž dvě země – Polsko a Československo navrhl Sever a dvě země – Švédsko a Švýcarsko navrhl Jih. Komise předkládala svá zjištění Vojenské komisi, ve které zasedali velitelé bojujících stran, tedy američtí, čínští a severokorejské generálové.

V době vrcholící Korejské války se velící americký generál McArthur dožadoval použití jaderných zbraní. Jeho zájem na použití jaderných zbraní byl tak velký, že se nakonec úřadující prezident Harry S. Truman rozhodl uvedeného vojenského velitele odvolat z funkce vrchního velitele amerických ozbrojených sil v Koreji.

Zločiny proti civilnímu obyvatelstvu

V červenci roku 1950 provedla jihokorejská vojenská policie hromadné popravy politických vězňů, které podezřívala ze sympatií ke komunistům. 3000–7000 politických vězňů bylo popraveno u města Tedžon a nejméně 1800 nedaleko Soulu. Celkem se odhaduje, že přibližně 100 000 politických vězňů bylo většinou bez soudu popraveno v polovině roku 1950.

Vojenská policie a pravicové paramilitární jednotky popravily tisíce levicových politických vězňů a rolníků v roce 1950. Američané o zločinech věděli, avšak neintervenovali. Generál MacArthur se snažil omezit masové zabíjení a předal informaci do Pentagonu a na americký konzulát v Jižní Koreji. Pentagon informace zatajil na více než půl století. Americký velvyslanec v Jižní Koreji John J. Muccio později napsal, že nutil jihokorejské úřady, aby popravy probíhaly humánně a dle zákona.



Foto 16. Jeden z vězňů těsně před popravou nedaleko města Tedžon v Jižní Koreji. [Zdroj: F-16]

Diplomat za USA, Gregory Henderson, se dostal po válce k záznamům, vypovídajících o hromadných masakrech více jak 100 000 proseverních politických vězňů. Síly vyslané do Koreje z USA používaly nějaký čas taktiku „*Nejdřív střílej, pak se ptej*“ proti každému civilnímu uprchlíkovi blížícímu se k americkým bojovým pozicím. Tato „*taktika*“ vedla 26. července 1950 k masakru ve vesnici No Gun Ri, kde americké síly povraždily dle odhadů až 400 civilistů v podezření, že se mezi nimi ukrývají partyzáni.

Poválečný vývoj

Vojenské akce byly roku 1953 ukončeny jen na základě smlouvy o příměří a mírová smlouva nebyla uzavřena dodnes, takže formálně jsou oba státy stále ve válečném stavu. Mezi Korejemi bylo vybudováno demilitarizované pásmo, které bylo obeháno ploty z ostnatého drátu. Kolem tohoto pásma drží neustálou hlídku vojska Severní i Jižní Koreje. Toto demilitarizované pásmo je často označováno jako nejlídanější hranice na světě.



Foto 17. Hranice v demilitarizovaném pásmu. [Zdroj: F-17]

Občas dochází k ozbrojeným incidentům – zejména na moři, protože smlouva o příměří definuje hranici mezi Korejemi v pobřežních vodách dosti nejasně. Dne 27. května 2009 Severní Korea oznámila, že se příměřím již necítí vázána a neručí za bezpečnost cizích lodí v Severní Koreou nárokované části Žlutého moře.

Mezinárodní pozornost vzbudilo potopení jihokorejské korvety 26. března 2010, které bylo podle mezinárodní vyšetřovací komise způsobeno severokorejským torpédem. Severní Korea podíl na potopení lodí popírá. Dalším zdrojem napětí je severokorejský vývoj jaderných zbraní. Všechny dohody o vzájemném neútočení byly Severní Koreou jednostranně vypovězeny dne 8. března 2013 poté, co RB OSN uvalila na Severní Koreu další sankce kvůli jejímu třetímu jadernému testu.

Společnost na Korejskou válku na dlouhá léta zapomněla. V 70. letech ji připomněl komediální, ale celkem realistický americký seriál *M*A*S*H*.

5.1.6.2 Karibská jaderná krize

Dne 10. října 1962 dostal americký prezident J. F. Kennedy na stůl satelitní snímky rozestavěných odpalovacích ramp v západní části Kuby. Hned nato už brázdily oblohu nad Ostrovem svobody výzvědné letouny U-2, které dodaly detailní snímky – viz Foto 18.

Dne 16. října 1962 měl Washington jistotu: Na Kubě je dvačtyřicet sovětských jaderných raket s doletem 1800 kilometrů a dalších čtyřadvacet raket s doletem 3500 kilometrů je na cestě. Kuba je vzdálena 144 kilometrů od americké pevniny. Zatímco rakete vystřelené ze Sovětského svazu by cesta k cíli trvala asi půl hodiny, rakete z Kuby by stačilo několik desítek vteřin. Americký výstražný systém navíc tuto karibskou oblast vůbec nepokrýval.

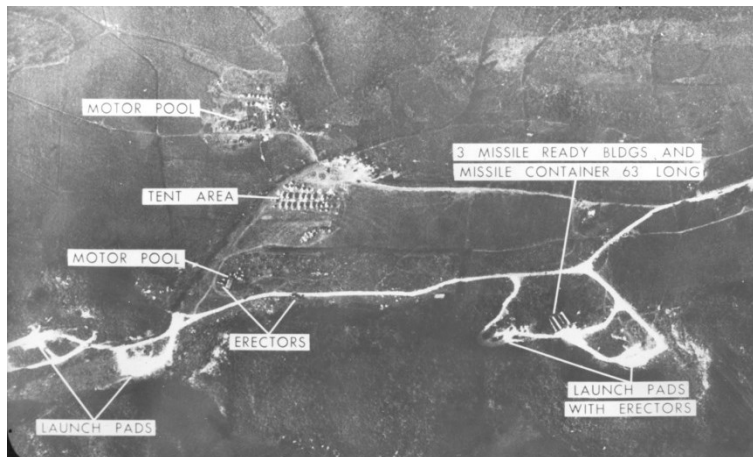


Foto 18. Fotografie raketové základny na Kubě. [Zdroj: F-18]

Odtajněné nahrávky porady z Bílého domu ukázaly, že Kennedy čelil od začátku silnému tlaku generality a některých politiků, aby odpověděl na raketovou hrozbu silou. I přes hrozbu totální jaderné války ministr zahraničí Dean Acheson navrhoval radikální řez masivním leteckým bombardováním, vojenskou invazí a následnou totální blokadou. Tehdy ještě měli Američané raketovou převahu 8:1, ale zaúřadovaly „holubice“ vamerické administrativě.



Foto 19. Kubánská krize – mapa. [Zdroj: F-19]

Ministr obrany McNamara a hlavně prezidentův bratr Robert Kennedy prohlašovali, že takové plány jsou „neamerické“. Plánovači USA museli vzít v úvahu odpověď SSSR, která by dozajista přišla. Mohl to být útok na základny USA v Evropě, nebo obsazení západního Berlína. Konfrontace by se mohla vymknout kontrole a třetí světová válka by se stala realitou.

Dne 24. října 1962 začala americká blokáda Kuby, jež měla zabránit pokračujícím sovětským dodávkám zbraní na Kubu. Jednalo se především o sovětské rakety s jadernými hlavicemi a to jak řízené střely krátkého doletu, schopných zasáhnout Washington D. C., tak i střely středního doletu s dosahem k Hudsonovu zálivu.

Americký prezident J. F. Kennedy oznámil světové veřejnosti, že USA mohou nyní dokázat přítomnost sovětských raket středního doletu a existenci odpalovacích ramp na Kubě.

Nastala úplná blokáda Kuby, schválena Organizací amerických států (OAS). Chruščov prohlásil, že se nedá zastrašit a sovětské lodě směřující na Kubu budou karanténu ignorovat.

V noci z 24. na 25. října stanul svět na pokraji jaderné apokalypsy. Poprvé v historii byl pro strategické letectvo vyhlášen stupeň připravenosti DEFCON 2 (defense readiness condition). Američané se postarali, aby se Sověti o tomto kroku dozvěděli. DEFCON 2 je stav, který nařizuje jednotkám přejít těsně pod maximální stupeň připravenosti. DEFCON 1 znamená válku.

V plné pohotovosti bylo 12 000 mužů námořní pěchoty USA, další síly byly připraveny na vojenských základnách. Do vzduchu vzlétlo 20% amerických strategických bombardérů B-52 s jadernými zbraněmi na palubě. Posádky 1100 bombardérů B-52, B-47 a B-58 spaly připraveny ve strojích. Raketová síla byla otevřena, hlavice aktivovány. Jaderné ponorky se přiblížily k nepřátelským břehům a byly připraveny k vystřelení raket. Námořní svazy, zahraniční základny, spojenecké síly, všichni měli nejvyšší stupně bojové pohotovosti. Armády spaly v botách. Po několika ostrých diplomatických notách došlo až za asistence generálního tajemníka OSN k uklidnění situace s tím, že Sověti slíbili stažení svých střel a raket s jadernými hlaviciemi zpět do Sovětského svazu. Přijde válka? Takovou otázku si kladl celý svět.



Foto 20. Záběry špionážního letadla.
[Zdroj: F-20]



Foto 21. Námořní blokáda Kuby.
[Zdroj: F-21]

Nepřipravovali se jen Američané se spojenci. Na východ od železné opony čekaly obrněné divize na rozkaz k útoku a vojáci u sovětských raket stáli s prstem na červeném tlačítku. Kennedy tehdy předpokládal okamžitou smrt šedesáti milionů Američanů a stejný počet Rusů. Chruščov viděl jaderný konflikt reálněji – čekal, že okamžitě zemře půl miliardy lidí a zbytek lidstva bude žít na zničené, kontaminované planetě. Sovětský vůdce nakonec ustoupil. Přece jen si nechtěl připsat na vrub zahájení apokalyptické války. Pět minut před půl jedenáctou přišla zpráva, že se sovětské lodě zastavily.

O dva dny později již obě strany vyvíjely horečnou diplomatickou aktivitu. Ze sovětské strany padl návrh dohody: „*Slibte, že nenapadnete Kubu, a my stáhneme rakety*“. Američané poslali po ministru zahraničí Deanu Ruskovi souhlas. Chruščov ale chtěl víc, aby doma na Ústředním výboru nevypadal jako zbabělec. Vyhandloval tajný dodatek, že USA stáhnou rakety z Turecka. Svět však vyhráno ještě neměl. V sobotu 27. října byla do Bílého domu doručena zpráva, že ztracený letoun U-2 byl sestřelen nad Kubou. Výbor náčelníků štábů (nejvyšší orgán americké armády) v tom viděl kremelský úskok před přímým útokem na USA. Generálové tedy navrhli okamžitý úder.

Uprostřed znovu eskalující krize svrhl americký torpédoborec USS Beale hlubinné nálože na sovětskou ponorku B-59 porušující blokádu. Američané však podle šéfa Národního bezpečnostního archivu Thomase Blantona „neměli ani tušení, že ponorka má na palubě jaderné zbraně“. Signalizační důstojník z ponorky B-59 Vladimir Orlov později řekl: „*Bylo to, jako kdybyste seděli v kovovém barelu, na který někdo mlátí palicí*“. Sovětská ponorka mohla vystřelit jadernou raketu a začít tak jaderné peklo na zemi. Námořníci se místo toho vynořili a udělali poslední dramatickou tečku za ruchem posledních dní. Kennedy odsouhlasil Sověty navrhovanou dohodu. Karibská raketová krize skončila a celý svět se znovu nadechl.



Foto 22. Sovětská ponorka B-59. [Zdroj: F-22]

5.1.6.3 Vietnamská jaderná krize

Vietnamská válka byla součástí jednoho z nejdelších konfliktů éry rozděleného světa. Boje na území dnešního Vietnamu, Laosu a Kambodži probíhaly od roku 1946 až do roku 1975 a vyžádaly si celkem 2,3 až 3,8 miliónu obětí. Konflikt měl několik fází. Samotná vietnamská válka probíhala v letech 1964 až 1973. O dva roky později padl Saigon a v roce 1976 byl Vietnam sjednocen pod nadvládou komunistického severu.



Foto 23. Napalm používaný francouzskou armádou v indočínské válce, 1953. [Zdroj: F-23]

Od roku 1946 až roku 1954 probíhala indočínská válka mezi Francií, která se snažila udržet koloniální nadvládu nad oblastí, a osvobozenecím hnutím. Po porážce Japonska se Francie snažila území své bývalé kolonie znovu získat, sever však už ovládal osvobozenecím Viet Minh vedený Ho Či Minem. V listopadu zaútočilo francouzské námořnictvo na Haiphong a v listopadu vyhnali Ho Či Mina z Hanoje. Viet Minh se stáhl do hor a při útocích francouzských jednotek v následujícím roce utrpěl ztráty. V roce 1947 Francie ustavila Viet-

namský stát s hlavním městem Saigonem. V jeho čele stál císař Bão Đai.

V roce 1949 přerostl konflikt v regulérní válku. Francii podporovaly Spojené státy, které jí dodávaly zbraně, Viet Minh pak lidová Čína, což umožnilo partyzánské jednotky proměnit v regulérní a generál Vo Nguyen Giap mohl zahájit ofenzívu od čínských hranic. Dobil Lai Khe u Tonkinského zálivu. Při další ofenzívě zahájené v září dobyl postupně Dong Khe, Cao Bang a Lang Son. Francie přišla o 4800 svých mužů.

V roce 1953 Giap změnil taktiku a místo přímých útoků na Francouze, které selhávaly, zahájil invazi do Laosu. Francie, která věděla, že v dlouhodobém konfliktu nemá šanci uspět, chtěla porazit Viet Minh v rozhodující bitvě na konci roku 1953. Ta skončila u Dien Bien Phu krutou porážkou Francie. Byly vyhlášeny nezávislé státy Laos a Kambodža a samotný Vietnam byl rozdělen na 17. rovnoběžce na severní komunistický a jižní prozápadní. Přesný počet obětí války není znám. Podle některých odhadů jich byl milión. Francie měla 75 581 padlých, Vietnamský stát přes 400 000 padlých, zraněných nebo zajatých. Viet Minh měl asi 300 000 mrtvých. Konflikt si také vyžádal asi 150 000 civilních obětí. V roce 1956, kdy se ze severu stáhli Číňané a z jihu odešli Francouzi, se měly podle ženevských dohod konat volby, které měly rozhodnout o sjednocení Vietnamu. USA a Jižní Vietnam, který se v roce 1955 stal republikou, ale smlouvu odmítl podepsat.



Foto 24. Jednotky francouzské cizinecké legie a tank M24 Chaffee. [Zdroj: F-24]

V roce 1956 jihovietnamský prezident Ngo Dinh Diem zahájil kampaň proti komunistům, kdy byly zabity tisíce oponentů a dalších asi 40 000 jich skončilo ve věznění. Vzrostla proto podpora partyzánů z Vietcongu. Mnoha obyvatelům jižního Vietnamu vadilo, že prezident Ngo Dinh Diem je katolík, protože většina obyvatel jsou buddhisté. Situace se eskalovala v roce 1959, kdy Ho-či-min změnil taktiku a rozhodl se podporovat ozbrojený boj na jihu země. Vietcong proto začal s většími operacemi. Tento rok se považuje za zahájení druhé indočínské války. V roce 1960 byla na jihu ustavena Národní fronta osvobození. Američané proto začali na jih posílat své vojáky, v roce 1963 jich tam bylo již 16 500.



Foto 25. USS Maddox (DD-731).
[Zdroj: F-25]

Ve válku přerostl mezi USA a Vietnamskou demokratickou republikou konflikt v roce 1964 po incidentech v Tonkinském zálivu. Torpédoborec Maddox, který byl na tajné misi u vietnamského pobřeží, ohlásil 2. srpna, že po něm vietnamské rychlé čluny vypálily torpédo a on odpověděl palbou. Přivolał leteckou pomoc a stroj z letadlové lodi USS Ticonderoga potopil jeden z člunů.

O dva dny poté USS Maddox oznámil, že byl v bouři opět napaden, ale nezasážen, a střílel po lodích, které viděl na radaru. Tvrdilo se, že dva čluny loď potopila, ovšem žádné trosky se nenašly. Pro Spojené státy tento druhý incident, který byl sporný, sloužil k zahájení odvetných náletů na severovietnamská města. Rezoluci

o jihovýchodní Asii, která útoky umožňovala, Kongres schválil 7. srpna 1964. Spojené státy bojovali na dvou frontách, bombardovali sever a také vedli protipartyzánskou válku na jihu, kde bylo v roce 1965 na 150 000 partyzánů. Konflikt eskaloval a rozrůstal se. Byla zahájena třífázová letecká ofenzíva proti Severnímu Vietnamu. Cílem operací Flaming Dart, Rolling Thunder a Arc Light bylo zabránit, aby Sever mohl podporovat partyzány na jihu.

Po útocích na americké základny na jihu bylo v březnu 1965 rozhodnuto vyslat na jih 3500 příslušníků námořní pěchoty, aby je chránila, protože jihovietnamská armáda to nezvládala. Tento krok se považuje za počátek pozemní války ve Vietnamu. Na konci roku bylo na jihu Vietnamu 200 000 amerických vojáků. Jihovietnamská armáda nebyla schopná čelit nejen partyzánským útokům, ale ani běžné taktice boje, což se ukázalo u Binh Gia a u Dong Xoai. Jižní Vietnam byl politicky zcela rozložený, k převratům docházelo každý rok, což partyzány posilovalo.



Foto 26. Letadlová loď USS Ticonderoga (CVS – 14) třídy Essex v roce 1972.
[Zdroj: F-26]

V roce 1966 Pentagon navrhl americkému prezidentu Lyndonu Baines Johnsonovi, že by se válka ve Vietnamu dala ukončit tím, kdyby se proti Vietnamu použily jaderné zbraně. Jaderný útok by prý „ušetřil životy“ amerických vojáků. L. B. Johnson poukázal na okno, za nímž demonstrovalo množství lidí, a řekl: „*Jak dlouho to bude trvat půl milionu rozhněvaných Američanů, než přelezou támhleto zeď u Bílého domu a prezidenta zlynčují?*“ President to neudělal.



Foto 27. Americké jednotky při pátrání po partyzánech. [Zdroj: F-27]

USA se podobně jako v Koreji pokusili získat podporu spojenců z paktu SEATO. Souhlasila Austrálie, Nový Zéland, Korejská republika, Thajsko a Filipíny, ale Velká Británie a Kanada odmítly. Strategie však selhala, v roce 1968 zahájily osvobozené síly překvapivou ofenzívu Tet, kdy bylo napadeno více jak sto měst včetně velitelství Westmoreland a velvyslanectví USA v Saigonu.

Při protiútoky se podařilo dobýt Hue, které ale bylo z 80 procent srovnáno se zemí. I když vojensky byla ofenzíva pro osvobozené síly pohromou, změnila veřejné mínění a Američané začali proti válce masově protestovat.

Kobercové bombardování si vyžádalo značné civilní oběti války a velké množství vážně zraněných lidí, popálených napalmem nebo otrávených defolianty zbavujícími stromy v džungli listů, aby se partyzáni neměli kde ukrývat.

Odpor proti válce zesílil po masakru v My-lai z března 1968, kde američtí vojáci brutálně znásilnili, umučili a vyvraždili kolem pětiset obyvatelů stejnojmenné vesnice. V roce 1970 znovu navrhl Pentagon tentokrát prezidentu Richardu Milhous Nixonovi, aby byl Vietnam zničen jadernými zbraněmi. Nyní víme z odtajněných dokumentů, že i R. M. Nixon se to bál udělat – také jen v důsledku obrovských protestů v amerických ulicích. Demonstranti se tehdy domnívali, že se jim nepodařilo ničeho dosáhnout. Svými protesty však zabránili ničivé jaderné válce.

Američtí politici proto přišli v roce 1972 s ideou vietnamizace války, kdy by proti sobě stáli jen severovietnamští a jihovietnamští vojáci. Jih však nikdy nebyl dost silný. To vedlo ke snížení americké účasti z 543 000 vojáků na 265 000. Nový prezident Richard Nixon také začal klást důraz na jednání. Nedosáhl však toho, aby Čína a SSSR přestaly podporovat Severní Vietnam a partyzány.



*Foto 28. Letadla USAF – postřik Agent Orange.
[Zdroj: F-28]*

Protože dodávky zásob procházely po Ho-či-minově stezce přes Kambodžu a Laos, zahájily USA na počátku 70. let letecké útoky na obě země. V Kambodži byl svržen princ Norodom Sihanuk a byla ustavena vojenská vláda Lon Nola. Idea vietnamizace však selhala, jakmile jihovietnamští vojáci narazili na odpor, utíkali, opouštěli svá vozidla a žádali o evakuaci za pomoci vrtulníků. To se ukázalo i při jihovietnamské velikonoční ofenzívě z roku 1972. Opět byli na hlavu poraženi a situaci zachránila až další letecká ofenzíva Linebacker. I tak ale pokračovalo americké stahování, už v roce 1971 poklesl počet amerických vojáků ve válce pod 200 000 a do jara jich bylo staženo dalších 45 000. Odešli i Australané a Novozélandané.



*Foto 29. Člun s plamenometnou věží „Zippo“
střílel komprimovaný napalm až na 200 yardů.
[Zdroj: F-29]*

Armády Vietnamské republiky dala přednost rabování před obranou hlavního města, pád Saigonu (dnes Ho Či Minovo Město) se obešel bez krveprolití a 2. 7. 1976 byla vyhlášena sjednocená Vietnamská socialistická republika.

Potvrdilo se varování odborníků upozorňujících, že vycouvání USA z doma i ve světě krajně nepopulárního konfliktu po podepsání Dohody o ukončení války a obnovení míru ve Vietnamu v lednu 1973 ponechá sice zkorumpovaný, ale proamerický a ostře antikomunistický režim Vietnamské republiky napospas komunistům. Že o nějakém dodržování příměří nemohlo být ani řeči, svědčí oficiální údaje Saigonu, podle nichž od jeho uzavření do 12. dubna 1975 činila bojová úmrtí (padlí a zemřelí na zranění utrpěná v boji) Vietcongu a Vietnamské lidové armády 136 971 osob.

Vietnamskou válkou prošlo 2 644 000 amerických, 372 853 jihokorejských, 47 424 australských a 3890 novozélandských vojáků. V amerických jednotkách sloužilo také přes 3000 (podle jiného odhadu dokonce 12 000) Kanadánů, z nichž 56 padlo (podle alternativního zdroje jich zemřelo 126). Kolosální ztráty přinutily VDR angažovat v konfliktu tři milióny vlastních vojáků, řadami Vietcongu jich prošel téměř milión, z toho 200 000 žen.

V průběhu vietnamské války, trvající pro USA oficiálně od 4. srpna 1964 do 27. ledna 1973 (už předtím zde však umírali američtí poradci), sloužilo v ozbrojených silách USA celkem 8 752 000 osob. Vyžádala si životy 58 193 amerických vojáků (38 209 v armádě, 14 838 ve sboru námořní pěchoty, pro nějž se stala po druhé světové válce dokonce druhou nejkrvavější, 2584 v letectvu, 2555 v námořnictvu a sedm u pobřežní strážě) a 303 695 utrpělo zranění (údaje pocházejí z roku 2004). Z toho bojová úmrtí činila 47 393 a nebojová 10 800. Dle počtu bojových úmrtí největší oběti ze všech států Unie přinesla Kalifornie – 4547. Pro Američany i pro Vietnamskou lidovou armádu a Vietcong se nejkrvavějšími staly roky 1968 a 1969. Bojová úmrtí USA zahrnovala mj. čtyři generálmajory, tři brigádní generály a 160 plukovníků.



Foto 30. Zničená příroda po postřiku pesticidy. [Zdroj: F-30]



Foto 31. Hořící domy u Trang Bangu v roce 1972. [Zdroj: F-31]

Podle saigonských a amerických zdrojů měly ozbrojené síly Vietnamské republiky 196 863 padlých a 502 383 raněných. Po připočtení nebojových úmrtí vzrostl tento počet na 220 357 a se zahrnutím ztrát utrpěných po podepsání Dohody o ukončení války a obnovení míru ve Vietnamu na 254 257 mrtvých a 783 602 raněné.

Po boku USA bojovali vojáci pěti zemí, jež Američané souhrnně nazývali „svobodný svět“. Austrálie tu ztratila 3372 osob, z toho 426 padlých, Filipíny devět (sedm padlých), Korejská republika 16 335 (5099), Nový Zéland 267 (55) a Thajsko 1709 (351), celkem tedy 21 692 (5938 padlých). To nejsou zanedbatelná čísla. Stanovit přesný počet obětí na straně Vietnamské demokratické republiky a Vietcongu je nemožné. Podle úředních amerických a jihovietnamských údajů dosáhla bojová úmrtí Vietnamské lidové armády a Vietcongu v letech 1961–1975 až 1 027 085 osob, což některé autority kritizovaly s tím, že je do tohoto čísla zahrnuto velké množství civilistů, a snižovaly počet bojových úmrtí na 731 000.

Teprve 3. dubna 1995, tedy dvacet let po skončení války, zveřejnila Vietnamská tisková agentura (VNA) s odvoláním na ministerstvo práce, sociálních věcí a pro válečné invalidy poprvé dosud přísně tajné cifry. Podle nich ztratily komunistické síly v 21 let trvajícím konfliktu, jenž vypukl v roce 1954 krátce po uzavření Ženevských dohod 1,1 miliónu vojáků (což kupodivu vcelku odpovídá americkému „počítání těl“ – body count, ve své době tolik odsuzovanému) a 600 000 raněných.



Foto 32. Civilní oběti vietnamské války. [Zdroj: F-32]

Na první pohled bije do očí, že počet mrtvých téměř dvojnásobně převyšuje počet raněných, přestože tomu bývá zpravidla naopak – desítky tisíc životů totiž skosily nemoci).



Foto 33. Bývalý voják Do Duc Diu se přes dvacet let snažil o potomka. Jedno po druhém děti umíraly a rodiče nevěděli proč. Až po narození patnáctého dítěte zjistili, že jde o pozůstatek chemické zbraně v těle otce. V rakvích jsou jejich všechny dosud zesnulé děti. [Zdroj: F-33]

V obou republikách Vietnamu zahynuly dva milióny civilistů a stejný počet utrpěl zranění. V důsledku rozprašování pesticidů se 50 000 dětí narodilo zdeformovaných. Dlouholetý ministr obrany VDR a poté VSR – armádní generál Vo Nguyen Giap, připouštěl až 330 000 nezvestných na straně Vietnamské lidové armády a Vietcongu. Jejich osudem se nikdo tak zevrubně jako pohřešovanými Američany nezabýval.

Od 11. července 1965 do 31. prosince 1974 se vietnamské války zúčastnilo 6359 generálů a důstojníků sovětských ozbrojených sil. Rozhodující měrou se podíleli na vybudování velmi silné protivzdušné obrany, zaškolovali vietnamské obsluhy

protiletadlových raketových kompletů a kanónů, cvičili stíhací piloty. Zahynulo patnáct důstojníků a jeden voják.

Se svou „troškou do mlýna“ přispěla rovněž Čínská lidová republika. Z 327 000 příslušníků Čínské lidové osvobozené armády zajišťujících logistickou podporu a protivzdušnou obranu VDR jich 1446 zahynulo a 4200 utrpělo zranění. Korejská lidově demokratická republika, jež nabídla VDR už roku 1966 vojenský kontingent jako reakci na účast zneprátelené Jižní Koreje v konfliktu, vyslala do Severního Vietnamu přes 200 pilotů, kteří bránili hlavní město Hanoj. Zahynulo jich 14.

Vietnamský konflikt, nazývaný také válkou vrtulníků, se pro USA stal po druhé světové válce druhým nejnákladnějším, pokud jde o ztráty letadel. Přišly o 2561 letounů a 2857 vrtulníků v boji a 1158 letounů a 2282 vrtulníků při nehodách, úhrnem o 8588 letadel. Podle jiného zdroje dokonce o 8612 (3270 letounů a 4892 vrtulníků). Pouze nad územím VDR přiznávaly ztrátu 1095 letounů a 11 vrtulníků (podle VDR jich však bylo 4498).

V letech 1966–1972 svrhla americká letadla v Indočíně 7 508 884 tun výbušnin, zatímco za druhé světové války na všech bojištích „jen“ 2 057 244 tun. Jakýsi americký generál vyhrožoval, že „Spojené státy vybombardují Severní Vietnam do doby kamenné“.

Americké pozemní síly vypálily do roku 1970 ve Vietnamu 5 759 933 tun výbušnin. Množství munice použité USA v letech 1965–1971 v Indočíně činilo 213 % munice použité Američany za druhé světové války na mnohem větším teritoriu. V letech 1965–1971 bylo ve Vietnamu použito 274 kg pum, nábojů a jiného střeliva v přepočtu na jednoho obyvatele. To je zhruba tolik, kolik představovala roční spotřeba oceli na jednoho obyvatele Finska, a pětadvacetinásobek spotřeby na jednoho obyvatele Vietnamu!

Masakr spáchaný americkými vojáky v My Lai, při němž zahynulo 567 lidí, děti zmračené po bombardování amerického letectva, náčelník jihovietnamské policie osobně popravující na saigonské ulici zadrženého člena Vietcongu, otřesné zacházení s vězni v jihovietnamských



Foto 34. Tři McDonnell Douglas F-4B Phantom II stíhací perutě VF-161 Chargers z letadlové lodi USS Midway (CVA-41) a tři LTV-7C Corsair II při útoku letky VA-86 Sidewinders z lodi USS America (CVA-66) březen 1973, Vietnam. [Zdroj: F-34]

„tygřích klecích“, sadistické výslechy válečných zajatců i civilistů – všechny tyto snímky obletěly svět a USA a jejich asijskému spojenci rozhodně nezískávaly sympatie.



Foto 35. Agent Orange zabíjí i 40 let po válce. Účinkům bylo vystaveno kolem pět milionů lidí, přes tři miliony z nich trpěly nebo trpí smrtelnými chorobami a postiženími. [Zdroj: F-35]

Během operace „Phoenix“, zaměřené na likvidování politických a vojenských kádrů Vietcongu, bylo za pět let povražděno 26 369 Vietnamců, z nichž mnozí byli v povstaleckém hnutí malé ryby. Udavačství dostávalo zelenou. Kromě zvěrstev páchaných Američany, a co hůř, jihovietnamskými vládními silami na vlastním lidu nezháleli ani jejich spojenci. Dne dvanáctého února 1968 pobila 2. brigáda jihokorejské námořní pěchoty ve vesnici Phong Nhi osmdesát civilistů.

Padesát tisíc mladých Američanů dalo přednost exilu před službou ve Vietnamu a 12 000 dezertovalo, což ovšem není nic ve srovnání s ozbrojenými silami Vietnamské republiky, z nichž jen v letech 1968 až 1971 dezertovalo 490 936 osob. Cílem Američanů, kteří se vyhýbali vojenské službě, se stala Kanada, kde jich našlo azyl třicet tisíc, a Švédsko s tisícem azylantů.

Že Vietcong a Vietnamská lidová armáda povraždily v letech 1957 – 1972 až 36 725 osob, často učitelů a starostů, kteří se provinili pouhou loajalitou k saigonské vládě, a dalších 58 499 unesly, se na naší straně železné opony zamlčovalo. Po osvobození Hue bylo nalezeno 2800 těl osob povražděných Vietcongem během ofenzívy „Tet“ v roce 1968. Z nich připadlo 1892 na administrativní personál, 38 na policisty a 790 na ostatní civilisty. Pátého prosince 1967 zničilo 600 vojáků Vietcongu se 60 plamenomety vesnici Dak Son, obývanou horaly spolupracujícími se saigonskou vládou, přičemž upálilo zaživa 252 osob.



Foto 36. Ženevská konference, na které se projednával osud Vietnamu.

[Zdroj: F-36]

Za prezidentování Billa Clintona, v roce 1995, Spojené státy a Vietnamská socialistická republika po letitém nepřátelství normalizovaly vzájemné vztahy a navázaly diplomatické styky. To však ještě neznamená definitivní tečku za neblahým konfliktem. K 1. červnu 2006 evidovali Američané stále ještě 1805 svých nezvěstných v Indočíně včetně 1376 ve Vietnamu. Po objasňování jejich osudů dále intenzivně pátrají.

Vietnamská válka byla katastrofou i pro Kambodžu, kde se proti vojenské juntě postavili partyzáni. Nakonec brutální Rudí Khmerové dobyli 16. dubna 1975 Phnompenh. Jejich krutovláda, kdy zaváděli maoistický zemědělský komunismus, si vyžádala až tři milióny obětí, než Pol Pot v roce 1979 svrhl Vietnam. Při Egyptsko-izraelské válce z října roku 1973 si tehdejší Sovětský svaz a USA vzájemně vyhrožovaly použitím jaderných zbraní (SSSR na straně Egypta, USA na straně Izraele).

5.1.7 Nosiče jaderných zbraní – strategické

V roce 1946 vytvořilo americké letectvo SAC (Strategic Air Command), tedy speciální velitelství odpovědné za nasazení strategických bombardérů, nesoucích zejména nukleární zbraně. Ani Sovětský svaz ovšem nezhálel – jen dva týdny poté bylo zřízeno Velitelství dálkového letectva KDA (Komandirovanije dalnej aviacii). Rusové dobře chápali velký význam bombardérů, které byly (tak jako v USA) vnímány coby hlavní prostředky dopravy atomových zbraní.

To však vydrželo jen krátce, jelikož základním nosičem jaderných hlavic se záhy staly mezikontinentální balistické rakety (v USA byly zařazeny pod SAC, v Sovětském svazu vytvořily speciální složku – RVSN, raketová vojska strategického nasazení).

Po zavedení prvních jaderných pum do výzbroje USA a SSSR, určených pro strategické letecké nosiče, byly vojenskými plánovači vzneseny požadavky na vývoj těchto prostředků pro použití u námořních, pozemních sil a prostředků protivzdušné obrany (PVO). U pozemních sil bylo záměrem použití prostředků hromadného ničení už od úrovně divizí, brigád a v některých případech dokonce i pluků. Vycházelo to z filosofie nasazování jaderných zbraní v té době, které mělo být shodné jako u konvenční munice, pouze s tím rozdílem, že se jedná o zbraně velmi vysoké účinnosti.

Pro naplnění tohoto zámyslu se hledaly vhodné systémy dopravy jaderných zbraní na cíl současně s vývojem takovým směrem, aby je u stávajících konvenčních prostředků bylo možno použít. Šlo o zmenšování jejich váhy a rozměru se zachováním či dokonce zvýšením účinků zbraně, později až její miniaturizace. Důraz byl kladen na to, aby byly odolné pro použití v polních podmínkách a bylo je možno dlouhodobě skladovat bez nutnosti časté obměny komponentů omezené životnosti.



Foto 38. Tupolev Tu-16 (v kódu NATO „Badger“) byl sovětský, resp. ruský dálkový bombardér. [Zdroj: F-38]

Vzhledem k tomu, že jak USA, tak i Sovětský svaz mohl zasáhnout bez potíží celé státní území protivníka, začalo se další horečné jaderné zbrojení stávat nesmyslným. Ačkoliv byly mezikontinentální balistické rakety zprvu jen stacionární a byly umístěny v odpalovacích silech (kde byly relativně snadno zranitelné), později se staly tyto významné bojové prostředky z jisté části mobilní a tím těžce zjištělné a obtížně zranitelné.

Bombardéry se přesunuly do podpůrné role a v hypotetické jaderné válce jim byl přisouzen úkol „čistit“ cíle, jež by nebyly zničeny prvním raketovým atomovým úderem.

Standardní výzbrojí bombardérů byly neřízené jaderné bomby, ke kterým se od 60. let přidaly řízené protizemní rakety (americká AGM-69 SRAM nebo sovětská Ch-22) a od 80. let křížující střely s plochou dráhou letu (americká AGM-86 ALCM nebo sovětská Ch-55).

Lze dodat, že v Sovětském svazu plnily dálkové bombardéry další specifický úkol – kromě letectva je totiž provozovalo také námořnictvo, kde sloužily jako nosiče velkých protilodních raket, které měly být „stříbrnou kulkou“, jež by překonala obranu amerických letadlových lodí.



Foto 37. US bombardér B-52 Stratofortress letí při operaci Pouštní bouře bombardovat Irák. [Zdroj: F-37]

Pro dopravu těchto zbraní na cíl byly vyvíjeny, případně modifikovány, dělostřelecké hlavňové a raketové prostředky. Současně se vedla diskuze o tom, zda pro taktické raketové prostředky používat jako podvozek pásová, či kolová vozidla, a jak zabezpečit dostatečnou mobilitu hlavňových dělostřeleckých prostředků mohutné ráže a zda je vyvíjet v samohybných verzích, či jako tažených prostředků. V neposlední řadě bylo třeba vyvinout prostředky přípravy, údržby a zabezpečení těchto jaderných zbraní, tak, aby je bylo možno používat v polních podmínkách.

Následně to byly v 60. letech minulého století mezikontinentální balistické rakety s jadernými hlavicemi.

Sověti svoje bombardéry (zejména Tu-16 a Tu-22) i exportovali, takže jakési „kvazi-strategické“ (byť s výjimkou Číny nenukleární) letectvo měla svého času i řada zemí třetího světa. Velké proudové bombardéry vyvinuly i další země, a to Anglie (typy Valiant, Victor a Vulcan) a Francie (Mirage IV), stejně jako u obou supervelmocí však platilo, že primárním prostředkem přepravy nukleárních hlavic jsou pozemní nebo ponorkové balistické rakety.

5.1.7.1 Nové uplatnění bombardérů

Letouny amerického SAC a sovětského KDA samozřejmě držely hotovost a prováděly dlouhé hlídkové lety s ostrou výzbrojí na palubě, aby mohly v případě propuknutí konfliktu okamžitě zaútočit na nepřítele, ovšem tento osudový rozkaz našťastí nikdy nepřišel. A pokud pomineme toto nasazení, pak sehrály těžké bombardéry jen omezenou úlohu. Patrně nejvýznamnější bylo použití amerických strojů B-52 ve Vietnamu, velice zajímavou epizodou byl v roce 1982 nálet britských Vulcanů na letiště na okupovaných Falklandách.



*Foto 40. Sovětsky bombardér Tu-22M.
[Zdroj: F-40]*

Sovětské bombardéry byly použity v Afghánistánu a do boje je vyslali také zahraniční vlastníci (např. operace iráckých Tu-22 proti Íránu). Mohlo se tak zdát, že strategické bombardéry jsou velice nákladnou a pouze omezeně využitelnou zbraní, jejíž potenciál v „novém světě“ po zhroutilí sovětského bloku bude ještě menší. Opak byl pravdou. Už velice brzy se ukázalo, že právě do tohoto nového světového uspořádání mohou bombardéry zapadnout více než dobře. To „brzy“ nastalo už v roce 1991, když mezinárodní koalice zasáhla proti irácké okupaci Kuvajtu.

V této operaci (tedy ve „válce v Zálivu“) se objevily i americké stroje B-52, které vypustily cca 40 % veškeré letecké výzbroje použité koalicí. Další operace proti Íráku přišly v roce 1998, kdy šly poprvé do boje nadzvukové bombardéry B-1B, a v roce 1999 při operaci NATO Allied Force proti Miloševićově Jugoslávii byly poprvé použity i supermoderní obtížně zjistitelné stroje B-2A. Všechny tři typy amerických bombardérů sehrály významnou roli v konfliktech po 11. září 2001 v Afghánistánu a Íráku.

Celkově bylo jasné, že proti nepříteli se slabou (resp. vyřazenou) protivzdušnou obranou je strategický bombardér velmi efektivní coby platforma pro dopravu množství přesně naváděných konvenčních zbraní. Zejména operace proti Jugoslávii znamenala oživení názoru, že letectvo je schopné „samo vyhrát válku“. Vzhledem ke specifičnosti onoho konfliktu i dalším faktorům je takové tvrzení stále velmi kontroverzní, skutečností však je, že americké strategické bombardéry si našly své místo a jasnou úlohu i v „novém světovém řádu“. Tuto změnu ostatně odráží i nová organizační struktura amerického letectva. Legendární SAC bylo v roce 1992 rozpuštěno a všechny jeho bojové letouny a balistické rakety byly přesunuty pod ACC (Air Combat Command).



Foto 39. US Bombardér Convair B-58 Hustler. [Zdroj: F-39]



*Foto 41. US Bombardér Boeing B-47 Stratojet.
[Zdroj: F-41]*

Rozsáhlé možnosti bombardérů v nové roli pak roku 2009 stály u zřízení nového velitelství AFGSC (Air Force Global Strike Command), které prakticky představuje přímého nástupce SAC a do jehož podřízenosti se přestěhovaly mezikontinentální rakety Minuteman III a bombardéry B-52H a B-2A.



*Foto 42. US Bombardér B-1B Lancer.
[Zdroj: F-42]*

Posláním AFGSC je zajišťovat nukleární odstrašování a provádět (i nejaderné) globální údery. Nadzvukové stroje B-1B však zůstaly ve strukturách ACC, protože byly fakticky „denuklearizovány“ a v podstatě se už nepočítá, že by jaderné zbraně nosily, jejich roli tak převzaly B-52H. Čistě technicky toho sice stále schopné jsou, ovšem posláním B-1B už je nyní výhradně konvenční. Pokud se podíváme na současný letecký potenciál AFGSC, vidíme, že nejpočetnějším typem je právě obstarožní Boeing B-52H Stratofortress. V aktivní

službě je zařazeno 85 strojů, dalších devět se nalézá v rezervě.

Navzdory svému věku je B-52 (přezdíváný BUFF, Big Ugly Fat F****r) stále velmi účinnou zbraní, a to především díky své obrovské nosnosti zbraní (cca 30 tun) a ohromnému doletu (přes 7000 km). Všechny jsou průběžně modernizovány, především v oboru elektroniky, ale dost se mluví také o výměně motorů, protože současné agregáty jsou už zkrátka neefektivní. Hypermoderní samokřídlo Northrop Grumman B-2A Spirit představuje zcela opačný pól spektra. Celkově bylo vyrobeno 21 kusů a ve službě by jich mělo být devatenáct. B-2A přepraví o něco méně zbraní („jen“ asi 23 tun), ovšem jeho základní výhodou je obtížná zjistitelnost, díky níž je i dnes pro protivzdušnou obranu naprosté většiny zemí jednoduše nezastavitelný. B-2A je unikátním letounem, který na rozdíl od B-52 a B-1B nemá mimo USA svůj protějšek.

Americké stroje B-52H, B-1B a B-2A se začaly používat spíše pro přepravu přesně naváděných konvenčních zbraní. Kromě USA ovšem rozsáhlé strategické bombardovací letectvo vybudoval také Sovětský svaz a většinu této síly zdědilo současné Rusko, které rovněž stálo před úkolem, jak s ním nejlépe naložit a využít.



*Foto 43. US bombardér B-2A Spirit.
[Zdroj: F-43]*

Pod ACC pak spadají letadla Boeing (dříve Rockwell) B-1B Lancer, jež mohou teoreticky přepravit více zbraní než kterýkoliv jiný letoun v dějinách (cca 60 tun) a ve výšce dosahují rychlosti Mach 1,25. Stejně jako B-52H se také B-2A a B-1B zdokonalují a rozšiřuje se i jejich arzenál. Zatím nejnovějším „přírůstkem“ je penetrační puma proti odolným podzemním objektům GBU-57/B MOP. Do budoucna se uvažuje, že B-52 budou hrát aktivní roli na poli tzv. cyber-space security, což byla ještě do nedávna pro tyto stroje jen složitě myslitelná role a představa.

Rusko, stejně jako USA, mají dnes k dispozici tři typy bombardérů, ačkoliv jejich struktura je zřetelně odlišná. Nejvíce je zastoupen Tupolev Tu-95MS (v kódu NATO Bear-H), který díky turbovrtulovým motorům vyhlíží ještě archaičtěji než B-52H, avšak podobně jako jeho americký protějšek se vyznačuje velkým bojovým potenciálem. Nejvýkonnějším ruským bombardérem je Tu-160 (v kódu NATO Blackjack), jenž ve výšce dosahuje rychlosti Mach 1,87 a dokáže bez tankování za letu urazit 15 000 km. Je větší obdobou amerického B-1B a je považován za největší bombardér na světě.

Ruské Velení dálkového letectva dnes provozuje přes 30 ks Tu-95MS (cca 60 je v záloze) a 16 ks Tu-160 (několik kusů je rozestavěno a počítá se s postupným zaváděním do výzbroje).

Posledním strojem je Tu-22M (kód NATO Backfire), jenž tvoří častý předmět debat, protože se nachází na spodní hranici kategorie strategických bombardérů a prakticky je tak i používán, ačkoli formálně se mezi ně neřadí. Rusko vlastní kolem 150 kusů Tu-22M různých verzí, v provozu je podstatně méně, kolem 40 strojů (nejnovější Tu-22M3). Je nepochybné, že na Rusko silně zapůsobily výsledky nasazení amerických bombardérů v 90. letech, resp. sám fakt, že tyto letouny našly vhodné uplatnění. Nejvíce je to patrné na probíhající modernizaci všech tří typů ruských bombardérů na provedení Tu-95MSM, Tu-160M a Tu-22M3M. Hlavní změnou má být zkvalitnění elektroniky a rozšíření výzbroje o naváděné konvenční protizemní zbraně.



Foto 44. Ruský bombardér Tupolev Tu-95 Bear. [Zdroj: F-44]



Foto 45. Ruský, dálkový strategický bombardér Tupolev Tu-160 „Blackjack“. [Zdroj: F-45]

Rusko také obnovilo hlídkové lety bombardérů s jadernými zbraněmi a užívají své letouny, i coby „ukázkou síly“, ve formě narušování vzdušného prostoru některých západních zemí. Při svých misích se mohli s ruskými stroji pravidelně setkávat i piloti českých stíhaček JAS-39 Gripen hlídkujících nad Pobaltím. Současné způsoby nasazení strategických bombardérů dokazují, že jde o kategorii techniky se skutečně rozsáhlým potenciálem. Právě víceúčelovost a flexibilita je vlastnost, kterou zastánci bombardérů argumentují nejčastěji, když

dojde na kritiku vysokých pořizovacích i provozních nákladů těchto strojů.

Kromě nukleárního odstrašování a dopravy množství konvenční munice se totiž nabízí pestrá škála rolí, vyplývající zejména z nosnosti, doletu a rychlosti bombardérů. Např. je možno je uzpůsobit pro průzkum, elektronický boj či umlčování protivzdušné obrany protivníka (Rusko dokonce vyvinulo pro tyto účely speciální verze letadla Tu-22M3). Také se čas od času vynořuje zajímavá idea vyzbrojit bombardéry protiletadlovými řízenými střelami – v USA se hovoří o možnosti, že by mohly nosit střely středního doletu AIM-120 AMRAAM.

Takové stroje by měly nejen lepší možnost vlastní obrany, ale mohly by i aktivně operovat jako jakési „létající odpalovací základny“ s větším množstvím střel vzduch-vzduch, pomocí kterých by se dala z bezpečné vzdálenosti eliminovat početní převaha nepřátelského letectva. Některé zdroje uvádí, že letoun B-1B na svých vnějších závěsech může nosit střely AMRAAM již nyní. Rychlost a nosnost bombardérů stály také u studií, dle kterých by mohly být ideálními platformami pro protiraketovou obranu (reálně už byl publikován koncept ze vzduchu odpalované úpravy střely Patriot PAC-3) či pro vypouštění protidružicových střel. Nabízí se též možnost odpalovat z nich malé nosné kosmické rakety – je známo, že pro Tu-160 byla vyvinuta nosná raketa Burlak schopná vynést na nízkou eliptickou dráhu zhruba tunový náklad.



Foto 46. Ruský, bombardér Tupolev Tu-22M3 „Backfire“. [Zdroj: F-46]

Obrovský výkon motorů bombardérů může sloužit též jako zdroj napájení elektrických generátorů, jež by následně zásobovaly energetické zbraně, tedy lasery, mikrovlnné zářiče či plasmové projektory. Konečně lze zmínit i alternativu „létající letadlové lodě“, neboli stroje vypouštějícího bezpilotní letouny s nejrůznějšími účely. Typ B-52 již byl v této úloze úspěšně provozován. Rozsáhlý potenciál bombardérů je proto i jedním z hlavních důvodů, proč jsou vyvíjeny nové typy této kategorie.

5.1.7.2 Projekty LRS-B a PAK DA

Kromě modernizace stávajících bombardérů a rozšiřování jejich arzenálu proto letectva USA i Ruska počítají i s novými letouny. Nejstarší letadla B-52H a Tu-95MS by měla dle aktuálních plánů opustit výzbroj až po roce 2030, avšak se již nyní začíná pracovat na kvalitativně nových typech strategických bombardérů. V USA již bylo zahájeno (a zase ukončeno) několik projektů letadel a v současnosti existuje program LRS (Long Range Strike). Musí se ale zdůraznit, že LRS bude „systém systémů“ pro útoky na delší vzdálenosti, v němž bude nový strategický bombardér (LRS-B) jen jedním z prvků, ačkoli patrně tím hlavním.



*Foto 47. Vize LRS-B podle Lockheed Martin.
[Zdroj: F-47]*

Konkrétních informací o tomto letounu je velice málo, vlastně se ani neví, zda bude mít na palubě lidskou osádku – svého času se pro tuto úlohu propagovaly stroje bezpilotní, ale dle posledních informací se zdá, že nový bombardér přece jen bude mít lidskou osádku (popř. s volitelnou možností operovat bez ní). Vzhledem k tomu, že se bude klást důraz i na cenovou efektivitu, bude LRS-B nejspíše strojem podzvukovým, protože nadzvuková rychlost by vyžadovala daleko dražší konstrukci. US Air Force by chtělo zařadit nový letoun do služby již

před rokem 2030, avšak vzhledem ke škrtům v rozpočtu Pentagonu není zdaleka jisté, zda se něco podobného může podařit.

Rusko pracuje na bombardéru s označením PAK DA (perspektivnyj aviacionnyj kompleks dalnej aviacii) od roku 2007. V létě 2012 bylo potvrzeno základní konstrukční uspořádání navržené kanceláří Tupolev a optimisté tvrdí, že prototyp by mohl létat již v roce 2020. Také o ruském stroji je známo dosti málo, byť o bezpilotním letounu nikdy nepadla ani zmínka. Podle několika prohlášení by mělo jít o stroj hypersonický (létající rychlostí nad Mach 3), ale to bylo zřejmě zavádějící.

Samotný bombardér bude dle všeho „jen“ nadzvukový a hypersonické rychlosti (až Mach 12) budou dosahovat jím nesené řízené střely. S touto vlastností budoucích leteckých střel pro bombardéry počítají i USA. Rusko se inspirovalo americkou adaptací, byť v jeho případě je transformace pomalejší. O to více však nasazuje své bombardéry jakožto symbolické prostředky ke sdělení: „*Jsme pořád / znovu tady, musíte s námi počítat*“.



Foto 48. Jedna z podob PAK DA, která se objevila na internetu. [Zdroj: F-48]

Jisté je, že strategické bombardéry nadále představují důležitou a účinnou zbraň, která pro letectva velmocí nabízí mimořádný potenciál. Můžeme tedy očekávat, že si svoji roli a účinnost zachovají i v budoucnosti.

5.1.7.3 Možnosti dalších velmocí v 21. století

Velká Británie leteckou složku své jaderné odstrašující síly úplně zrušila, zatímco francouzské letectvo sází na řízené střely stíhaček Mirage 2000 a Rafale. Jedinou další zemí s víceméně strategickými bombardéry ve službě tak zůstává Čínská lidová republika, jejíž letectvo a námořnictvo provozují přes 120 letounů Xian H-6, což jsou zdokonalené kopie sovětských Tu-16 (kód NATO Badger). Poslední verze jako H-6M a H-6K se od původního sovětského vzoru značně odlišují a fungují coby nosiče střel s plochou dráhou letu.



*Foto 49. Francouzský letoun Rafale.
[Zdroj: F-49]*

Obecně se však předpokládá, že Čína připravuje i nový typ strategického bombardéru. Dle některých zdrojů půjde o komplexní evoluci H-6, kdežto dle jiných má jít o zcela odlišnou konstrukci (údajně snad samokřídlo). Je také známo, že Čína se zabývala možností koupit od Ruska stroje Tu-22M3, k čemuž ale nedošlo. Podobný záměr má i Indie, v jejímž případě se nedá vyloučit, že k tomu ještě v budoucnosti dojde. Indie již provozuje námořní hlídkové letouny Tu-142M, což je odvozenina bombardéru Tu-95.

Není však známo, že by Indie projevovala jakoukoli snahu vyvíjet vlastní strategický bombardér, neboť spoléhá zejména na křížující střely nesené taktickými bojovými letadly. Eventuální čínský bombardér je patrně záležitostí časově hodně vzdálenou, takže hlavní roli budou nadále sehrávat US Air Force a ruské VVS.

V případě USA je zřejmé, že bombardovací letectvo plně zvládlo adaptaci na „nový svět“. Dva ze tří typů jsou stále významná nukleární odstrašující síla a všechny tři mohou sloužit jako účinné platformy k dopravě většího množství naváděných konvenčních zbraní a uplatnit se v nejširším spektru konfliktů.



*Foto 50. Čínský bombardér
Xian H-6. [Zdroj: F-50]*

5.1.8 Taktické prostředky USA a Ruska (Sovětského svazu)



*Foto 51. Dělostřelecká raketa MGR-1A
Honest John. [Zdroj: F-51]*

První americkou neřízenou taktickou dělostřeleckou raketou na tuhé pohonné hmoty (dále v textu TPH), zavedenou do výzbroje USA a později i NATO, byla raketa „HONEST JOHN“. Její vývoj probíhal už od válečných let a první zkoušky proběhly v roce 1951. K vlastnímu zavedení tohoto prostředku, došlo v roce 1953. V průběhu postupného zdokonalování rakety se délka střelby prodloužila z původních 27, až na 37 kilometrů. Od roku 1956 byla vyvíjena menší verze Little John, zavedená v roce 1961, s určením pro přepravu vzdušnými prostředky (W-45, Mod. 1, 2, 3 s tonáží od 0,5 do 15 Kt).

V SSSR koncem padesátých a počátkem šedesátých let bylo vyrobeno pouze několik desítek taktických raket (dále v textu TR) na tuhé pohonné hmoty typu MARS-3R1 (označení dle NATO – Frog-2) ráže 324 mm, a FILIN-3R2 (dle NATO – Frog-1) ráže 612 mm (v originálu 3P-1 «Марс» a 3P-2 «Филин»).

Rakety byly ve zkouškách od roku 1955 a to s nadkaliberní jadernou hlavicí o průměru 600 mm – váha 565 kg a 850 mm – váha 1200 kg, délka střelby 17,5 a 25,7 km, OZ 2P4, přepravník 2P3 na podvozku PT-76, se dvěma raketami a jeřábem). Teprve taktická raketa LUNA (dle NATO – Frog-3) a později LUNA-M (označení dle NATO – Frog-7) se staly masově vyráběnými *neřízenými taktickými raketami*.

Jako prostředek dopravy jaderné munice na cíl byl zaveden systém pohyblivých raketo-technických základen (PRTZ) „POLE“, který byl vyprojektován jako víceúčelový systém pro jaderný granát (dále v textu JG) ráže 406,4 mm, jadernou minu (dále v textu JM) ráže 420 mm a jadernou hlavici (dále v textu JH) k raketě „FILIN“ na podvozku vozidla ZIL. V roce 1959 došlo ke změnám zámyslu zavádění taktických raketových prostředků u pozemních vojsk SSSR, proto došlo i k vývoji kompletu PRTZ „STEP“ pro 2K6.



*Foto 52. FILIN – 3R2 (Frog-1).
[Zdroj: F-52]*

Komplety PRTZ „STEP“ byly použity i u taktických raket umístěných na Kubě (viz. „*kubánská krize*“). První americkou taktickou řízenou střelou (dále v textu TRS) byla raketa LACROSS – M4E2, přejmenovaná v roce 1963 na MGM-18A. Sériová výroba probíhala v letech 1957-1960. LACROSS nesl bojovou hlavici o váze 181 až 244 kg s délkou střelby od 8 do 34 km. Jaderná bojová část W-40 o síle 10Kt (1959 až 1962 vyrobeno 400 ks hlavíc). Představovala „hybrid“ mezi balistickými a křídlatými raketami.



*Foto 53. TRS MGM-52 LANCE (SS-21).
[Zdroj: F-53]*

Snaha OKB-52, sestrojít „ruský“ LACROSS jako komplet MALJUTKA, v orig. „Малютка“, se nezdařil. Částečně se podařilo najít odpověď na americké „MATADORY“ a „MACE“ v podobě křídlatých raket KS-7 a S-5 (FKR-1,2). Už v roce 1972 byla přijata do výzbroje TRS LANCE s dosahem 110 až 120 km a jadernou bojovou částí XM234.

Odpověď na LANCE přišla v roce 1971, kdy bylo zahájeno rozpracování první *taktické řízené střely* modifikace systému TOČKA, varianta „R“, která měla pasivní systém samonavádění na cíl –

„RLS“. Proti původní „Točce“ byla zaměněna pouze hlavová část rakety. Přesnost zásahu byla, u nepřetržitě „pracujících“ cílů, 45 metrů. Tato modifikace TOČKY byla zavedena do výzbroje v SSSR roku 1983.

V roce 1984, dochází k modernizaci systému TOČKA na „TOČKA-U“. Cílem bylo dále zvýšit dosah prostředku a přesnost zásahu cíle. Toho je dosaženo úpravou softwaru naváděcího systému, přičemž bylo využito zkušeností ze zavedeného PL systému-raketa „V-611“, kompletu M-11. TOČKA a TOČKA-R měly dosah 15 až 70 km. Podle typu bojové části nese raketa označení 9M79F/F-1 (třířtivá), 9M79K (kazetová), AA-60 (jaderná), atd. TOČKA-U měla dosah 20-120 km, s „CEP“ na maximální délku střelby, 200-300 m.



*Foto 54. TRS 9M79K TOČKA-U (SS-21 Scarab).
[Zdroj: F-54]*

Hlavová část byla jaderná (AA-60), tříštivo-trhavá (OF) 9N123F a 9N123F-1 (pasivní naváděcí systém), kazetová 9N123K (bombyčky typ 9N24) a další. Raketa je naváděna po celou dobu jejího letu. Systém byl přijat do výzbroje v roce 1989. Zajímavě byl řešen přepravník raket, do kterého bylo možno umístit 2 rakety s bojovou částí, nebo 4 kontejnery bojových hlavic. Triádu útočných jaderných prostředků ničení uzavírají jaderné ponorky s jadernými zbraněmi na palubě. Jejich vysoká pohyblivost a obtížná zjistitelnost a tím nízká zranitelnost dělá z těchto bojových prostředků skoro „absolutní zbraň“.



Foto 55. S611 Jaderná raketonosná ponorka S611 Le Redoutable.
[Zdroj: F-55]

Lze konstatovat, že od 60. let minulého století došlo mezi USA a tehdejším Sovětským svazem k jisté jaderné paritě v síle a kvalitě jaderných zbraní obou zemí. To platí především z celkového pohledu, protože zastoupení jednotlivých nosičů je u obou zemí (dnes Ruské federace, jako nástupce bývalého Sovětského svazu) značně rozdílné. Strategické jaderné síly Sovětského svazu disponovaly na sklonku bipolární éry 300 000 vojáky s více než 1 400 mezikontinentálními raketami a 300 nosiči jaderných zbraní rozmístěnými na 28 základnách. Po rozpadu Sovětského svazu a redukci z první poloviny 90. let se snížily početní stavy na 100 000 osob v roce 1996, z nichž polovinu tvořili vojáci základní vojenské služby.

Reorganizace ruských ozbrojených sil se týkala i této složky a v roce 1997 došlo k jejímu sloučení se silami určenými k operacím v kosmickém prostoru, což byl identický proces jako sloučení sil protivzdušné obrany se vzdušnými silami v následujícím roce. Plná autonomie, kterou strategické síly, tzv. Raketnyje vojska strategičeskogo naznačenyja, v rámci resortu obrany ztratily v první polovině 90. let, byla obnovena v roce 2015. V letech 2001 až 2003 došlo k nárůstu počtu umělých družic země (o 350 %), těch v současnosti operuje na orbitu planety asi stovka a jejich prioritou má být protiraketová obrana. Početní stavy strategických sil představuje 60 000 osob, s vysokým zastoupením profesionálů. Reforma ozbrojených sil pak předpokládala i rozsáhlou modernizaci výzbroje. Akvizice moderních prostředků je v posledních letech u tohoto druhu vojsk oproti ostatním výrazně nadprůměrná.

Zastaralé systémy typu SS-18, SS-20 a SS-22 byly do roku 2017 plně nahrazeny moderním systémem Topol-M (SS-27), jenž je zaveden do výzbroje a může být umístěn i na nukleárních ponorkách. V roce 2006 byl zaveden nový operačně taktický raketový systém Iskander-M. V roce 2012 mělo Rusko k dispozici, v souladu se smlouvou START 1 (platnost skončila v roce 2009) 1 700 až 2 200 jaderných hlavic, oproti 3 115 u pozemních odpalovacích systémů, 1 744 u námořních a 624 u letectva, oproti roku 2002.



Foto 56. RT-2UTTKh Topol-M.
[Zdroj: F-56]

Kromě systémů Topol-M a Iskander-M má schopnosti strategických sil zvýšit i nová generace umělých družic, včetně dnes vyvíjených komunikačních satelitů Meter, Dialog a Condor s životností 5 až 10 let, které budou vypouštěny na oběžnou dráhu z kosmodromů Bajkonur a Plesetsk. Protiraketovou obranu Ruska má posílit modernizace systémů včasné výstrahy na základnách Baranoviči (v Bělorusku) a Nurku (Tádžikistán). Operačních schopností dosáhl i systém protiraketové obrany na základně Sofrino v moskevské oblasti.

Tabulka 6. Raketové nosiče jaderných zbraní v zemích třetího světa. [Zdroj: T-6]

Stát	Nosič	Stát	Nosič
Argentina	CONDOR 1, 2 TABANO	Izrael	Jericho 1, 2
Brazílie	MB/EE-SS 300, 600; SS 1000; SONDA 4	Pákistán	HATF 1, 2
Egypt	SCUD-B; CONDOR 2	Sýrie	SCUD-B; SS-21; SCUD-C; M-9
Alžírsko	SCUD-B	Čína	M-1B; M-9, 11, 12; CSS-1, 2, 3, 4
Libye	SCUD-B; AL-FATAH; SCUD-C	Indie	AGNI; PRITHVI
JAR	RIHA 2, 3	KLDR	SCUD-B, C; NA DONGH
Irák	SCUD-B; AL-HESSEIN; AL-ABBAS	Jižní Korea	HYONMU; NHK-1
		Tchaj-wan	CHING FENG
Irán	SCUD-B, C	Vietnam	SCUD-B

5.1.8.1 Taktické raketové prostředky ČSSR / ČR

Po 2. světové válce chtěla být poválečná střední Evropa branou mezi východem a západem. Místo toho se stala nárazníkovou zónou obou mocností. V případě nukleární války by se tak i území Československa stalo jaderným bojištěm. K jadernému holocaustu chybělo velmi málo. První zmínky o plánech na umístění jaderných zbraní v Československu pocházejí z roku 1961, kdy byla na základě záměru Ministerstva národní obrany, reálně ovšem na základě dlouhodobého nátlaku ze strany Moskvy, dne 30. srpna 1961, přijata „Dohoda o zavedení kompletů operačně taktických raket do výzbroje Československé lidové armády (ČSLA)“.

V tom samém roce dochází k výstavbě prvních dvou těžkých dělostřeleckých brigád. Jednalo se o 311. a 321. těžkou dělostřeleckou brigádu. Výstavba třetí brigády byla zahájena v roce 1963, jednalo se o 331. těžkou dělostřeleckou brigádu (dále v textu tdb). Každá z brigád se jednou za tři roky účastnila bojových ostrých střelb mimo území republiky.



Foto 57. Sklad speciální munice letiště Boží Dar u Milovic. [Zdroj: F-57]



Foto 58. Sklad jaderné munice JAVOR 51 Míšov (Borovno). [Zdroj: F-58]

Na počátku 60. let tak tedy sice ČSLA měla nosiče, které byly schopny nést jaderný materiál, neměla však k dispozici jaderné hlavice. Ty by byly ČSLA předány z území SSSR ale až v okamžiku, kdy byl vyhlášen daný stupeň pohotovosti. Záhy se ukázalo, že by si jen pouhá doprava hlavice vyžádala až 22 hodin. To znamenalo, že by čs. front musel zahájit útok bez prostředků jaderného napadení. Moskva proto dlouhodobě naléhala na československou stranu a 15. prosince 1965 tak došlo s podpisem „Dohody mezi vládou SSSR a vládou ČSSR o opatřeních ke zvýšení bojové pohotovosti raketových vojsk“.

Předmětem dohody bylo vybudování tří speciálních skladů na československém území v rámci akcí nazvaných „Javor 50“, „Javor 51“, „Javor 52“. Sklady byly taktéž známé pod krycím jménem „Čáslav“. Díky těmto skladům se snížila doba dodání jaderných prostředků na požadované 3h. Sklady spadaly pod 12. Hlavní správu Ministerstva obrany SSSR (12. GUMO) a jejich obsluha byla zajištěna sovětskou posádkou, která nebyla podřízena střední skupině vojsk. V celém SSSR se nacházelo okolo 200 takovýchto speciálních objektů.

Pro vybudování depotů byly vybrány tři lokality: Bělá pod Bezdězem, vzdálená 10 kilometrů od Mladé Boleslavi, Míšov (Borovno) – 30 kilometrů od Plzně a Bílina, ležící 25 kilometrů od Ústí nad Labem. Výstavba depotů, která měla být ukončena do 31. 12. 1967, se oproti plánu zpozdila. První dva jaderné depoty tak československá strana předala sovětským speciálním jednotkám až v dubnu 1969, třetí objekt v Bílině až v prosinci 1969.

Čtvrtým objektem byl sklad speciální munice Na Vinici u Milovic – letiště Boží Dar. Zdejší sklady nejspíš nebyly určeny pro skladování jaderné munice, která by sloužila k likvidaci městských celků. Jednalo se pravděpodobně o méně účinné hlavice taktického charakteru, které byly určeny k ničení vojenských cílů o velikosti jednoho praporu. To může být jedno z vysvětlení rozdílu oproti skladům jaderné munice vystavěných v rámci akce Javor, které byly nejspíš určeny pro skladování účinnějších hlavice. Na druhou stranu ovšem nesmíme zapomenout, že sklady Javor byly vybudovány v druhé polovině šedesátých let. Šlo tedy o sklady typově starší a odpovídající svými parametry tehdejší úrovni vývoje jaderných zbraní a tehdejším válečným plánům.

I ve skladech Javor tedy bylo nejspíš původně počítáno se skladováním letecké jaderné munice a jejich využití se mohlo postupně, vzhledem k novým potřebám, změnit. Sklad Na Vinici patřil k novému typu skladů pro jadernou municí, které začali Sověti na území svých satelitů budovat v 80. letech.



Obrázek 9. Sklady jaderné munice v Evropě.
[Zdroj: O-9]

Tabulka 7. Modifikace a typy kompletů v ČSLA. [Zdroj: T-7]

Ruský název	Název v NATO	Raketa typ	Poznámka
Filin	Frog-1	3R2	nebyl zaveden
Mars	Frog-2	3R1	nebyl zaveden
2K6 Luna	Frog-3	3R9	zavedeno v ČSLA
2K6 Luna-2	Frog-5	3R10	zavedeno v ČSLA
9K52 Luna-M	Frog-7 (A, B)	3R11, 9M21, 9M52	zavedeno v ČSLA/AČR jako R-65, R-70
9K79 Točka (OTR-21)	SS-21 Scarab-A, B	9M79F, 9M79K, 9M79B	zavedeno v ČSLA/AČR jako R-65, R-70
			zavedeno v ČSLA/AČR jako R-65, R-70
9K79-1 Točka-U		9M79-1	zavedeno v ČSLA/AČR jako R-65, R-70
9K72 Elbrus	SS-1a SCUD-A	8K11(R-11M), 8A61 (R-11 Zemljia)	zavedeno v ČSLA/AČR jako R-170
	SS-1b SCUD-B	8K14 (R-17 Elbrus)	zavedeno v ČSLA/AČR jako R-300
9K714 OKA (OTR 23)	SS-23 SPIDER	9M714B (jaderná) 9M714K (kasetová)	zavedeno v ČSLA/AČR jako R-400

Raketový komplet 2K6 Luna (Luna-2) s raketami 3R9 (s vysoce explozivní hlavici), 3R10 (s jadernou hlavici) je určen k ničení živé síly, palebných prostředků, bojové techniky a prostředků jaderného napadení protivníka v taktické hloubce.

Verze 3R10 o délce 10 600 mm nese jednu ze dvou možných nadkaliberních jaderných hlavíc 2. generace 3N14 (případně 3N74) s bojovou jadernou částí 901A4 o síle 3, 10, 20 kT, s celkovou váhou hlavice 503 kg a průměru 540 mm.



Foto 59. Jaderná hlavice 3R10-3N14-901A4. [Zdroj: F-59]

Raketa je standardní neřízená raketa složená z hlavice a dvoukomorového motoru. Verze motoru rakety 3Z6, váha rakety 2155 kg, rozpětí ocasní části 1000 mm o délce 9000 mm – 3R9 s kaliberní hlavici 3N15.

Raketa je za letu stabilizována otáčením kolem podélné osy pomocí křídel stabilizátoru, které jsou vyoseny o 1° (stupeň) od osy rakety. Počáteční impuls otáčení je raketě udělen rotačním motorem (48 kg černého prachu) s tangenciálními tryskami. Motor je uložen v přechodovém kuželu. Raketový motor (dvoukomorový) se skládá jen z hlavního motoru 3Z6 s délkou hoření 4,3 sekundy. K iniciaci hlavice u 3R9 je použit pojistný a nárazový iniciační mechanismus – zapalovač hlavový a dnový. U hlavice 3R10 je použit radiolokační zapalovač s nastavitelnou výškou výbuchu.

Komplet 2K6 LUNA (LUNA-2) tvoří:

- mobilní velitelské stanoviště,
- odpalovací zařízení 2P16, podvozek PT 76,
- raketa 3R9, 3R10 (se stejným OZ 2P16),
- přepravník 2U 663,
- vozidlo Zil-157 a traverzou 2U659,
- autojeřáb T-138 AD,
- souprava technologických zařízení,
- meteorologický radiolokátor RVZ 1,
- elektrocentrály AD-10-T/230,
- topografický připojovač.



*Foto 60. 2K6 LUNA (Frog-3/5).
[Zdroj: F-60]*

Raketový komplet 9K52 Luna-M s raketami 9M21 je určen k ničení živé síly, palebných prostředků, bojové techniky a prostředků jaderného napadení protivníka v taktické hloubce. Modernizovaná verze 9K52 LUNA-M (Frog-7) byla do výzbroje zavedena v roce 1965. Komplet byl kromě SSSR zaveden do výzbroje dalších států Varšavské smlouvy, mimo jiné Bulharska, Polska, Československa (v roce 1966), Německé demokratické republiky, Maďarska, Jugoslávie.

Od 70. let byl Raketový komplet 9K52 Luna-M s raketami 9M21 vyvezen do Afghánistánu, Alžíru, Egyptu, Iráku, Kuvajtu, Severní Korey, Libye, Sýrie, Jemenu a Kuby.

Z výzbroje Armády ČR byl vyřazen v roce 1995.

Komponenty kompletu 9K52 LUNA-M (Frog-7) tvoří:



Foto 61. RK 9K52 Luna-M (Frog-7).

[Zdroj: F-61]

- mobilní velitelské stanoviště palebné baterie 9S445M je umístěno v automobilu GAZ-66 s nástavbou, obsahující počítač řízení palby 9V57M-1 nebo VM-3M1,
- meteorologický radiolokátor MALACHIT nebo RMS-1,
- odpalovací zařízení 9P113M na podvozku ZIL-135LM,
- přepravník 9T29 na podvozku ZIL-135LM,
- souprava 9V822 – technologické zařízení,
- raketa 9M21.

Raketa 9M21 je standardní neřízená raketa složená z hlavice a motoru. Verze rakety 9M21F může nést víceúčelovou submunici různého provedení. Verze 9M21B může být vybavena jednou ze tří typů taktických jaderných hlavic 3. generace AA-22, AA-38 a AA-52 o síle 3 až 200 kT.

Raketa je za letu stabilizována otáčením kolem podélné osy pomocí křídel stabilizátoru a na počátečním úseku dráhy působením rotačního motoru. Raketový motor se skládá z letového, startovacího a rotačního motoru. Při střelbě do 29 km se používají brzdící segmenty. K iniciaci hlavice je použit pojistný a iniciační mechanismus.

Hmotnost speciální nálože je 420 kg, detonační výška hlavice je 1200 až 1740 m. K přepravě se využívá kontejner 9Ja26. Vytápění bojových jaderných hlavic je zabezpečeno 3 ks topidel Sb39/119 (manuální či automatický režim) pro rakety s hlavicí 9M21B v rozsahu 15 až 35 °C, napájecí soustavou AB-1P/30 teplotního systému, kontrolním zařízením měření teploty hlavice PKTZ 1M s adaptérem 9W268 pro měření teploty prachových náplní a zařízením pro nastavení zapalovače pro 9M21F.

Typy raket: 9M21B – raketa s nukleární hlavicí, 9M21D – raketa s hlavicí pro psychologickou válku, s propagandistickými letáky, 9M21E – raketa s tříštivo-trhavou hlavicí, 9M21F – raketa s tříštivou hlavicí, 9M21TF – raketa s tříštivou bojovou hlavicí, 9M21G a 9M21Ch – rakety s chemickou hlavicí, 9M21K raketa s kazetovou hlavicí a 9M21U – raketa pro výcvikové účely.

Typy hlavic:

- 9N32 AA-22 – jaderná (ekvivalent TNT 10 kT; délka 2870 mm; ráž 884 mm; celková hmotnost 989 kg, z toho nálože 278,3 kg),
- 9N38 AA-38 – jaderná; skladování a přeprava v kontejneru 9Ja 224M ,
- 9N32M AA-52 – jaderná; skladování a přeprava v kontejneru 9Ja26M,
- 9N18 OF – tříštivo-trhavá (E školní výcviková),
- 9N18F – vysoce explozivní s usměrněným účinkem,
- 9N18G – chemická hlavice (216 kg látky VX),
- 9N18K – kazetová hlavice (42 ks submunice),
- 9N18A – agitační hlavice (propagandistické letáky).

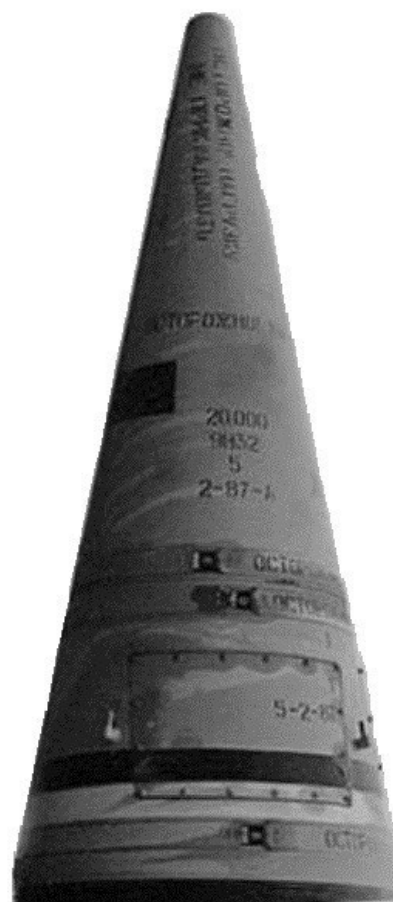


Foto 62. Jaderná hlavice 9N32 AA-22. [Zdroj: F-62]

Vývoj **taktického raketového kompletu 9K79 TOČKA** probíhal v 70. letech. První testy byly v roce 1976. Do výzbroje byl zařazen v roce 1981 jako náhrada za komplet LUNA. V průběhu modernizace vznikla v roce 1986 verze 9K79-1 Točka-U (Scarab-B) a v roce 1989 Scarab-C. Rozdíl mezi nimi je ve zvětšení doletu na 120 km u Scarab-B a 185 km u Scarab-C, čehož bylo dosaženo změnou složení tuhé pohonné hmoty motoru. Komplet byl *zaveden do výzbroje Běloruska, Československa, Německé demokratické republiky, Maďarska, Kazachstánu, Polska, Sýrie a Ukrajiny. Z výzbroje AČR byl vyřazen v roce 2000.*



Foto 63. Raketa 9M79 TOČKA na odpalovacím zařízení OZ 9P129.
[Zdroj: F-63]

Komplet 9K79 s raketami 9M79 o vysoké přesnosti zásahu je určen k ničení bojových sestav vojsk, bodových a malých plošných cílů v taktické hloubce tříštivotrhavými bojovými hlavicemi 9N123F se soustředěným účinkem, nebo tříštivými kazetovými bojovými hlavicemi 9N123K. U zvláště důležitých cílů raketami s jadernou bojovou hlavicí AA60 (odpalovací zařízení, jaderné dělostřelectvo, stacionární objekty protivzdušné obrany, letiště, opěrné body, spojovací uzly a místa velení) v taktické hloubce a to vše s vysokou efektivností.

Komponenty kompletu 9K79 TOČKA (SS-21) tvoří:

- odpalovací zařízení 9P129 na vozidle BAZ 5921,
- nabíjecí přepravník 9T218 na vozidle BAZ 5921,
- přepravník 9T222 (9T238),
- raketa 9M79B, 9M79B1, 9M79K, 9M79F,
- automatická kontrolně-prověřková stanice 9V818

(9V819/9V820) s generátorem ESB-12-VS/400-M1U1,

- vozidlo technického zabezpečení 9V84.

Raketa 9M79 má aerodynamický základ s proti sobě položenými plochami křídel stabilizátoru a kormidel. Jedná se o jednostupňovou raketu s motorem na tuhé pohonné hmoty. Řídicí systém je autonomní, inerciální, zabezpečující řízení rakety na aktivním úseku dráhy letu. Metoda řízení letu spočívá v programovém řízení letu rakety podle úhlu podélného sklonu a v řízení polohy vzhledem k těžišti (na koncovém úseku dráhy letu).

Řídicími prvky letu jsou čtyři aerodynamická a čtyři plynová kormidla s kormidlovými servomechanizmy. Plynová kormidla zabezpečují řízení na aktivním úseku dráhy letu, kde je efektivnost aerodynamických kormidel malá. Iniciaci bojové části s usměrněným účinkem zajišťuje pojistný a iniciační mechanismus (dva stupně jištění), který je spouštěn výkonným impulsem z bezkontaktního radiolokačního a laserového snímače nebo kontaktních snímačů.



Foto 64. Komplet OTR 8K11 na OZ 8U218 (SCUD-A). [Zdroj: F-64]

Jako první byl do naší armády zaveden „**Komplet operačně taktických raket OTR 8K11**“ na odpalovacím zařízení 8U218. V klasifikaci NATO byl veden jako *SS-1A, SCUD-A*. Podle dosahu byl označován jako R-170. Raketa mohla nést jadernou bojovou hlavici o síle 20 až 100 kilotun s maximálním dosahem 170 kilometrů, s jadernou hlavicí pak méně:

- délka střely byla přes 10,5 metru,
- průměr hlavice byl do 0,88 metru,
- startovací hmotnost 4 400 kg.



Foto 65. Komplet OTR 8K14 (SCUD-B).
[Zdroj: F-65]

Pásové odpalovací zařízení (dále v textu *OZ*) mělo upravený podvozek děla ISU-152K s rychlostí na zpevněných komunikacích 50 km/h a v terénu 25 km/h. Tento typ prošel jistou genezí a byl modifikován na typ 8K14, s dosahem už 270 kilometrů, na prodlouženém *OZ*. Obě varianty používaly pásový podvozek, druhá prodloužený z důvodu delší rakety. Celkem bylo v letech 1961 až 1963 dodáno 16 kompletů 8K11, zařazených do výzbroje armádní 311. a 321. těžké dělostřelecké brigády (dále v textu *tdb*). První jich obdržela 9, druhá 6 a zbývající 1 byl určen pro Výcvikové dělostřelecké středisko. V letech 1963 až 1965 obdržela čs.

armáda celkem 7 kompletů vylepšené verze. Ty byly zařazené k 331. *tdb* v počtu 6 kusů a 1 kus byl zařazen k Výcvikovému dělostřeleckému středisku. Obě uvedené rakety byly relativně citlivé na otřesy. Proto bylo rozhodnuto je modernizovat a umístit na kolové podvozky. Nová verze byla označena jako komplet operačně taktických raket s *OZ* 9P117. Na počátku sedmdesátých let byly armádní brigády přezbrojeny na kolovou verzi a to 311. *tdb* v roce 1971 a 321. *tdb* v roce 1972. Poslední 331. *tdb* byla přezbrojena až v roce 1982 – jeden oddíl a v roce 1985 druhý oddíl. Přezbrojení probíhalo nadále vylepšenou raketou 8K14 s dosahem 300 kilometrů a byla označena v kódu NATO *SCUD B*.

Základní údaje o střele 8K14:

- délka: 11 164 mm,
- průměr těla rakety: 880 mm,
- startovací hmotnost: 5 862 kg,
- minimální dosah: 50 km,
- maximální dosah: 300 km,
- maximální rychlost: 1 430 m/s,
- doba chodu raketového motoru: 70 s,
- přesnost: kruhová odchylka 610 m,
- jaderná hlavice – 9N33 se stavitelným účinkem 10, 20, 40 nebo 100 kilotun.

Zavedení **kompletu operačně taktických raket OTR 9K714 „OKA“**, v kódu NATO *SS-23 SPIDER* do výzbroje armád Varšavské smlouvy bylo z druhé strany tvrdě kritizováno jako porušení už uzavřených dohod. Jmenovitě smlouvy mezi USA a SSSR o raketách středního a kratšího doletu. Československý 311. těžký raketový oddíl byl uznán jako schopen bojového použití po vykonání ostrých bojových střelb v roce 1986 na Kapustin Jaru.

Jako jaderná raketa byla dodávána střela 9M714B. Jednalo se o velmi sofistikovaný systém s velmi rychlou střelou, vysokou přesností. Jeho zavedení vyvolalo v armádách NATO velké znepokojení.

Celkově ČSLA obdržela – 4 kusy *OZ*, modifikovaný automobil BAZ 6944, 4 kusy nabíjecího přepravníku, opět vozidlo BAZ 6944, 4 kusy přepravníku – tahač ZIL131, 18 kusů raketových nosičů a 18 kusů kazetových hlavíc.



Foto 66. Komplet OTR 9M714 OKA (SS-23 SPIDER). [Zdroj: F-66]

Základní údaje o střele 9M714B:

- délka: 7 516 mm,
- průměr těla rakety: 974 mm,
- startovací hmotnost: 4 400 kg,
- minimální dosah: 50 km,
- maximální dosah: 400 km,
- maximální rychlost: 4 Machy,
- doba chodu raketového motoru: 70 s,
- přesnost zásahu: kruhová odchylna 160 m,
- jaderná hlavice: 100 kilotun.

ČSLA disponovatěmito typy kompletů:

▪ 311. těžkádělostřelecká brigáda (311. tdb) měla v roce 1969 střely SCUD A ve třech oddílech po třech bateriích, s jedním OZ. V roce 1972 byla přezbrojena na kolovou verzi s tímž počtem OZ. V roce 1981 byla brigáda reorganizována na dvojkový systém, každý oddíl měl tři baterie po dvou OZ a tím celkový počet OZ u brigády stoupl na 18 kusů. V roce 1985 byl jeden oddíl přezbrojen na úplně nový typ zbraňového systému a to o raketový komplet druhé generace 9K714 „OKA“, v kódu NATO SS-23 SPIDER, označovaný někdy jako R-400. Byly dodány 4 kusy tohoto zbraňového kompletu. V roce 1988 brigáda disponovala 12 kusy OZ SCUD B a 4 kusy OZ SPIDER „OKA“.

▪ 321. těžká dělostřelecká brigáda (321. tdb) měla v roce 1969 střely SCUD A, ve dvou oddílech o třech bateriích, kde u každé baterie bylo 1 OZ. Celkově jich měla 6. V roce 1971 byla přezbrojena na kolovou verzi – na SCUD B. V roce 1981 proběhla reorganizace na dvojkový systém a tím počet OZ vzrostl na 8. V roce 1985 prošla další reorganizací, kdy měla 3 oddíly po třech bateriích, každou se dvěma OZ. Tím se počet OZ zvýšil na 12 kusů. Tento stav setrval až do roku 1988. Stále byla vyzbrojena střelami SCUD B.

▪ 331. těžká dělostřelecká brigáda (331. tdb) měla v roce 1969 střely SCUD B, v roce 1988 SCUD B ve dvou oddílech o třech bateriích, kde každá baterie měla 1 OZ. Celkově jich měla 6. V roce 1971 byla přezbrojena na kolovou verzi, tedy opět SCUD B. V roce 1981 proběhla reorganizace na dvojkový systém a tím počet OZ vzrostl na 8. V roce 1982 byla tato brigáda přezbrojena na kolovou verzi OZ.

K posouzení možné agresivity naší armády a její schopnosti zaútočit na své protivníky na druhé straně lze uvést následující:

V roce 1964, kdy jsme údajně měli na pokyn SSSR zaútočit na západní Evropu, naše vlastní jaderné síly se skládaly z:

- *21 systémů taktických raket, 21 systémů operačně taktických raket a žádného hlavněho prostředku.*

Protivník měl k dispozici:

- *43 samostatných útvarů a 10 divizních jednotek určených vést údery jadernými zbraněmi proti našemu státu. Tehdy to bylo celkově 282 hlavní a odpalovacích zařízení.*

5.1.9 Jaderná zima

Podle speciální odborné zprávy OSN, Světové zdravotnické organizace byl v roce 1987 (tedy ke konci Studené války), světový jaderný arzenál tak úděsný, že se odhadoval na hodnotu asi 15 000 megatun TNT. Ničivá síla těchto bomb byla taková, že kdyby z nich pouhé jedno procento bylo použito v útocích na městské oblasti, mohlo by být během několika hodin zabito více lidí než během celé druhé světové války.

Takové scénáře se považovaly v 80. letech minulého století za reálné a byly označovány jako „*totální jaderná válka*“, případně jako neomezená jaderná válka. K jejich přípravě se používalo modelování následků jaderné války na vybrané světové metropole, jako jsou Londýn, New York, Moskva, a další. Uvedená odborná zpráva má charakter výzkumné vědecké studie a na jejím sepsání se podílelo mnoho odborníků, specialistů a bezpečnostních analytiků z celého světa.

Kromě bezprostředních účinků tlakové vlny a tepelného záření by radioaktivní spad z jaderných výbuchů měl ničivý účinek jak krátkodobý, tak i dlouhodobý. Mnohé jednotlivé požáry způsobené žářem po mnoha jaderných výbuších by vyústily do velikých požárů, které by se značně rozšířily ve všech postižených velkoměstech a městech. V těchto podmínkách by nebylo možné přežít ani v kvalitních podzemních krytech.

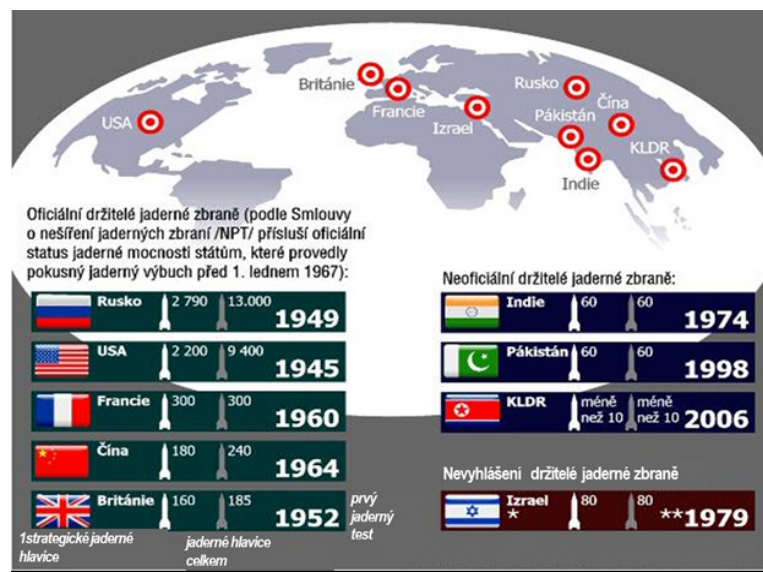
Obrovské množství kouře, sazí a jiných zplodin požárů ale i radioaktivních částic by v podstatě tak významně zastínilo slunce od zemského povrchu, že by došlo k dlouhodobému poklesu teploty vzduchu. Ke konci 80. let minulého století se tak odhadovalo pomocí modelování a počítačových vyhodnocení, že by došlo v podstatě k „*jaderné zimě*“ s katastrofickými důsledky pro člověka, ale také celkově pro ostatní faunu a floru na planetě Zemi, v podstatě v celém ekosystému Země.

Kklimatické změny účinkem totální jaderné války byly ke konci Studené války středem pozornosti především vědců. Jasně vyšlo najevo, že snížení teploty o několik stupňů by velmi vážně postihlo úrodu na obrovských částech zeměkoule. Odborný termín „*jaderná zima*“ se v 80. letech minulého století vžil a dostal se do slovníků jak odborníků, tak dokonce i politiků.

Podle vědeckých studií OSN se předpokládalo, že by v průběhu totální jaderné války došlo mimo jiné také k úplnému kolapsu zdravotnických služeb, obrovské množství lehce a těžce zraněných osob by nebyl schopen uspokojivě řešit žádný zdravotnický systém na světě. Po totální jaderné válce by se hlad a nemoci staly rozšířeným jevem a společenské, komunikační a ekonomické systémy by byly vážně rozrušeny, případně až nefunkční. Ničivé účinky totální jaderné války zahrnují kromě klasických ničivých faktorů jaderného výbuchu, také významné atmosférické změny, které negativně dopadají na zemědělství, průmysl a ekonomiku a to nejen ve valčících státech, ale i v těch, které by zůstaly stranou konfliktu.

Obtížné bylo také předvídat společenské dopady takové totální jaderné války. Přežívající obyvatelstvo by se asi rozpadalo do malých oddělených skupin, k čemuž by dopomohlo zničení či poškození spojů a dopravy.

Obrázek 10. Mapa znázorňující vývoj v držení jaderných zbraní.
[Zdroj: O-10]



Poznámka:

* – Izrael nikdy oficiálně nepřiznal, že má jaderné zbraně, ale tuto informaci také nedementoval.

** – V roce 1979 zachytil americký satelit v Indickém oceánu údajný jaderný výbuch, který je některými odborníky připisován Izraeli nebo JAR. Tyto země v minulosti spolupracovaly na vývoji jaderných zbraní.

Vzhledem k nedostatku zdrojů a nesmírnému zničení a zpusťování krajiny by takové skupinky zápasily o zajištění potravin a jiných zdrojů, v podstatě by bojovaly za pouhé přežití. Těžko by šlo předpovídat vztahy takových skupin mezi sebou, ale bylo by pravděpodobné, že jejich postoje a vyhlídky by byly obranné a konkurenční. V celosvětovém měřítku se pak kalkulovalo, že by se rozvinul neúprosný a krvavý boj o nedostatkové a nekontaminované zdroje. Zhroucení mezinárodních a národních vztahů by místo spolupráce nastolilo teror, násilí a boj o život.

Zdá se nám dnes, jakoby to byly úryvky nějakého vědecko-fantastického filmu, bohužel ještě před čtvrt stoletím stál svět svým rozdělením na Východ a Západ na pokraji jaderné vše-zničující apokalypsy. Studená válka byla doprovázena horečným jaderným zbrojením, které dostalo lidstvo na pokraj jaderné katastrofy.

Výzkum, vývoj, konstrukce a výroba jaderných zbraní představovala především u hlavních vlastníků, tedy Spojených států amerických a Sovětského svazu „vysoké náklady“, které bezpochyby značně blokovaly nejen v těchto jmenovaných zemích vědecký, technický, technologický a ekonomický potenciál věnovaný jaderným zbraním. Je možné si představit, že tyto všestranné zdroje a možnosti mohly být použity daleko účelněji k budování školských zařízení, nemocnic, kulturních zařízení a jiné humanitární infrastruktury moderní rozvinuté společnosti.

5.1.10 Munice s ochuzeným uranem

Důvodem pro použití ochuzeného uranu v munici obsahující ochuzený uran (depleted uranium, dále DU) je v konstrukci munice, kde je využíván jako kovový materiál a to jako kov s *vysokou měrnou hustotou*. Vysoká měrná hustota je výhodná pro funkční části těchto druhů munice, u kterých se požaduje *průrazný účinek v cíli* (u průbojných střel kinetickou energií jejich průbojné části, u kumulativních střel kinetickou energií kumulativního paprsku).

Další důvody použití DU v munici jsou technologické a ekonomické. Z hlediska technologie je DU kovový materiál, jehož potřebné „*muničně-užitné vlastnosti*“ je možné zabezpečit běžnými hutnickými a strojírenskými technologiemi a to zpravidlasúnosnými požadavky na *zajištění hygienické, radiační a požární bezpečnosti*. Ekonomické důvody spočívají ve skutečnosti, že základní „*surovinou*“ pro výrobu DU je v podstatě *průmyslový odpad*, který z důvodů určité radiační rizikovosti je nutné dále skladovat, což vyžaduje dlouhodobě vynakládat značné finanční prostředky. Proto je *zpracování těchto druhů jaderných odpadů na dále využitelný materiál* z ekonomických důvodů atraktivní a to pro každého vlastníka odpadu, který má technologické možnosti pro jeho přepracování.

Objevuje se však celá řada diskusí, týkajících se *možných zdravotních následků* z použití munice DU nejen americkými ozbrojenými silami v průběhu válek nejen na Balkáně, v Iráku a v Afghánistánu, ale také v celé další řadě ozbrojených konfliktů ve světě. Tuto diskusi inicioval italský premiér Giuliano Amato, který vyzval NATO, aby vysvětlila smrt již šesti italských vojáků, kteří sloužili na Balkáně, a poté zemřeli na rakovinu.

V hromadných sdělovacích prostředcích se objevuje celá řada značně rozdílných názorů, od seriózních vědeckých rozborů, srovnání použití této munice s účinky jaderných zbraní až po úplné zlehčování této problematiky. Jako tzv. „*balkánský syndrom*“ média označují řadu zatím zcela nevysvětlených onkologických onemocnění vojáků, kteří se zúčastnili spojeneckých misí SFOR v Bosně a KFOR v Kosovu, a tento „*balkánský syndrom*“ je dáván do spojitosti s použitím munice s DU. Munici s DU poprvé nasadilo NATO během války v Perském zálivu v roce 1991, kde americké letouny a tanky údajně vystřelily 860 000 kusů munice obsahujících 290 tun DU, britské tanky 100 kusů munice s jednou tunou DU. Taky i po této válce docházelo k neobjasněným nemocem a úmrtím, pro něž se vžil termín „*syndrom Pouštní horečkynebo syndrom války v Zálivu*“.



Obrázek 11. Místa v Kosovu a na jihu středního Srbska, kde byla v roce 1999 při bombardování použita letectvem NATO munice s ochuzeným uranem.
[Zdroj: O-11]

1 úmrtí, Itálie 8 úmrtí a 10 onemocnění, Německo, Dánsko, Řecko a Velká Británie každý po 1 onemocnění. **Česká republika** eviduje jedno a Slovenská republika dvě úmrtí veteránů, kteří sloužili v mírových misích na Balkáně, a po návratu zemřeli na rakovinu. Základní otázka – „zda a v jaké míře přispívá DU k vyvolání těchto onemocnění a úmrtí“ – není stále zodpovězena.

5.1.10.1 Vlastnosti uranu a ochuzeného uranu

Uran (U) je chemický prvek s hmotnostním číslem 92. Je to šedivě-stříbrný kov vyskytující se v zemské kůře v množství až 4 g v 1 tuně zeminy (svrchní 30 centimetrová vrstva zeminy obsahuje asi 1 500 kg uranu na 1 km²). Je hojnější, než např. takové prvky, jako jsou rtuť, stříbro nebo zlato. Přírodní uran sestává ze tří izotopů: 92,2836 % ²³⁸U, 0,711 % ²³⁵U a 0,0054 % ²³⁴U. Izotopy jsou chemicky sotva odlišitelné atomy stejného prvku, mající v jádře atomu stejný počet protonů. Liší se počtem neutronů a v souladu s tím hmotností a jadernými vlastnostmi.

Uran má vysokou hustotu (19,07 g/cm³), mírně nižší než wolfram (19,3 g/cm³) a výrazně vyšší než olovo (11,35 g/cm³). Je dostatečně tažný a kujný, dá se dobře mechanicky opracovávat a s dalšími kovy tvoří slitiny. Kovový uran je chemicky velmi reaktivní, na vzduchu podléhá zvolna oxidaci, v jemném práškovém stavu bývá až samozápalný. Všechny izotopy uranu jsou radioaktivní. Uran díky svému izotopu ²³⁵U je ve formě obohaceného uranu používán v civilní i vojenské oblasti. Pro většinu aplikací v jaderné technologii není poměrně malý podíl 0,711 % ²³⁵U v přírodním uranu dostatečný a musí být zvýšen. Proces se nazývá obohacování uranu, při kterém jsou atomy přírodního uranu separovány do směsi obsahující více ²³⁵U (obohacená směs) a do jiné směsi obsahující méně než 0,711 % ²³⁵U (ochuzená směs nebo *ochuzený uran*). Výsledný DU obsahuje asi 0,2 až 0,3 % ²³⁵U.

Civilní využití DU spočívá v jeho vysoké specifické hmotnosti, nízké ceně a znamenitých stínících vlastnostech pro gama záření.

V době války v Bosně a Hercegovině (1994 až 1995) použila americká vojska 10 800 kusů munice s DU a v průběhu spojeneckého bombardování jugoslávských vojsk v Kosovu (1999) více než 31 tisíc kusů munice obsahující přibližně 10 tun DU. Zbraňové systémy obsahující DU vyvíjí a vyrábí USA, Ruská federace a některé následnické státy bývalého SSSR, Velká Británie, Turecko, Saúdská Arábie, Pákistán, Izrael a Francie. Podle některých informací USA a Francie dodávaly náboje se střelami s DU pro tankové ka-nóny ráže 105 a 120 mm i do jiných zemí.

Řada bývalých vojáků mírových sil na Balkáně už zemřela nebo onemocněla na rakovinu. Počty postižených uváděné v různých zdrojích se liší. Portugalsko hlásilo jedno úmrtí a 3 onemocnění, Španělsko 2 úmrtí a 7 onemocnění, Francie 5 onemocnění, Belgie 5 úmrtí a 4 onemocnění, Nizozemsko 4 úmrtí, Švýcarsko

Proto se používá tam, kde je požadována maximální hmota v omezeném objemu, např. do stabilizátorů v letadlech a lodích, ve výzkumu vesmíru k zatížení satelitů, v těžebním průmyslu k výrobě vrtných zařízení při těžbě ropy, ve stínících kontejnerech pro tyče vyhořelého paliva z jaderných elektráren a na výrobu štítů ochraňujících před radioaktivním zářením ve zdravotnictví.



Obrázek 12. 30 mm x 173 GBU-8 nejúčinnější munice používaná v operaci Desert Storm (1991) proti všem cílům, včetně tanků, obrněných a lehkých vozidel. 30 mm munice byla vyvinuta pro optimalizaci misi vzduch-země na vrtulnicích US Army AH-64 Apache. [Zdroj: O-12]

Ve vojenské oblasti je DU použit v pancířích a protipancéřové munici. Legováním s 2 % molybdenem nebo 0,75 % titanu a po speciální termické úpravě dosahuje DU tvrdosti tvrzené nástrojové oceli. V kombinaci se svou vysokou hustotou je to materiál velmi vhodný pro konstrukci munice, neboť střely z něj vyrobené mohou být menší, dosahují větší rychlosti, mají delší dostřel a snadno pronikají pancéřovanými stěnami pouze kinetickou energií, bez jakékoliv trhavé nálože. Uran má dále výbornou mechanickou soudržnost, která se udržuje i za vysoké teploty a tlaku při nárazu střely na cíl a při průniku jeho povrchem.



Foto 67. Pásky Mark 149 Mod 2 s 20mm municí z ochuzeného uranu na bitevní lodi USS Missouri. [Zdroj: F-67]

Byla zjištěna dokonce i tzv. „samoostřící“ schopnost, tj. že tělesa tvořená uranem se za těchto extrémních stavových podmínek samovolně formují do optimálního tvaru, zajišťujícího průnik překážkou s co nejmenší energetickou ztrátou. Tato vlastnost vyniká při porovnání s wolframem, dalším obdobně využitelným konstrukčním materiálem. Všechny tři izotopy uranu emitují alfa částice. Množství alfa aktivity přírodního uranu je asi $25\,000\text{ Bq}\cdot\text{g}^{-1}$, u DU asi $15\,000\text{ Bq}\cdot\text{g}^{-1}$. Aktivita alfa záření DU je tedy asi o 40 % nižší než aktivita přírodního uranu. Nově vytvořená jádra, vznikající alfa rozpadem uranu (tzv. dceřiné produkty), nejsou stabilní, ale dále se rozpadají, většinou emitováním částic beta. Aktivita dceřiných produktů musí být připočtena k aktivitě uranu. Beta záření dceřiných produktů přírodního uranu a DU mají stejnou intenzitu rovnající se asi $25\,000\text{ Bq}\cdot\text{g}^{-1}$. DU má společně se svými dceřinými produkty aktivitu asi $40\,000\text{ Bq}\cdot\text{g}^{-1}$. To znamená, že v 1 gramu materiálu proběhne za jednu sekundu asi 40 tisíc rozpadů. Pouze

kolem 100 těchto rozpadů je doprovázeno energetickým zářením gama.

5.1.10.2 Působení ochuzeného uranu na člověka

Nebezpečnost DU spočívá v jeho chemické toxicitě, podobně jako jiné těžké kovy (např. olovo a rtuť, a v jeho radioaktivitě (všechny izotopy uranu jsou radioaktivní, tj. emitují ionizující záření). Je však třeba zdůraznit, že uran je méně toxický než kadmium, olovo a rtuť a z hlediska radioaktivity je DU o 40 % méně radioaktivní než přírodní uran. Mimo tělo působí DU pouze prostřednictvím ozáření.

Existují různé cesty, kterými se DU může dostat do organismu člověka – *plicemi (inhalační)*, vodou a potravou *trávicím ústrojím (ingescí)* nebo při *kontaminaci otevřených ran* fragmenty munice obsahující DU. Ve všech těchto případech bude působit na tělo zevnitř (interně) a v úvahu musí být společně brány jeho chemické i radiologické účinky.

Při normálním průmyslovém zpracování DU jakož i při nehodách hrají rozhodující úlohu tvorba a emise jemných prachových částic (aerosolu) DU. Při požárech, např. ve skladech munice s DU, *uran hoří za vzniku velice omezeně rozpustných oxidů uranu*. Ty kontaminují místo požáru a částečně jsou také zaneseny do vzduchu ve formě jemného aerosolu. Při pronikání střely s DU pancířem mohou být členové osádky zraněni létajícími fragmenty DU.

Škodlivý účinek ionizujícího záření je hlavně výsledek absorpce energie tělesnými tkáněmi, tzv. dávky záření. Při vnějším působení se vliv DU projevuje výhradně emitovaným zářením gama a beta, protože záření alfa je absorbováno vrchními vrstvami kůže a proto nepůsobí na tělesné tkáně.

Dávka vnějšího ozáření obdržená v blízkosti DU je velice nízká. Jeden kg DU ve vzdálenosti 1 m vyvolá dávku nižší než 1 mSv za rok. Ve srovnání, průměrná roční dávka, kterou člověk obdrží za rok od přírodních zdrojů, je asi 3 mSv. Podle amerických pramenů v případě, že je DU přímo přiložen k nechráněné kůži, je výsledkem místní dermální dávka kolem 2 mSv za hodinu. Významná dermální dávka by byla dosažena v případě přímého kontaktu DU s nechráněnou částí kůže po dobu několika dní, což je ale případ velice nepravděpodobný.

Ve formě jemného aerosolu, který se např. vytváří v uranovém průmyslu při dolování uranové rudy, po nárazu střel obsahujících DU na pancíř nebo při hoření uranu, může DU vstoupit do plic inhalací. Rozhodujícím faktorem je *rozpustnost inhalovaného DU v tělních tekutinách*. Americké výzkumy ukázaly, že po dopadu střel s DU na tvrdý pancíř je ve snadno rozpustné formě nalezeno kolem 17 % vytvářeného aerosolu DU. Jestliže je uran v chemicky rozpustné formě, je jeho hlavní část během několika dnů vyloučena ledvinami. V důsledku své toxicity může uran vyvolat poškození funkce ledvin nebo jejich selhání.



Foto 68. Radiační popáleniny – následek radiační nehody v jaderné elektrárně Černobyl.

[Zdroj: F-68]

Pro *případ dočasného poškození ledvin* je limitní hodnota jednorázová inhalace 8 mg uranu v rozpustné formě. Dávka 40 mg uranu v rozpustné formě vede k permanentnímu poškození ledvin. Jestliže se uran nachází ve slabě rozpustné formě, může zůstat v plicích po dlouhou dobu (i několik let). V tomto případě nejsou ledviny téměř zasaženy, protože uvolněné množství uranu je velice malé. *Radioaktivita DU však zasahuje plíce*. ICRP (International Commission on Radiological Protection) kalkuluje po inhalaci slabě rozpustného ^{238}U velikost dávky $0,1 \text{ mSv} \cdot \text{mg}^{-1}$. Proto, s výjimkou extrémně vysokých koncentrací uranu, se akutní radiační poškození organismu touto cestou nepředpokládá.

Pouze kolem 2 až 5% DU ve snadno rozpustné formě se vstřebává do krve střešní sliznicí podobně jako jiné těžké kovy a z krve je dále vylučován ledvinami. Limitní hodnota pro reverzibilní poškození ledvin po jednorázové expozici je srovnatelná s množstvím DU, obdrženým inhalační cestou. Uran ve formě oxidů uranu, které jsou v tělesných tekutinách slabě rozpustné, není prakticky vstřebáván zaživačím ústrojím a proto dokonce i v gramových množstvích nemá chemický toxický účinek. Když se DU dostane přímo do těla otevřenými ranami, závisí toxikologický účinek rovněž na jeho rozpustnosti. Rozpustný uran se eliminuje ledvinami a může je, v případě překročení limitní dávky, poškodit.

Nerozpustný DU zůstává po dlouhou dobu v tkáních, vyvolává relativně vysokou, lokálně omezenou dávku záření, vedoucí po delší době ke slabému zvýšení nebezpečí rakoviny. V USA žije asi 30 veteránů války z Perského zálivu, obětí tzv. „*incidentů spojenecké střelby*“ (tj. byli omylem zasaženi vlastními jednotkami), kteří žijí s fragmenty DU ve svém těle.

Zdravotnická vyšetření skupiny asi 100 vojáků, exponovaných aerosolem DU ve vlastních tancích z „*incidentů spojenecké střelby*“ v průběhu války v Perském zálivu, neobjevila dosud jakékoliv poškození zdraví, které by mohlo být přisuzováno DU. Poněkud méně určité jsou dlouhodobé prognózy nepříznivých zdravotních účinků pro ty, kteří byli zraněni fragmenty DU. Dodnes v celé této skupině přibližně 30 osob *neexistuje důkaz negativních účinků*.



Foto 69. Genetické poruchy plodu – následek radiační nehody v jaderné elektrárně Černobyl 26. dubna 1986. [Zdroj: F-69]

Další a mnohem větší skupiny veteránů ze Zálivu pobývaly v blízkosti zničených tanků a vybuchlé munice nebo později vstoupily do takových míst. V těchto případech mohou být udělané pouze přibližné odhady, protože žádné naměřené údaje o emisi DU nebo kalkulace velikosti dávky nebyly dosud publikovány.

Zdravotní problémy, které byly později pozorovány u mnoha veteránů války v Perském zálivu, nebyly vysvětlovány expozicí DU a jsou přisuzovány kombinaci všech rizikových faktorů (stres, hořící ropná pole, chemické látky a těžké kovy na bojišti, nevhodná vakcinace). Informace o výskytu kontaminace DU v průběhu a po ukončení bojů nejsou k dispozici pro oblast Perského zálivu ani pro Balkán.

V okolí místa nárazu munice obsahující DU není vyloučeno, že jednotlivci nevarovaní před možností kontaminace (tj. děti hrající si s kusy munice nebo troskami tanků) a kteří zde pobývali po dosti dlouhou dobu, by mohli akumulovat dávku záření nebo přijmout množství DU, přesahující *mezinárodně uznané limity*. Ale pravděpodobnost, že tato množství a dávky by byly tak vysoké, že by vedly k akutním nemocem, je nepatrná. Zvláště cesta požitím je méně nebezpečná, protože uran je slabě přenášen do biologického cyklu „*půda → rostliny → zvířata → lidé*“. Poškození genetického materiálu zvýšením abnormalit novorozenců není od velmi malých dávek DU předpokládán. *Problém použití munice s DU* pravděpodobně spočívá hlavně ve skutečnosti, že po ukončení bojů ve více kontaminovaných místech *překračuje zbytková místní kontaminace životního prostředí uranem a jeho radiací mezinárodní doporučené standardy*.



Foto 70. Radiační popáleniny dívky po jaderném výbuchu v Hirošimě 6. 8. 1945. [Zdroj: F-70]

5.1.11 Zákazy jaderných zbraní

Zatímco jiné zbraně hromadného ničení jako chemické, bakteriologické (biologické) a toxické zbraně jsou zakázány mezinárodními konvencemi (včetně úplného zničení zásob těchto zbraní a zařízení pro jejich výrobu), v případě jaderných zbraní se to nepodařilo dojednat, ač jsou jaderné zbraně nejničivější zbraně současného složitého a rozporuplného světa. Jejich vývoj ani použití není zakázáno. Jako první byla přijata „*Mezinárodní smlouva omezující šíření jaderných zbraní – The Treaty of Non-Proliferation of Nuclear Weapons (NPT)*“, která navazuje na systém kontrol mírových jaderných zařízení pod dozorem Mezinárodní agentury pro jadernou energii (IAEA).

Od roku 1968 až doposud ji podepsalo 189 zemí, z nichž pět oficiálně vlastní jaderné zbraně (USA, Francie, Velká Británie, Rusko a Čína). Pouze státy Indie, Pákistán a Izrael listinu nepodepsaly a KLRD v roce 2003 od smlouvy odstoupila. V platnost vstoupila 5. března 1970. I když se pojem 3 pilířů přímo ve smlouvě nikde neobjevuje, často se pomocí nich smlouva vykládá. Jsou jimi *nešíření jaderných zbraní, odzbrojení a právo na mírové využití jaderných technologií*. Nikdy nechybí na agendě Valného shromáždění, jehož cílem je donutit ty členské státy, které neratifikovaly *Smlouvu o všeobecném zákazu jaderných zkoušek – The Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBT)*, která zakazuje veškeré jaderné zkoušky jak pro vojenské, tak pro civilní účely.



Foto 71. Keloidní jizvy (zbytnělé tkáň kolem jizev) – následek jaderného výbuchu v Hirošimě 6. srpna 1945.
[Zdroj: F-71]

Byla přijata Valným shromážděním v roce 1996, ale bohužel doposud nevstoupila v platnost. Stane se tak až 180 dnů po ratifikaci čtyřiačtyřiceti státy, uvedenými v listině přiložené ke smlouvě. Šest států doposud smlouvu neratifikovalo (Spojené státy, Izrael, Írán, Čína, Egypt a Indonésie, která již zahájila ratifikační proces) a Indie, Pákistán a KLRD smlouvu ani nepodepsaly.

CTBT obsahuje opatření zajišťující její dodržení. Pokud by vstoupila v platnost, mohly by se na území smluvních států používat přístroje na monitorování půdy, vody a atmosféry pro zachycení jakéhokoli jaderného výbuchu. Po celém světě je umístěno přes 300 těchto zařízení, která zachycené údaje pečlivě zaznamenávají a poté odesílají do mezinárodní datové stanice ve Vídni,

kde sídlí i kancelář CTBT. Pokud tato smlouva vstoupí v platnost, všechny smluvní země budou zavázány, aby neprováděly na svém území jaderné testy a ani žádné nepodporovaly, což je také velice důležitý bod smlouvy.

„Rozhovory o omezení strategických zbraní (SALT – Strategic Arms Limitation Talks)“ probíhaly mezi USA a SSSR už během studené války. Cílem obou mocností bylo stanovení horní hranice stavu jaderných zbraní. Jednání byla zahájena ve finských Helsinkách roku 1969. První smlouva SALT I byla podepsána v roce 1972 a způsobila zmrazení řady strategických raketových základen. Další smlouvou byla „Smlouva o omezení systémů protiraketové obrany – Anti-Ballistic Missile Treaty (ABM)“. Ta nařizovala oběma zemím snížit počet protiraketových systémů na jeden pro každý stát.

V rámci SALT II probíhala jednání mezi americkým a sovětským prezidentem v letech 1977 až 1979. Šlo o snahu omezit výrobu strategických jaderných zbraní a tak navázat na předchozí smlouvy SALT I. Dohodli se na zákazu nových raketových programů. USA si zachovaly svůj program Trident a Sovětský svaz si na oplátku mohl ponechat 308 odpalovacích zařízení mezikontinentálních balistických střel „heavy Inter Continental Ballistic Missiles (ICBM)“ typu SS-18. Přestože oba prezidenti smlouvu podepsali, americký Kongres ji odmítl ratifikovat jako odpověď na sovětskou invazi do Afghánistánu, i když v praxi se dohoda dodržovala. V roce 1986 USA odstoupily od smlouvy úplně. Poté byla v roce 1987 podepsána „Smlouva o likvidaci raket středního a kratšího doletu (INF – Intermediate-Range Nuclear Force Treaty)“. Obě země se zavázaly zničit všechny rakety středního a krátkého doletu (500 až 5000 km) a střely s plochou dráhou letu. V platnost vstoupila v roce 1988 a o 8 let později byly všechny zbraně zlikvidovány.



Foto 72. Genetické poruchy plodu – následek jaderného výbuchu v Hirošimě.
[Zdroj: F-72]

Bohužel poslanci Horní komory ruského parlamentu dne 26. 6. 2019 schválili zákon o pozastavení platnosti této dohody, kterou Moskva a Washington podepsaly v roce 1987 a jejíž vypovězení s půlroční lhůtou oznámily USA v únoru 2019. Přijatý zákon, který už schválila dolní komora ruského parlamentu, nicméně dává prezidentovi V. Putinovi právo dohodu obnovit. Lze to chápat jako odvetu za prohlášení amerického prezidenta Donalda Trumpa ze soboty 20. října 2018, kdy šéf Bílého domu na předvolebním mítinku v Nevadě řekl: „*Smlouvu vypovíme. Potom začneme ty zbraně vyvíjet, pokud nebude Rusko a Čína souhlasit s novou dohodou.*” Takto citovala prezidenta USA agentura AP.

V roce 1982 začaly další dialogy mezi USA a SSSR na téma snižování strategických zbraní. „*Smlouva Strategic Arms Reduction Treaty (START I)*“ byla podepsána 31. července 1991 a v platnost vstoupila 5. prosince 1994. O 10 let později byla smlouva realizována, což vyústilo v odstranění zhruba 80 % všech strategických jaderných zbraní. Po ukončení vyjednávání smlouvy START I započaly nové diskuze nad „*Smlouvou START II*“, která měla navazovat na svou předchůdkyni. K podpisu došlo mezi americkým a ruským prezidentem 3. ledna 1993. I když byla ratifikována, nikdy nenabyla platnosti.

Ruská federace dne 14. července 2002 od smlouvy odstoupila. Reagovala tím na vypovězení „*Smlouvy o omezení systémů protiraketové obrany (ABM)*“ americkou vládou. Oficiálně byla smlouva START II nahrazena „*Smlouvou SORT (Treaty of Offensive Reduction)*“, na níž se dohodli prezidenti George W. Bush a Vladimir Putin na summitu v listopadu 2001. O půl roku později byla podepsána v Moskvě a oba státy se zavázaly ke snížení počtu jaderných hlavic z 2 200 na 1 700. Během devadesátých let vznikl návrh „*Smlouvy START III*“, ta však nebyla nikdy podepsána. Znamenala by drastické snížení jaderných arzenálů obou zemí, ale po nástupu nové Bushovy administrativy se veškerá jednání o START III ukončila.

Americký prezident Barack Obama ve svém pražském projevu z dubna 2009 naznačil, jaké jsou jeho ambice v otázce zastavení šíření jaderných zbraní a jako svůj cíl si vytýčil vybudování světa bez nich. O rok později společně s ruským prezidentem Dmitrijem Medveděvem uzavřel 8. dubna 2010 v Praze nejdůležitější odzbrojovací smlouvu od dob smlouvy START I (new START), které vypršela platnost s koncem roku 2009. Obě země se tak zavázaly ke snížení počtu strategických jaderných hlavic na 1550 pro každý stát.

5.1.12 Bezjaderné zóny (pásma)

V současné době jsou zřízeny některých částech světa pásma bez jaderných zbraní, ale použití jaderných zbraní zakázáno není. Proč by nemohlo být „*bezjaderné pásmo*“ také v celé Evropě nebo některé jeho části? V současné době jsou americké jaderné zbraně v Evropě umístěny v pěti členských zemích NATO. Největší tlak na jejich přemístění zpět do Spojených států amerických je v současné době vyvíjen v Německu a Itálii.

Bezjaderné zóny (Nuclear Weapon Free Zone – NWFZ) na rozdíl od NPT řeší otázku proliferace jaderných zbraní na regionální úrovni. NWFZ představují území kompletně bez jaderných zbraní. Jsou ustanovené multilaterální smlouvou, v níž se státy zavazují nevyrábět, nezískávat, netestovat, nevlastnit a neovládat jaderné zbraně. Možnost vytvoření takovéto zóny udává již samotná smlouva NPT v článku VII.

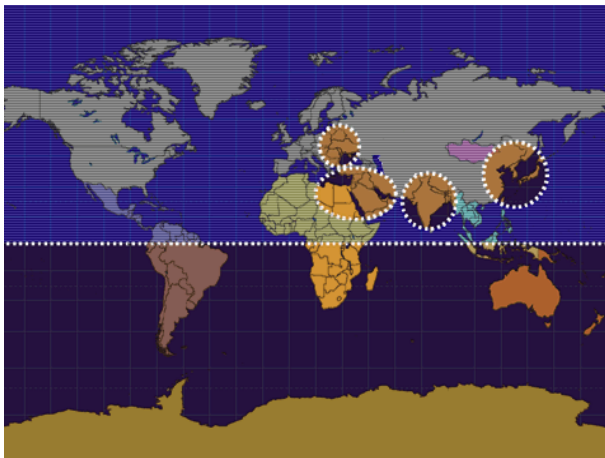


Obrázek 13. Současný stav vyhlášených bezjaderných zón (NWFZ) ve světě. [Zdroj: O-13]

Na rozdíl od NPT však země vytvořením bezjaderné zóny přijímají ještě větší závazky. Smlouvy ustavující NWFZ jsou totiž postaveny na principu úplného zákazu jaderných zbraní uvnitř zóny. NPT naopak dovoluje, aby se na území nejaderné země vyskytoval arzenál země jaderné, pokud ho bude i obsluhovat. Od roku 1967, kdy byla vytvořena první bezjaderná zóna, došlo k vytvoření čtyř dalších NWFZ. V současnosti existují tyto bezjaderné zóny:

- NWFZ v Jižní Americe a Karibiku (Treaty of Tlatelolco, 1967),
- NWFZ v jižním Pacifiku (Treaty of Rarotonga, 1985),
- NWFZ v jihovýchodní Asii (Treaty of Bangkok, 1995),
- NWFZ v Africe (Treaty of Pelindaba, 1996),
- NWFZ ve střední Asii (Treaty of Semipalatinsk, 2006).

Některé státy se prohlásily bezjadernou zónou, mezinárodní uznání však získalo jen Mongolsko. V současnosti je navrhováno vytvoření zón v jižní Asii, severovýchodní Asii, ve střední a východní Evropě, na Blízkém východě a na celé jižní polokouli.



Obrázek 14. Navrhované bezjaderné zóny (NWFZ) ve světě. [Zdroj: O-14]

Bezjaderná pásma mohou sehrát pozitivní roli při jaderném odzbrojení. Je jasné, že zřízení takových pásem je první a základní krok k postupnému úplnému jadernému odzbrojení. Před lidstvem tak stojí naléhavý úkol k přípravě a přijetí mezinárodní dohody k úplnému zákazu použití jaderných zbraní a k úplnému zničení jejich zásob pod účinnou mezinárodní kontrolou. V současnosti však neexistuje k přípravě a přijetí takové komplexní mezinárodní dohody dostatečná politická vůle především u oficiálních vlastníků jaderných zbraní. A tak zůstáváme my všichni, obyvatelstvo planety Země, v „jaderném zajetí“ i na počátku 21. století.

5.1.13 Potopené jaderné ponorky

Po několik desetiletí bylo vše, co jakkoli souviselo s jadernými raketonosnými ponorkami zahaleno nejpřísnějším tajemstvím. Tento zbraňový systém byl a je pro svoji děsivou sílu a účinnost a velmi obtížnou zranitelnost někdy nadneseně nazýván „absolutní zbraní“. Je to však i kapitola z hlediska poškození životního prostředí jadernými zbraněmi v případech potopených a ztracených atomových ponorek nebo ponorek s jadernými zbraněmi na palubě. V letech 1963 až 1989 zmizelo v moři 7 sovětských a 2 americké atomové ponorky nebo ponorky s jadernými zbraněmi na palubě. Můžeme tyto mimořádné události označit jako „ekologickou daň“ Studené války.

Radioaktivní látky na dnech moří se staly časovanými ekologickými bombami. Je otázkou času, kdy koroze způsobená slanou mořskou vodou je uvolní. Tyto látky se pak budou volně a bez jakékoliv kontroly šířit životním prostředím.

Začneme jadernými hlavicemi. Kromě nich jsou v mořích i jaderné bomby, které v minulosti poztrácelo americké i ruské letectvo. Jaderná exploze u nich nehrozí.



Foto 73. Požár na jaderné ponorce SSN-755 napáchal škody za 440 milionů dolarů. [Zdroj: F-73]

Podstatou výbuchu jaderné zbraně je, že se dvě či více menších (podkritických) množství štěpného materiálu dostanou ve vhodném úhlu k sobě a může v nich probíhat řetězová reakce. Ve zbraních to zajišťuje mechanismus a jeho konstrukce by měla být zabezpečena tak, že se štěpný materiál k sobě nedostane samovolně.

K explozi jaderné zbraně nemůže dojít bez dostatečného množství neutronů zvenčí, které reakci zahájí. Ty musí dodat např. neutronový urychlovač, který se v moři sám nespustí. Podobně se není třeba bát exploze jaderného reaktoru, který nemůže fungovat jako bomba. Jinou věcí je, že reaktor by se mohl roztavit, podobně jako se to stalo v Černobyli. Teoreticky by se měl reaktor při nehodě sám odstavit, tak je konstruován. Kdyby se to však nestalo, reakce by v něm běžela dál, bez kontroly. Povrch reaktoru by se neroztavil tak snadno jako na pevnině, protože pod mořem jej ochlazuje voda. Ta by také zastavila štěpnou reakci, kdyby se ochranné vrstvy roztavily. Radioaktivita by pak pronikla do moře. Poté by se šířila do okolí. Nemohla by se opakovat situace v Černobyli, kde po roztavení obalu v požáru vytvořila velká teplota vzduchový komín, který štěpné produkty vytáhl vysoko do atmosféry, kde se rozptýlily nad Evropou.



Foto 74. Sovětská jaderná ponorka K-278 Komsomolec, která se 7. dubna 1989 potopila v Norském moři, 42 mrtvých. [Zdroj: F-74]

Radioaktivní prvek s poločasem rozpadu téměř 25 000 let. V organismech se usazuje v kostech a odtud je zářením ničí. Za čas, i když není zcela jisté, za kolik let to bude, slaná voda rozleptá ochranné pláště a plutonium se vyplaví ven. Pak bude záležet na tom, jak rychle bude unikat a jak rychle se stačí v moři rozředit a rozptýlit. To nelze odhadnout, a proto je lepší, kdyby si státy své hlavice ze dna zase vytáhli.

Palivem v jaderných reaktorech bývá uran v tabletách z kovových a zirkoniových slitin. Je obohacen víc, než je obvyklé v elektrárnách, aby dal více energie. Dokud není uran využit v reaktoru, nepředstavuje velký problém, protože není příliš radioaktivní. V moři by se radioizotopy z palivových tablet louhovaly pomalu a voda by je zředila. Pak by je v mírných koncentracích rozšířily vodní proudy.

Zato po využití se uran změní ve vyhořelé palivo – ve směs vysoce radioaktivních látek, které jsou smrtelně nebezpečné zhruba sto tisíc let. Výhodou vysokého obohacení jaderného paliva pro ponorky alespoň je, že z něj vzniká méně nebezpečného plutonia než v běžném reaktoru. Nicméně radioaktivita by se dostala do ryb a možná pak i na talíře – riziko by záviselo na vzdálenosti kontaminované oblasti od míst rybolovu.

Američané zatím své potopené ponorky jenom monitorují. Jak u ponorky Thresher, která se v roce 1963 potopila u východního pobřeží USA, tak u ponorky Scorpion, ztroskotané roku 1968 poblíž Azorských ostrovů zjišťují kontrolní přístroje mírnou radioaktivitu. Zdá se však, že pochází z chladicího média reaktorů, nikoli z jejich paliva. Více bariérový ochranný systém tedy dosud do reaktorů vodu nepustil.

Tabulka 8. Nehody jaderných ponorek od roku 1960. [Zdroj: T-8]

Datum nehody	Stát	Typ ponorky, druh nehody a následky
13. říjen 1960	Rusko	<i>K-8 Kitzávada</i> na parním generátoru, 13 ozářených.
10. duben 1963	USA	<i>USS Thresher (SSN-593)</i> při zkouškách ponoru do velkých hloubek. Příčina katastrofy nebyla zcela objasněna, pravděpodobně ji zavinilo špatně svařené potrubí ve strojovně. 129 mrtvých.
12. únor 1965	Rusko	<i>K-11 / November</i> neplánované uvedení reaktoru do nekontrolovaného provozu při výměně palivových článků, část posádky ozářena.
8. září 1967	Rusko	<i>K-3 Leninskij Komsomol / November</i> požár v 1. a 2. úseku při hlídkování, 39 mrtvých.
8. březen 1968	Rusko	<i>K-129 Rudá hvězda / Gulf</i> ponorka se potopila při hlídkování v moři u ostrova Guam. V květnu 1974 ji vyzvedli Američané.
22. květen 1968	USA	<i>USS Scorpion (SSN-589)</i> příčiny nebyly dodnes objasněny 99 mrtvých.
17. duben 1970	Rusko	<i>K-8 / November</i> Požár při hlídkování v Biskajském zálivu. Ponorka se potopila do hloubky 4680 metrů 52 mrtvých.
23. září 1972	Rusko	<i>K-19 / Hotel</i> požár při hlídkování v severním Atlantiku, 28 mrtvých.
24. červen 1983	Rusko	<i>K-429</i> ponorka se potopila u pobřeží Kamčatky 16 mrtvých.
10. srpen 1985	Rusko	Výbuch při výměně paliva na jaderné ponorce v loděnici v zálivu Čažma na Dálném východě. Záření, které v epicentru výbuchu dosáhlo 90 tisíc rentgenů za hodinu. Kontaminováno široké okolí, ihned zahynulo 10 lidí, později zemřely na následky ozáření další desítky osob.
3. říjen 1986	Rusko	<i>K-219</i> Exploze v odpalovací šachtě. Ponorka se potopila o tři dny později do hloubky kolem 5000 metrů, 4 mrtví.
7. duben 1989	Rusko	Požár na ponorce „Komsomolec“, která se potopila s dvěma jadernými torpédy na palubě v mezinárodních vodách v Norském moři, z 69 členů posádky zahynulo 42 lidí.
20. březen 1993	Rusko USA	Americká jaderná ponorka <i>Grayling</i> se srazila s ruskou jadernou ponorkou v Barentsově moři asi 160 km od poloostrova Kola, plavidla byla lehce poškozena.
12. srpen 2000	Rusko	<i>K-141 Kursk / Oscar 2</i> Pravděpodobnou příčinou havárie a potopení ponorky v Barentsově moři byla exploze v torpédometu, 108 mrtvých.
9. únor 2001	USA	<i>USS Greenville (SSN 772)</i> při srážce potopila japonskou rybářskou loď <i>Ehime Maru</i> , 9 mrtvých rybářů.
30. srpen 2003	Rusko	<i>K-159</i> Vyřazená ponorka mířící do doku Škval se potopila v Barentsově moři. Ponorka se v silné bouři odpojila od vlečného plavidla, převrátila se a šla ke dnu, 10 mrtvých.
25. říjen 2003	USA	<i>USS Hartford (SSN 768)</i> najela na mělčinu a poničila si trup, kormidlo, sonar, bez zraněných.
leden 2005	USA	<i>USS San Francisco (SSN 711)</i> náraz v hloubce více než 150 metrů na podmořskou horu u ostrova Guam. 1 mrtvý, 23 zraněných.
21. březen 2007	Anglie	<i>HMS Tireless (S117)</i> exploze na palubě při cvičení v Arktidě, 2 mrtví.
8. listopad 2008	Rusko	<i>K-152</i> Po nečekaném spuštění hasicího systému zemřelo 20 osob a dalších 21 se přiotrávilo.
3.(4.) únor 2009	Anglie Francie	Britská <i>HMS Vanguard</i> a francouzská <i>Le Triomphant (S616)</i> se srazili v Atlantiku, bez zraněných.
20. březen 2009	USA	<i>USS Hartford (SSN 768)</i> srážka s obojživelným vyloďovacím plavidlem <i>USS New Orleans</i> 15 zraněných.
30. prosinec 2011	Rusko	<i>K-84 Jekatěrinburg</i> požár při opravě v doku 9 zraněných.
23. květen 2012	USA	<i>USS Miami (SSN 755)</i> požár při opravě v doku, 7 zraněných.
6. září 2013	Rusko	<i>K-132 Irkutsk</i> požár při opravě v doku, bez zraněných.
4. duben 2015	Anglie	<i>HMS Talent (S92)</i> díra ve věži po nárazu do ledové kry.
7. duben 2015	Rusko	<i>K-266 Orel</i> požár při opravě v doku, bez zraněných.

5.1.14 Filmová dokumentace o jaderných zbraních

Kromě řady odborných knih, publikací, výzkumných zpráv, informačních studií, tajných zpravodajských analýz a různých příruček byla vyrobena řada filmových materiálů, které je dnes možné částečně zhlédnout na Internetu. Většinou se jedná o různé záběry jaderného bombardování Hirošimy a Nagasaki na konci 2. světové války. Za připomenutí stojí americký film, který byl v roce 1983 uveden americkou televizní společností ABC a šokoval celou Ameriku. Film představuje eskalaci politického a vojenského napětí mezi Východem a Západem a ukazuje katastrofickou situaci po použití sovětských jaderných zbraní na americká města.

Zvláštní pozornost zasluhuje speciální film Holocaust (úplné zničení, úplná zkáza), který byl připraven v roce 1988 jako „vědecká předpověď“ pro možnou jadernou válku velkého rozsahu. Kromě jiného obsahuje počítačové animace a jiné simulace jaderných útoků na největší světové metropole. Jasně ukazuje katastrofické poškození kritické infrastruktury moderní společnosti. Půlhodinový film byl připraven a natočen pod vedením předního světového jaderného fyzika Franka Barnabyho z Velké Británie, který v té době pracoval jako významná vůdčí vědecká osobnost v Mezinárodním stockholmském ústavu pro výzkum míru (SIPRI – Stockholm International Peace Research Institute).

Velice zajímavým dokumentem je třičtvrtě hodinový americký dokument z dílny Douglas Keeney and Mickey Youmans Production „*Utajené nehody nukleárních zbraní*“. Tento snímek z roku 2009 dokumentuje, jak deset leteckých posádek čelilo strašlivým nehodám v bombardérech vyzbrojených jadernou municí. Výsledky jsou naprosto zarážející a překvapivé, přesto absolutně pravdivé. Film lze shlédnout na <http://dokumenty.tv/utajene-nehody-nuklearnich-zbrani-dokument/>

Dalším americkým dokumentem, který vysílala Česká televize v roce 2012 je snímek „*Pokusy v ovzduší*“. Dokument popisuje konec „Horké války“ v roce 1945 a následně vzniklé období „Studené války“.

Neodmyslitelně do nich patřily atomové a později také vesmírné závody mezi oběma supervelmocemi. Vědci i vojáci chtěli získat co nejvíce informací o účincích jaderných zbraní. Politici těmito „zkouškami“ pak v kritických chvílích zkoušeli chladnokrevnost druhé strany. V průběhu padesátých a šedesátých let tak došlo ke stovkám pokusných jaderných výbuchů. V dnešní době to zní neuvěřitelně, ale většina těchto testů byla provedena USA a SSSR v atmosféře naší planety.

Do „jaderného klubu“ vstoupily stejným stylem i Velká Británie a Francie. V roce 1963 byla podepsána mezinárodní dohoda o zákazu atmosférických testů, ale už o rok později vstoupila do „klubu“ Čína, která dohodu nepodepsala a neřídila se jí. Film lze shlédnout na <http://dokumenty.tv/pokusy-v-ovzdusi-dokument/>

Pochopitelně existuje řada dalších filmů, které dokumentačním způsobem zachycují průběh 2. světové války a to i s podrobným uvedením jaderného bombardování obou japonských měst, Hirošimy a Nagasaki.

5.1.15 Pašování jaderných materiálů

Po roce 1990 prudce narostly případy pašování jaderných materiálů. To bylo způsobeno především tím, že jaderné materiály jsou i v malých množstvích velmi drahé a tím pádem také velmi lukrativní. Případů odhaleného pašování jaderných materiálů jsou desítky, otázkou je, kolik jaderné výbušniny (zbraňového uranu 235 a plutonia 239) bylo nelegálně prodáno do nebezpečných rukou. V současné době se přiznává, že Mezinárodní agentura pro atomovou energii ve Vídni v tomto směru neplní své kontrolní funkce, případně je plní pouze nedostatečně.

Všeobecně se má za to, že ztracený štěpný jaderný materiál by vydal již na několik malých jaderných náložích. V této souvislosti se nejčastěji připomíná možnost šíření jaderných zbraní, ale také daleko více nebezpečné propojení terorismu a jaderných zbraní. Kritická množství jaderné výbušniny činí pro uran 235 asi jen 5 kg, zatímco pro plutonium 239 se udává kritické množství jen 4,5 kg.

Od rozpadu Sovětského svazu byla zaznamenána řada případů pašování jaderného materiálu. O případech zadržovaných kontrabandů byla často informována veřejnost. Obchodníci černého trhu, organizovaný zločin, teroristické skupiny a na druhé straně zpravodajské služby či policie projevují enormní zájem o jaderné materiály. O problému referuje řada médií. Většinou lze ovšem obtížně určit, zda jde o skutečný pokus o významný ilegální obchod, náhodnou akci či novinářskou kachnu.

Na základě zpráv z médií lze těžko posoudit závažnost pašování z pohledu rizika proliferace. Spolehlivějším zdrojem pro toto posouzení je „*Databáze ilegálního obchodu (Illicit Trafficking Database)*“ založená IAEA (Mezinárodní agentura pro atomovou energii – MAAE“ v roce 1995. V současnosti se tato databáze nazývá: „*Incident and Trafficking Database (ITDB)*“ a najdete ji na stránkách IAEA: <https://www.iaea.org/resources/databases/itdb>. V této databázi lze najít přehled incidentů, kdy bylo zjištěno pašování jaderných materiálů, i náhodných objevů nestřeženého materiálu. Například, jen za období 1993 až 2004 zaznamenala Agentura 650 potvrzených případů. Většina případů (více než 60 %) se týká neštěpitelných radioaktivních materiálů, jako jsou cesium ¹³⁷Cs, stroncium ⁹⁰Sr, kobalt ⁶⁰Co či americiem ²⁴¹Am. Tyto materiály mohou být nebezpečné kvůli své využitelnosti při sestrojení špinavé bomby zločineckou nebo teroristickou skupinou.

Dalších 30 % případů se týká jaderných materiálů, jako jsou přírodní uran, ochuzený uran, thorium a nízcce obohacený uran. Do konce roku 2004 zaznamenala MAAE 63 případů pašování nízcce obohaceného uranu. V osmnácti, z pohledu proliferace nejdůležitějších, případech byl zadržen materiál vhodný pro výrobu jaderných zbraní.

Sedmkrát šlo o plutonium, z toho šestkrát o množství nepřevyšující 10 gramů. Při sedmém incidentu bylo v srpnu 1994 na letišti v Mnichově, díky spolupráci německé tajné služby s ruskými orgány, zadrženo 360 gramů plutonia.

Pašování vysoce obohaceného uranu v množství od jednoho gramu do 2,5 kg se podařilo odhalit v jedenácti případech. Vyšetřování většiny incidentů ukazuje na to, že zadržením kontrabandu se podařilo zamezit dalším pokusům o pašování, které měly následovat. Celkově lze ovšem říci, že data MAAE potvrzují trendy, které byly k proliferaci nestátními subjekty naznačeny v předchozím textu.

5.1.16 Současný stav jaderných zbraní na světě

Na závěr kapitoly o jaderných zbraních je stručně uveden současný stav jaderných zbraní. I v současné době lze konstatovat, že stav jaderných zbraní je dědictvím studené války. Přesto, že jaderné arzenály stagnují u vlastníků jaderných zbraní (Velká Británie, Francie a Čínská lidová republika), případně rostou (jako např. v zemích jako Pákistán, Indie a Severní Korea), hlavní vlastníci jaderných zbraní své jaderné vojenské kapacity snižují. Jedná se pouze o jaderné zbraně Spojených států amerických a Ruské federace. Všeobecně je odhadováno, že americké a ruské jaderné zbraně činí celých 95 % z celosvětového jaderného potenciálu.

V tabulce 9 je uveden současný stav jaderných zbraní. Uvedené odhady (skutečné stavy výzbroje jsou v podstatě utajovány a vlastní deklarace vlastníků mohou být nepřesné, zavádějící) jsou zpravidla založeny na prestižních informačních zdrojích, jakými je např. v tomto případě ročenka SIPRI (Stockholmský ústav pro výzkum míru) za rok 2018 vydaná v červnu 2019.

Tabulka 9. Současný stav jaderných zbraní na světě k lednu 2018. [Zdroj: T-9]

Název země	Počet okamžitě nasazitelných (použitelných) jaderných hlavic	Počet ostatní jaderných hlavic	Celkový počet jaderných hlavic
Spojené státy americké	1 750	4 435	6 185
Sovětský svaz	1600	4 900	6 500
Velká Británie	120	80	200
Francie	280	20	300
Čínská lidová republika	-	290	290
Indie	-	130-140	130-140
Pákistán	-	150-160	150-160
Izrael	-	80-90	80-90
Severní Korea (KILDR)	-	(20-30)	(20-30)
Celkem jaderných hlavic	3 750	10 115	13865

5.2 Základní pojmy z oblasti jaderných zbraní

Jaderné zbraně – nejúčinnější prostředek hromadného ničení vojsk, objektů logistiky a zařízení hospodářské infrastruktury státu. Jsou určeny k ničení živé síly, bojové a dopravní techniky, objektů, k vytváření pásem závalů, zátop a kontaminovaného terénu.

Jaderná zbraň je zbraň založená na vojenském využití energetického výtěžku, který se uvolní při jaderné reakci. Zdrojem energie je jádro atomu. Zahrnuje jadernou municí a prostředky dopravy na cíl.

Jaderná (termonukleární) výbušnina je látka vhodná z vojenského hlediska k uskutečnění jaderné (termonukleární) reakci. Může být *štěpná* (^{233}U , ^{235}U , ^{239}Pu apod.), nebo *termonukleární* (izotopy vodíku nebo lithia).

Jaderná náplň (nálož) – jaderná výbušnina, spolu se zařízením, které iniciuje jadernou reakci (systém uvádějící do činnosti jadernou výbušninu). Podle druhu použití jaderné výbuštiny se dělí na *štěpnou* a *termonukleární*. Termonukleární může být *dvoufázová* nebo *třífázová*.

Jaderný náboj tvoří jaderná náplň spolu s obalem, ve kterém je dopravována na cíl (jaderná puma, jaderná řízená střela, jaderný dělostřelecký granát, jaderná mina apod.). Pro jaderné náboje se také používá termín *jaderná munice*. Pro dopravu jaderné munice na cíl se využívají zejména rakety, letectvo a dělostřelectvo.

Atom – nejmenší elektroneutrální částice chemického prvku, která se skládá z *atomového jádra* a z *elektronů*. Poloměr atomu je řádově 10^{-10} m.

Atomové jádro – kladně elektricky nabitá neutrální část atomu, která se skládá z *protonů* a *neutronů*. Počet protonů v jádře je roven (u neutrálního atomu) počtu elektronů v elektronovém obalu atomu. Poloměr jádra je řádově 10^{-15} m.

Atomové (protonové) číslo Z – udává počet protonů v jádře atomu. Označuje též pořadové číslo prvku v periodické soustavě prvků. U symbolu prvku se zapisuje vlevo dolů, např. $_{11}\text{Na}$.

Nukleonové (hmotnostní) číslo A – udává počet protonů a neutronů (nukleonů) v jádře atomu. U symbolu prvku se zapisuje vlevo nahoře, např. ^{24}Na .

Nukleony – pojmem nukleony jsou označovány protony a neutrony.

Proton – má kladný náboj. Hmotnost je 1,007825 hmotnostní jednotky.

Neutron – je bez náboje. Hmotnost je 1,008605 hmotnostní jednotky.

Elektron – záporně nabitá částice s hmotností rovnou 1/1863 hmotnosti protonu. Poloměr elektronu je $2,8 \times 10^{-15}$ m.

Hmotnostní jednotka – je rovna 1/12 atomu ^{12}C , tzn. $1,66044 \times 10^{-24}$ kg.

Nuklid – soubor atomů se stejným protonovým a neutronovým číslem.

Izotop – nuklid příslušející témuž chemickému prvku a mající tedy stejný počet protonů, avšak nestejný počet neutronů v atomu.

Radionuklid – nuklid složený z atomů, jejichž jádra jsou ve stejném energetickém stavu a samovolně se přeměňují.

Ionizace – přeměna neutrální částice na ion způsobená tím, že se od částice působením jiných částic s velkým množstvím energie oddělí, nebo se k ní přidá jeden, či více elektronů. Energie potřebná k odtržení elektronu od částice se nazývá ionizační potenciál.

Ionizující záření – částice a záření způsobující při průchodu hmotným prostředím ionizaci. Částice nesoucí náboj (elektrony, protony, částice alfa) přímo ionizují prostředí. Elektroneutrální částice (neutrony) a elektromagnetické záření (rentgenové záření, záření gama) ionizují nepřímo prostřednictvím sekundárních jevů, které nastávají při jejich průchodu hmotným prostředím.

Tritolový ekvivalent je veličina, pomocí níž se popisuje ničivá síla jaderných zbraní. Tritolový ekvivalent je takové množství klasické výbušniny trinitrotoluenu, při jehož výbuchu se uvolní stejné množství energie jako při výbuchu dané jaderné nálože. Vyjadřujeme jej v kilotunách (kt) nebo v megatunách (Mt). Jaderné náboje (výbuchy) dělíme na jaderné náboje velmi malé, malé, střední, velké a velmi velké mohutností (viz tab. 10).

Tabulka 10. Mohutnosti jaderných výbuchů. [Zdroj: T-10]

Označení mohutnosti	Tritolový ekvivalent
velmi malé	do 1 kt
malé	od 1 do 15 kt
střední	od 15 do 100 kt
velké	od 0,1 do 1 Mt
velmi velké	nad 1 Mt

5.3 Radioaktivita a zákon radioaktivního rozpadu

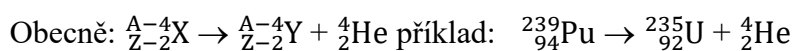
Radioaktivita je rozpad jader atomů a probíhá nezávisle na vnějších podmínkách.

Radioaktivita byla poprvé objevena v roce 1896 H. Becquerem (radioaktivita uranu). V roce 1898 manželé Marie a Piere Curieovi objevili polonium a radium a provedli první studia radioaktivity u těchto prvků.

Radioaktivní látky – způsobují ionizaci plynů, černání litografické emulze, světélkování některých fluoreskujících látek a *uvolňují energii* (vyšší teplota radioaktivní látky vzhledem k okolí). Všechny tyto vlastnosti jsou způsobeny zářením, které je vysíláno radioaktivní látkou, tj. *zářením alfa, beta a gama* a ve velmi řídkých případech (u některých štěpných produktů) jsou vyzařovány také *neutrony*.

5.3.1 Radioaktivní rozpad alfa

Radioaktivní jádro vyzařuje *částice alfa – jádra hélia*. Původní atom se mění v jiný a má v jádře o 2 protony méně. Jeho hmotnost je o 4 jednotky menší.



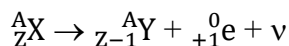
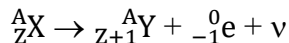
Energie částic alfa různých radionuklidů se pohybuje okolo 2 až 8 MeV (megaelektronvoltů), přičemž částice alfa mají určitou energii. Při energii např. 5 MeV se pohybují rychlostí 15 000 m.s⁻¹. Pohybem v látce se jejich energie rychle zmenšuje, až se vyrovná s energií tepelného pohybu částic v látce. Vzdálenost, kterou částice alfa při tom urazí – *doběh*, činí ve vzduchu pár centimetrů, v jiných látkách ještě méně. Zpomalené částice alfa přitáhne dva elektrony a změní se v atom hélia. Vzhledem ke kladnému náboji způsobují částice alfa po své dráze hustou ionizaci.

5.3.2 Radioaktivní rozpad beta

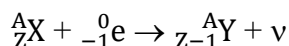
Je nejrozšířenějším druhem umělé radioaktivity. Většina radionuklidů současně známých je beta – aktivních, stejně tak, jako většina produktů vzniklých při jaderném výbuchu.

Druhy radioaktivního rozpadu beta:

1) rozpad β^- - z jádra je vyslán elektron (megatron) s antineutrinem (nejčastější jev):



2) Záchyt elektronu jádrem z vlastní slupky elektronového obalu za vzniku neutrina (přeměna K):



Rozpad beta je vždy doprovázen vyzářením *neutrina* ν . Neutrino je elementární částice ze skupiny leptonů s nulovou klidovou hmotností. Neutrino se ve hmotě jen nepatrně absorbují a většina vzniklých neutrin při beta přeměnách opustí Zemi.

Při průchodu prostředím působí vzájemně na sebe částice beta a atomy látky prostředí. Nejcharakterističtějším výsledkem vzájemného působení částic beta a atomů prostředí je ionizace těchto atomů. Elektron, vyražený z atomu částic beta dále ionizuje atomy, se kterými se během své cesty setkává. Ionizace způsobená těmito elektrony se nazývá sekundární. Následkem primární a sekundární ionizace vytváří částice beta tisíce iontů.

Tabulka 11. Doběh částic beta v různých materiálech. [Zdroj: T-11]

Látka (prostředí)	Energie částic [MeV]		
	0,5	1,0	2,0
vzduch	0,9 m	3 m	7 m
kůže, guma, tkáň	1,2 mm	4 mm	8 mm
sklo, hliník	0,4 mm	1,6 mm	3,3 mm

Částice beta při pronikání do hloubky látky ztrácí postupně svou energii, až se nakonec její energie změní na úroveň střední energie částic, tvořících prostředí a z *částice beta se stane elektron*. Čím větší je počáteční energie částice, tím větší je její doběh v dané látce (Tab. 11).

Proud částic beta vyzářený určitým radionuklidem není zeslaben najednou, nýbrž postupně. Vzdálenost, v níž jsou zcela pohlceny látkou, se nazývá maximální doběh částice beta. Energie částic beta, vzniklých štěpnou jadernou reakcí je 0,8 – 2,4 MeV, z čehož vyplývá, že záření beta je prakticky zcela pohlcováno kůží bot, okenními nebo automobilovými skly a kovovými deskami silnými alespoň několik milimetrů.

5.3.3 Radioaktivní rozpad gama

Je proces, při kterém atomové jádro vysílá fotony záření gama při přechodu ze stavu excitovaného do základního. Vysílání záření gama může rovněž doprovázet radioaktivní rozpad alfa nebo beta.

Foton je prostorově velmi soustředěné kvantum energie elektromagnetického záření velikosti:

$$E = h \cdot \nu$$

$$h \dots 6,625 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}^{-1} \text{ (Planckova konstanta),}$$

$$\nu \dots \text{ kmitočet záření.}$$

Záření gama se od světelného záření liší vlnovou délkou a tedy i vyšší energií. Na rozdíl od světla proniká i neprůsvitnými materiály. Je velmi pronikavé a pronikavost je tím vyšší, čím větší je jeho energie. Gama kvanta nemají prakticky žádný náboj.

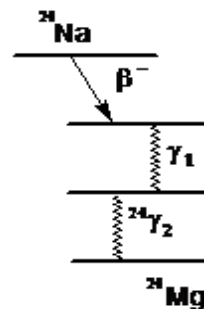


Schéma 1. Znázornění rozpadu gama. [Zdroj: S-1]

Experimentálně bylo prokázáno, že obvyklé změny vnějších podmínek nemají vliv na rychlost radioaktivních přeměn. Radioaktivní rozpad je vlastností samého jádra a závisí jen na jeho vnitřním stavu.

5.3.4 Zákon radioaktivního rozpadu

Základní fyzikální pravidlo týkající se radioaktivního rozpadu je *zákon radioaktivního rozpadu*.

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t},$$

kde: N_0 ... počet atomů daného radioizotopu v počátečním čase $t = 0$,

N ... počet atomů tohoto izotopu po uplynutí času t ,

e ... základ přirozeného logaritmu,

λ ... rozpadová konstanta udává, že počet atomů daného izotopu, které podléhají radioaktivnímu rozpadu za čas t ,

t ... jednotka času, závisí na celkovém počtu atomů v daném momentu a na konstantě radioaktivního rozpadu λ . Ta je specifická pro každou radioaktivní přeměnu.

Radioaktivní rozpad má však statistický charakter. Proto správný výpočet počtu rozpadů, ke kterým dojde v určitém časovém úseku, je možný teprve tehdy, je-li počet atomů dostatečně velký. Je tedy zřejmé, že existuje těsný vztah mezi rozpadovou konstantou a poločasem, nutným ke snížení původního počtu radioaktivních atomů na polovinu. Když do rovnice za N dosadíme $N_0/2$ a t položíme rovno $T_{1/2}$ (poločas rozpadu), pak:

$$\frac{N_0}{2} = N_0 \times e^{-\lambda t} \quad \text{odtud plyne} \quad T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}, \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$$

$$\text{a} \quad T_{1/2} = \frac{0,693}{\lambda}, \quad \lambda = \frac{0,693}{T_{1/2}}$$

Jak rozpadová konstanta λ , tak i poločas rozpadu $T_{1/2}$ jsou charakteristické pro daný radionuklid. Známe-li poločas nebo rozpadovou konstantu, můžeme vyhledat v tabulkách, o které radionuklidy jde. Poločas se obvykle udává v různých, pro daný případ nejvhodnějších jednotkách (sekundy, hodiny, dny, roky).

Atomy některých radioaktivních izotopů mohou podléhat i dvojímu typu radioaktivních přeměn. Například draslík ^{40}K , u kterého z počtu atomů podléhajících radioaktivní přeměně za jednotku času 90 % podléhá přeměně β^- a 10 % přeměně K . Každá z těchto přeměn má svou rozpadovou konstantu λ a pro přeměnu radioaktivního ^{40}K je celková konstanta:

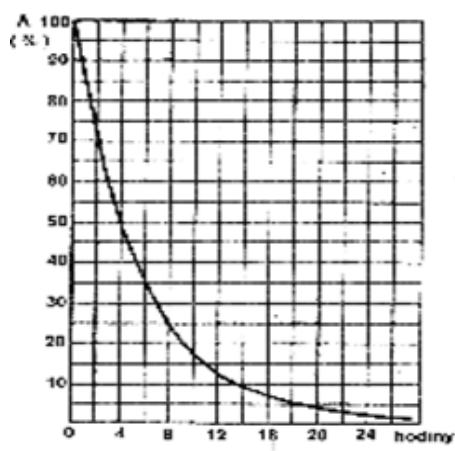
$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2.$$

Produktem jedné přeměny radioaktivního nuklidu může být nuklid stálý, neradioaktivní. Může však i nastat případ, že produktem je další nestálý radioaktivní nuklid, který se dále rozpadá na další radioaktivní nuklid a vzniká tak celá rozpadová řada. Konečným produktem rozpadové řady je trvalý izotop, který nepodléhá radioaktivní přeměně.

Aktivita

Důležitou veličinou, která souvisí s poločasem a rozpadovou konstantou je *aktivita* A (radioaktivita). Udává podíl atomů, které se rozpadnou za jednotku času. Je závislá na počtu radioaktivních atomů.

$$\text{Aktivita je rovna:} \quad A = \lambda \times N$$



Obrázek 15. Pokles aktivity s časem.
[Zdroj: O-15]

Aktivita s časem klesá (viz obrázek 15), stejně jako počet radioaktivních atomů:

$$A = A_0 \times e^{-\lambda \cdot t}$$

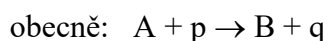
kde: A_0 ... aktivita radionuklidu v čase $t = 0$,
 A ... aktivita v čase t .

Jednotkou aktivity A je becquerel. Jeden becquerel = 1 Bq = (1 reciproká sekunda = 1 s^{-1}).

Při aktivitě 1 Bq proběhne v radionuklidu jeden proměňavý (rozpadový) děj za sekundu. Dřívější jednotkou aktivity byl curie (ci). Jeden ci odpovídal $3,7 \times 10^{10}$ proměňavých dějů za sekundu.

5.4 Jaderná reakce

Jaderné reakce jsou děje, při kterých jako výsledek bombardování jádra (terčíku) rychlou částicí vzniká nové jádro a nová částice:



kde: A ... libovolné jádro,
 p ... urychlená částice – jaderná střela (proton, neutron, částice alfa, elektron, deuteron, nebo foton),
 B ... nové jádro, vzniklé jako produkt radioaktivní přeměny (transformace),
 q ... nová rychlá částice (proton, neutron, částice alfa, elektron nebo foton).

Při velké energii urychlené částice (jaderné střely) se může místo jedné rychlé částice q uvolnit jako výsledek jaderné reakce několik částic q_1, q_2, \dots

Jaderné reakce zapisujeme buď v úplné formě:



V tomto případě terčíkem je dusík, střelou je částice alfa a výsledkem reakce je kyslík a vodík (proton). Uvedená reakce byla první jadernou reakcí, která byla pozorována a uměle vyvolána (Rutherford 1919).

Jaderné reakce probíhají ve dvou etapách:

1. Splnutí jaderné střely (bombardující částice) s jádrem (terčíkem) a vznik tzv. „složeného jádra“, které má nejen kinetickou energii, ale i vazebnou energii této částice. Vazebná energie má kolem 8 MeV na jeden nukleon.
2. Následující rozpad složeného jádra za vzniku produktů reakce.

Ve druhé etapě ztrácí jádro velkou část přebytečné energie, zbylá část se uvolňuje při rozpadu produktů reakce, nebo je vázána ve stabilních konečných produktech reakce.

Při jaderných reakcích se stejně jako při chemických jedna energie uvolňuje, jiná zase spotřebovává. Reakce prvního typu nazýváme analogicky exotermickými, druhého typu endotermickými. V prvním případě je reakční energie Q kladná, ve druhém záporná. Energie jaderných reakcí má hodnotu o několik řádů vyšší než energie chemických reakcí.

Tabulka 12. Dělení neutronů v závislosti na energii.
 [Zdroj: T-12]

Neutrony	Energie	Rychlost
chladné	méně než 0,002 eV	
tepelné, pomalé	0,002 – 0,5 eV	$2,2 \times 10^3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
rezonanční	0,5 – 1000 eV	(při 0,025 eV)
se střední energií	1 – 500 keV	
rychlé	0,5 – 10 MeV	$1,4 \times 10^7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
s vysokou energií	10 – 50 MeV	(při 1 MeV)
s velmi vysokou energií	> 50 MeV	

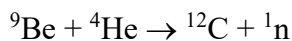
Jaderné reakce můžeme klasifikovat podle částic, které reakci vyvolávají (neutronů, deuteronů, protonů, částic alfa, fotonů apod.):

1) **Jaderné reakce neutronů** jsou velmi početné a rozmanité. Neutrony totiž nemají náboj a jejich vniknutí do jádra nebrání potenciálová bariéra (potenciálový val). Proto při jaderném výbuchu mají daleko největší význam. Jejich interakce s hmotou tvoří nejpodstatnější složku, tzv. „indukované radioaktivity“ jaderného výbuchu. Hlavní neutronové reakce jsou: (n, γ) ; (n, p) ; (n, α) ; $(n, 2n)$; $(n, 3n)$; (n, pn) ; (n, f) . S neutrony reagují veškeré stabilní nuklidy (s výjimkou ${}^4_2\text{He}$). Jsou to procesy ve všech jaderných reakcích nejhojnější.

2) **Jaderné reakce protonů** potřebují větší energii částic k překonání silného coulombovského pole jádra. Při reakcích s lehkými jádry může být tato energie značně zmenšena. Protony mohou způsobit reakce typu (p, γ) ; (p, n) ; (p, α) .

3) **Jaderné reakce deuteronů** mají velký praktický význam. Deuterony mají při téže rychlosti dvakrát vyšší energii než protony, odtud plyne jejich výhoda provádění jaderných přeměn deuterony. Nejvýznamnější reakce deuteronů jsou reakce typu (d, p) ; (d, n) ; $(d, 2n)$. Málo pravděpodobná je reakce (d, γ) .

4) **Jaderné reakce částic alfa.** Nejvýznamnější reakce jsou především (α, p) a (α, n) .



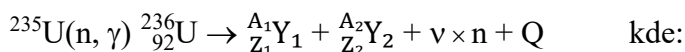
Uvedená reakce byla zkoumaná v r. 1932 J. Chadwickem a byly při ní objeveny neutrony. Je dosud používána jako nejjednodušší zdroj neutronů.

5) **Fotodezintegrace jader.** Záření γ o dostatečně velké energii způsobuje fotojaderné reakce. Jde o jakési „fotochemické jaderné reakce“. Zejména se jedná o reakce (γ, n) a (γ, p) . Při energiích γ do 20 MeV je pozorováno uvolňování neutronů, tj. reakce (γ, n) . Při vyšších energiích se objevuje i uvolňování protonů (γ, p) . Nejjednodušší reakcí (γ, n) je fotodezintegrace deuteronů ${}^2\text{D}(\gamma, n)$, ${}^1\text{H}$.

V současné době můžeme prakticky uvolňovat energii z jádra dvěma způsoby. Jednak *štěpením jader těžkých prvků*, jednak *slučováním jader lehkých prvků*. Pro mírové účely – pozvolné uvolňování energie pro energetiku – je bohužel zvládnut jen první způsob. Děje se tak v jaderných reaktorech (např. typu VVER, které jak víme, jsou instalovány v jaderných elektrárnách Temelín a Dukovany). Oba procesy jsou však plně zvládnuty pro účely vojenské – mžikové uvolnění jaderné energie při jaderném výbuchu.

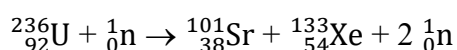
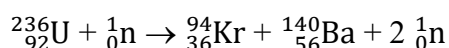
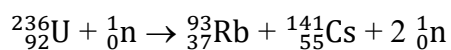
5.4.1 Štěpná jaderná reakce

Neutrony všech rychlostí, včetně tepelných, štěpí jádra ${}^{235}\text{U}$, ${}^{238}\text{U}$, ${}^{239}\text{Pu}$ a také izotopy transuranů (např. ${}^{249}\text{Cf}$). Rychlémi neutrony, s energií nad 1 MeV se vedle těchto štěpí i ${}^{238}\text{U}$ a ${}^{232}\text{Th}$. Reakci štěpení, např. ${}^{235}\text{U}$, lze vyjádřit:



- ${}^{236}\text{U}$... složené jádro (viz etapy jaderné reakce),
- Y_1 a Y_2 ... štěpné produkty (nové jádra vzniklá štěpením),
- $\nu \times n$... počet okamžitých neutronů,
- Q ... energie.

Při procesu se terčíkové jádro štěpí na různé dvojice a to převážně asymetricky tak, že vzniká většinou jedno jádro lehčí a jedno jádro těžší.



Tyto dvojice vznikají s různou, ale určitou pravděpodobností. Štěpení probíhá asi 40 různými způsoby, takže vzniká kolem 80 primárních odštěpků – štěpných produktů. Tyto štěpné produkty mají nadbytek neutronů, takže jsou *neutronovými zářiči*. Štěpení je rovněž provázeno zářením gama. Pro uvolňování jaderné energie nemá praktický význam. Kromě štěpení způsobeného jadernou střelou, dochází u jader těžkých prvků rovněž k samovolnému štěpení. Tento proces je málo využitelný a např. pro ^{238}U má samovolné štěpení poločas 10^{16} let.

Při rozštěpení jádra s velkým atomovým číslem vzniknou dva odštěpky – štěpné produkty s více nebo méně se lišícími hmotnostmi. Poměr protonů a neutronů v těchto jádrech odpovídá poměru těchto nukleonů v jádru těžkého prvku (terčíku). Obě jádra – odštěpky, přísluší k prvkům ze středu periodické soustavy a budou mít tedy příliš mnoho neutronů, než aby mohly být stabilní. Stabilními se odštěpky mohou stát vyzářením jednoho nebo několika neutronů, nebo přeměnou (opakovanými přeměnami) neutronu v proton za vyzářením částice beta. Rozpad beta je doprovázen zářením gama. Štěpné neutrony rozdělí na dvě kategorie.

Okamžité neutrony jsou uvolňovány v době 10^{-14} s (i dříve) po štěpení a vznikají přímo při štěpné reakci. Při jednom štěpení se uvolní 2 až 3 neutrony. Vzbuzené (excitované) jádro vytvořené absorpcí štěpných neutronů (jaderných střel) se nejdříve rozdělí na dva odštěpky, z nichž každý má nadbytek neutronů. Mají také nadbytečnou (excitační) energii 6 až 8 MeV, která je nutná k vypuzení neutronu. Takto excitovaný odštěpek pak v krátké době vymrští jeden nebo více okamžitých neutronů. Okamžitá kvanta gama jsou vyzářena ve stejné době.

Zpožděné neutrony jsou emitovány ze vzniklých odštěpků se zpožděním o dobu poločasu rozpadu odštěpku (0,43 až 55,6 s). Z celkového počtu uvolněných neutronů je 99,25 % okamžitých a jen 0,75 % neutronů zpožděných. Přesto však tvoří zpožděné neutrony poměrně značnou část neutronového záření pronikavé radiace jaderného výbuchu.

Štěpení jader je doprovázeno rovněž *zářením gama*. Toto záření, stejně jako emise neutronů, dělíme na *okamžité a zpožděné*. Část okamžitého záření gama se vyzáří současně s okamžitými neutrony a zbývající část je emitována těmi štěpnými produkty, které mají velmi krátké procesy. Zpožděné záření gama je emitováno po delší dobu mnohými štěpnými produkty s delším poločasem.

Štěpné neutrony vznikají při každém rozštěpení těžkého jádra v počtu 2 až 3. Počítáme-li se dvěma neutrony v prvním štěpení (1. generace), které by rozštěpily 2 další jádra za vzniku 4 neutronů (2. generace), potom ve třetí generaci by vzniklo 8 neutronů a 4 rozštěpená jádra atd. Tomuto jevu říkáme *řetězová štěpná reakce*. To by byl ovšem případ ideální, který nemůže ve skutečnosti nastat, neboť ne každý neutron je výhradně předurčen pro reakci štěpnou (n, f). Osud neutronů vzniklých štěpením je v reálném systému v podstatě čtverého druhu:

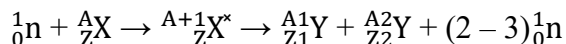
- absorpce neutronu jádrem, vedoucí k vlastní štěpné reakci (n, f),
- záchyt neutronů jádrem, nevedoucí ke štěpení, ale k reakci jiné, jako je (n, γ),
- absorpce neutronů v jádrech jiných látek (znečištěnin), v reakční soustavě, dále v produktech štěpení a ostatních matriálech (konstrukčních),
- difúze neutronů a jejich únik povrchem z reakčního systému.

Pokud je tedy počet neutronů, když uvažíme všechny čtyři možnosti, v každé následující generaci větší, než v generacích předcházejících, bude probíhat reakce divergentně a dojde k jadernému výbuchu. Hovoříme pak o tzv. *nadkritickém množství štěpného materiálu*.

Energie uvolněná při štěpení

Některé jádra těžkých prvků (^{238}U , ^{235}U , ^{242}Am aj.) jsou nestabilní. Proto stačí, aby některé rychlé částice (jaderná střela), vnesla do takového jádra (terčíku) určitou energii a vznikne složené jádro, které je v excitovaném stavu a které se dále rozštěpí na menší jádra (odštěpky), nebo se stabilizuje vyzářením přebytečné energie (např. ve formě záření gama).

Uvažujeme tudíž reakci:



Uvolněná energie, tj. energie reakce je rovna:

$$E_r = [m_n + m(Z, A) - m(Z_1, A_1) - m(Z_2, A_2) - 2m_n] \times c^2$$

kde: m_n ... klidová hmotnost neutronu,

$m(Z, A)$... hmotnost jádra, charakterizovaného

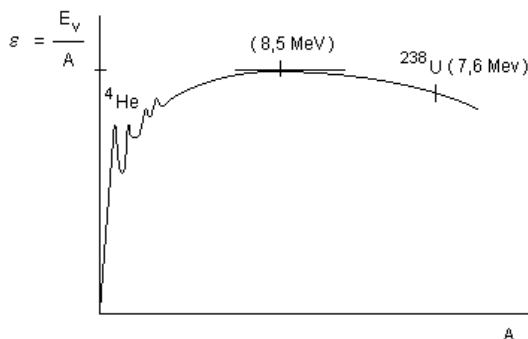
nukleonovým číslem A a atomovým číslem Z ,

$m(Z_1, A_1)$... hmotnost 1. odštěpku,

$m(Z_2, A_2)$... hmotnost 2. odštěpku,

c ... rychlost světla.

Střední vazebná energie ε nukleonu v jádře, je energie, která se uvolní při spojení nukleonu s jádrem. U těžkých jader, jako je jádro uranu, je střední vazebná energie $\varepsilon_t = 7,6$ MeV. U středních jader (se středně velkým nukleonovým číslem A), je vazebná energie $\varepsilon_s = 8,5$ MeV.



Obrázek 16. Závislost střední energie na nukleonovém čísle A . [Zdroj: O-16]

Zjišťujeme tedy $\varepsilon_s > \varepsilon_t$, že středně těžká jádra jsou stabilnější, než těžká. Při štěpení proto dochází k uvolňování přebytečné energie ve formě kinetické energie odštěpků, neutronů a dalších vzniklých částic. Složené jádro ${}_{Z}^{A+1}X^*$ obsahuje celkem $A+1$ nukleonů. Pro energii E_r uvolněnou z jádra tedy platí:

$$E_r = (\varepsilon_s - \varepsilon_t) \times (A + 1) = 0,9 \times (A + 1)$$

Předpokládejme např., že ${}_{Z}^{A}X$ je ${}_{92}^{235}\text{U}$. Pak $E_r = 0,9 \times 236 = 212$ MeV.

Při štěpení jednoho jádra ${}_{92}^{235}\text{U}$ se uvolní energie asi 210 MeV.

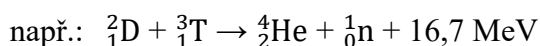
Tato energie se rozdělí zhruba takto:

- 170 MeV kinetická energie štěpných fragmentů,
- 5 MeV energie okamžitých neutronů,
- 5 MeV energie záření gama,
- 17 MeV energie částic β , emitovaných produkty štěpení,
- 10 MeV energie antineutrin emitovaných produkty štěpení.

5.4.2 Termonukleární jaderná reakce

Jak již bylo uvedeno, nejstabilnější jádra jsou jádra středně těžká, se středně velkým nukleonovým číslem A . Jejich střední vazebná energie se pohybuje okolo 8,5 MeV. Naproti tomu těžká jádra i jádra lehká mají vazebnou energii menší, jsou tedy méně stabilní. energii lze tedy v zásadě získat dvojím způsobem. Štěpením jader těžkých prvků nebo sloučením (syntézou) jader lehkých prvků, tzv. *termonukleární reakcí*.

Mezi střední vazebnou energií jader lehkých prvků je značný nepoměr. Zatímco například jádro ${}^2_1\text{D}$ má střední vazebnou energii $\varepsilon = 1,1$ MeV, střední vazebná energie ${}^4_2\text{He}$ je podstatně vyšší $\varepsilon = 7,0$ MeV. Sloučením (syntézou) jader prvků s nízkým nukleonovým číslem (např. izotopů vodíku) na jádra hélia, lze získat vysoký energetický výtěžek.



Uvedená reakce může však probíhat pouze za předpokladu překonání coulombických odpuzivých sil mezi jádry deuteria a tritia (obsahují kladně nabitě protony). K tomu, aby převládly přitažlivé jaderné síly nad těmito odpuzivými silami, musí se jádra přiblížit na vzdálenosti cca 10^{-15} m. K tomu jim musí být dodána značná energie.

Jádra musí být urychlena, neboť musí získat energii vyšší, než je coulombická bariéra (asi 0,3 MeV). Toho lze dosáhnout např. dodáním značného množství tepelné energie. Hovoříme tedy o *termonukleární reakci*.

Při volbě termonukleární reakce je však třeba vycházet z těchto předpokladů:

a) je nutno zvolit takové izotopy lehkých prvků, které jsou vzhledem ke své coulombovské bariéře schopny za teploty 10^7 až 10^8 K (kelvinů) slučovací (syntetické) reakce. Těmito izotopy jsou ^1_1H , ^2_1D , ^3_1T , ^3_2He , ^6_3Li a ^7_3Li .

b) reakce musí v oblasti dosažitelných teplot probíhat dostatečně rychle. Maximální teploty je totiž dosaženo za dobu řádově 10^{-6} sekundy.

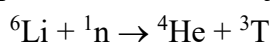
c) je třeba zvolit takovou reakci, která má co největší energetický výtěžek.

Nejrychleji při dané teplotě probíhá reakce mezi těžkými vodíky – deuteriem a tritiem. Je to také základní reakce všech termonukleárních náplní. Teploty řádově 10^7 K, která je požadována jako vhodné reakční prostředí, k překonání coulombických odpuzivých sil, nutných ke sloučení izotopů vodíku, lze dosáhnout štěpnou jadernou reakcí. Použití deuteria a tritia přináší některé obtíže. Jednou z nich je poměrně složitá výroba a tedy i značná cena tritia. Tritium se kromě toho nedá dlouhodobě skladovat ($T_{1/2} = 12$ let). Dalším problémem je dosažení potřebně velké hustoty termonukleární výbušniny a tuto umístit do malého objemu. Použití těžké vody (D_2O) je nevhodné pro přítomnost kyslíku. Zkapalněný vodík (hustota $0,07 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) vyžaduje zase složité chladicí zařízení. Východiskem je použití některých sloučenin vodíku, např. hydridu lithného LiH.

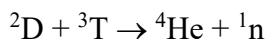
Tabulka 13. Charakteristiky dalších termonukleárních reakcí. [Zdroj: T-13]

Reakce	Energetický výtěžek		Střední doba reakce (s)	
	na 1 jádro (MeV)	na 1 kg (J)	při 10^7K	při 10^8K
$^2_1\text{D} + ^3_1\text{T} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$	17,60	$33,9 \times 10^{13}$	$3,9 \times 10^{-5}$	$2,4 \times 10^{-7}$
$^2_1\text{D} + ^2_1\text{D} \rightarrow ^1_1\text{H} + ^3_1\text{T}$	4,03	$9,6 \times 10^{13}$	$1,9 \times 10^{-3}$	$1,9 \times 10^{-6}$
$^2_1\text{D} + ^2_1\text{D} \rightarrow ^3_2\text{He} + ^1_0\text{n}$	3,26	$7,9 \times 10^{13}$	$1,9 \times 10^{-3}$	$1,9 \times 10^{-6}$
$^7_3\text{Li} + ^2_1\text{D} \rightarrow 2 \ ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$	14,9	$15,9 \times 10^{13}$	$2,4 \times 10^3$	$2,4 \times 10^{-5}$
$^6_3\text{Li} + ^2_1\text{D} \rightarrow 2 \ ^4_2\text{He}$	22,40	$27,2 \times 10^{13}$	$7,5 \times 10^3$	$7,5 \times 10^{-5}$
$^7_3\text{Li} + ^1_1\text{H} \rightarrow 2 \ ^4_2\text{He}$	17,30	$20,9 \times 10^{13}$	$1,8 \times 10^3$	$4,5 \times 10^{-5}$
$^6_3\text{Li} + ^1_1\text{H} \rightarrow ^3_2\text{He} + ^4_2\text{He}$	4,02	$5,5 \times 10^{13}$	$1,8 \times 10^2$	$4,5 \times 10^{-5}$

Nejvýhodnější je použití lithium deuteria $^6\text{Li}^2\text{D}$ a to z následujících důvodů. Při výbuchu štěpné nálože se uvolňují neutrony. Tyto mohou reagovat s ^6Li :



Takto vzniká tritium přímo v termonukleární náloži a odpadá problém s jeho výrobou a skladováním. Vzniklé tritium ochotně reaguje s deuteriem:



Uvolní se další energie, teplota vzroste a pak mohou probíhat další termonukleární reakce. Lithium deuterid se proto používá jako hlavní složka tzv. termonukleární výbušniny.

5.5 Jednotky a veličiny charakterizující zdroj záření

Pod pojmem zdroj ionizujícího záření rozumíme veškeré záření nebo radionuklidy, produkuje ionizující záření.

Aktivita [A] – Aktivitu rovnou 1 Bq má těleso radioaktivního prvku (nuklidu), ve kterém nastane jeden proměnný děj za jednu sekundu. V britsko-americké literatuře se tato jednotka nazývá též tps (transmutation per second).

Vyjadřuje podíl středního počtu radioaktivních přeměn ΔN a časového intervalu Δt , v němž k těmto přeměnám v daném množství radionuklidu došlo: $A = \frac{\Delta N}{\Delta t}$

Plošná aktivita $[a_s]$ – Plošná aktivita 1 Bq.m⁻² přísluší rovnoměrně plošně rozdělené homogenní látce, která na ploše velikosti 1 m² má aktivitu 1 Bq. Je tedy podílem aktivity A a plochy S, na které je aktivita rozdělena. $a_s = \frac{A}{S}$

Měrná aktivita $[a_m]$ – Měrnou aktivitu 1 Bq.kg⁻¹ má homogenní látka, která má ve hmotnosti 1 kg této látky aktivitu rovnou 1 Bq. Je tedy podílem aktivity A a hmotnosti látky m, ve které je aktivita rozložena. $a_m = \frac{A}{m}$

Objemová aktivita $[a_v]$ – Objemová aktivita 1 Bq.m⁻³ přísluší homogenní látce, která má v objemu 1 m³ této látky, aktivitu 1 Bq. Je tedy podílem aktivity A a objemu V, ve kterém je aktivita rozložena. $a_v = \frac{A}{V}$

Emise zdroje $[\Phi_p]$ – Je střední počet částic emitovaných ze zdroje za jednotku času. Jednotkou emise zdroje je reciproká sekunda (s⁻¹), nebo jedna za sekundu (1/s) bez zvláštního názvu. V některé literatuře je emise zdroje značena jako vnější záření. $\Phi_p = \frac{dN}{dt}$

Zdrojem může být radionuklid, rentgenka nebo urychlovač a částice emitované ze zdroje mohou pocházet přímo z radioaktivní přeměny, nebo mohou být ve zdroji urychlovány, nebo může jít o sekundární částice vznikající interakcemi s látkovým prostředím. Emitované částice je nutno blíže specifikovat a název veličiny pak bude znít: emise elektronů, emise rychlých neutronů, emise fotonů o určité energii. Emise zdroje je tedy celkový tok částic, procházející uzavřenou (tj. přesně definovanou) plochou, tvořenou povrchem zdroje.

Tabulka 14. Převodové vztahy mezi jednotkami a veličinami. [Zdroj: T-14]

Název veličiny dle ČSN, jiné názvy, vojenské termíny	Jednotka v soustavě SI	Vedlejší jednotky	Převodové vztahy
Aktivita [A]	becquerel (Bq)	Ci rozp.s ⁻¹ rozp.min ⁻¹	1 Ci = 3,7 × 10 ¹⁰ Bq 1 rozp.s ⁻¹ = 1 Bq 1 rozp.min ⁻¹ = 60 ⁻¹ Bq
Plošná aktivita [a _s] Stupeň plošné kontaminace [α]	becquerel na metr čtvereční (Bq.m ⁻²)	Ci.m ⁻² rozp.s ⁻¹ .cm ⁻² rozp.min ⁻¹ .cm ⁻²	1 Ci.m ⁻² = 3,7 × 10 ¹⁰ Bq.m ⁻² 1 rozp.s ⁻¹ .cm ⁻² = 10 ⁴ Bq.m ⁻²
Měrná aktivita [a _m] Specifická hmotnostní aktivita Stupeň kontaminace potravin, vody	becquerel na kilogram (Bq.kg ⁻¹)	Ci.g ⁻¹ rozp.s ⁻¹ .g ⁻¹ rozp.min ⁻¹ .g ⁻¹	1 rozp.s ⁻¹ .g ⁻¹ = 10 ⁻³ Bq.kg ⁻¹ 1 Ci.g ⁻¹ = 3,7 × 10 ¹³ Bq.kg ⁻¹
Objemová aktivita [a _v] Stupeň kontaminace potravin, vody	becquerel na metr krychlový (Bq.m ⁻³)	Ci.l rozp.s ⁻¹ .l ⁻¹ rozp.min ⁻¹ .l ⁻¹	1 rozp.s ⁻¹ .l ⁻¹ = 10 ³ Bq.m ⁻³ 1 rozp.s ⁻¹ .cm ⁻³ = 10 ⁶ Bq.m ⁻³ 1 Ci.l ⁻¹ = 3,7 × 10 ¹³ Bq.m ⁻³

5.6 Jednotky a veličiny charakterizující pole záření

Pole záření bývá nejčastěji popsáno podle účinků záření procházející látkou daného objemu v určitém místě. Na tomto principu jsou založeny veličiny, které nazýváme *dozimetrické*.

Absorbovaná dávka [D] – Poměr střední energie d_e přímo ionizujících částic, předané objemovému elementu látky o hmotnosti d_m v tomto objemovém elementu. $D = \frac{d_e}{d_m}$ Dávka jeden gray představuje absorpci 1 joule energie v 1 kilogramu hmoty, tzn. absorpci 100 radů v 1 gramu hmoty. Uvedený vztah platí přibližně, a to za předpokladu, že prostředím je vzduch.

Dávkový přírůstek $[D^*]$ – je definován vztahem jako časový přírůstek (časová změna) absorbované dávky dD . $D^* = \frac{dD}{dt}$

Kerma [K] – Podíl součtu počátečních kinetických energií dE_k všech nabitých částic, uvolněných nepřímo ionizujícím zářením (především gama a neutrony) v objemovém elementu látky o hmotnosti dm v tomto objemovém elementu. $K = \frac{dE_k}{dm}$

Kermový příkon [K•] – Analogicky k dávkovému příkonu je kermový příkon definován jako časový přírůstek kermy podle vztahu: $K' = \frac{dK}{dt}$

Expozice [X] – Je definována pomocí ionizačních účinků gama fotonového záření na vzduch, jako podíl středního součtu elektrických nábojů dQ všech iontů jednoho znaménka, vzniklých v objemovém elementu vzduchu o hmotnosti dm , při úplném zabrzdění všech elektronů (megatronů i pozitronů) uvolněných fotony v tomto objemovém elementu a jeho hmotnosti dm podle vztahu: $X = \frac{dQ}{dm}$

Expoziční příkon [X•] – Definován jako časový přírůstek expozice dX . $X' = \frac{dX}{dt}$

Dávkový ekvivalent [H] – Charakterizuje vztah mezi absorbovanou dávkou ionizujícího záření a radiobiologickým poškozením živého organismu (osob) různými druhy ionizujícího záření:

$$H = D \times Q \times N \quad \text{přičemž}$$

Q ... jakostní faktor, vyjadřuje různý stupeň radiobiologického poškození organismu, způsobené různým druhem ionizujícího záření, při stejné absorbované dávce D :

- pro fotony, elektrony a gama záření je roven 1,
- pro tepelné neutrony je roven 2,3,
- pro neutrony, protony a částice s jedním nábojem je roven 10,
- pro alfa částice s více, jak jedním nábojem je roven 20,

N ... Součinitel řady modifikujících faktorů, charakterizující tzv. „jakost dávky“, především její časové a prostorové rozložení v organismu a citlivost jednotlivých druhů tkáně.

Tabulka 15. Používané jednotky a veličiny charakterizující zdroj záření. [Zdroj: T-15]

Název veličiny podle ČSN, jiné názvy či vojenské termíny		Hlavní odvozená jednotka v soustavě SI	Některé vedlejší jednotky	Převodové vztahy
Absorbovaná dávka Dávka Dávka záření	[D]	gray (Gy)	J.kg ⁻¹ rad	1 rad = 10 ⁻² J.kg ⁻¹ = 10 ⁻² Gy 10 ² rad = 1 J.kg ⁻¹ = 1 Gy 1 Gy = 1 J.kg ⁻¹ = 10 ² rad 1 R = 8,69 mGy = 0,869 rad*
Kerma	[K]		J.kg ⁻¹	1 Gy = 1 J.kg ⁻¹
Dávkový příkon Dávková rychlost Úroveň radiace	[D•]	gray za sekundu (Gy.s ⁻¹)	Gy.h ⁻¹ W.kg ⁻¹ rad.h ⁻¹	1 rad.s ⁻¹ = 10 ⁻² W.kg ⁻¹ = 10 ⁻² Gy.s ⁻¹ 10 ² rad.s ⁻¹ = 1 W.kg ⁻¹ = 1 Gy.s ⁻¹ 1 rad.s ⁻¹ = 10 ⁻² Gy.s ⁻¹ = 36 Gy.h ⁻¹
Kermový příkon	[K•]		W.kg ⁻¹ .s ⁻¹	1 Gy.s ⁻¹ = 1 W.kg ⁻¹ .s ⁻¹
Expozice Ozáření Dávka	[X]	coulomb na kilogram (C.kg ⁻¹)	R	1 R = 2,580 × 10 ⁻⁴ C.kg ⁻¹ 3,87597 × 10 ³ R.s ⁻¹ = 1 C.kg ⁻¹ 1 C.kg ⁻¹ = 3875,97 R
Expoziční příkon Expoziční rychlost Úroveň radiace	[X•]	ampér na kilogram (A.kg ⁻¹)	R.s ⁻¹ R.h ⁻¹	1 R.s ⁻¹ = 2,580 × 10 ⁻⁴ A.kg ⁻¹ 3,87597 × 10 ³ R.s ⁻¹ = 1 A.kg ⁻¹ 1 R.h ⁻¹ = 7,16 × 10 ⁻⁸ A.kg ⁻¹ 1 A.kg ⁻¹ = 1,39 × 10 ⁷ R.h ⁻¹
Dávkový ekvivalent	[H]	sievert (Sv)	rem	1 rem = 10 ⁻² Sv 1 Sv = 10 ² rem
Příkon dávkového ekvivalentu	[H•]	sievert za sekundu (Sv.s ⁻¹)	rem.s ⁻¹ rem.h ⁻¹	1 rem.s ⁻¹ = 10 ⁻² Sv.s ⁻¹ = 36 Sv.h ⁻¹

Poznámka: rad* – přibližná hodnota přepočtu (podle biologického účinku na živý organismus)

5.6.1 Vztah expozice k dávce a kermě a některé problémy s užíváním veličin

Pro pochopení fyzikálního významu zavedených dozimetrických veličin dávka karma, dávková a kermová rychlost, je nutné si uvědomit způsob předávání energie látce, přímo i nepřímou ionizujícími částicemi. Přímou ionizující částice (částice nesoucí elektrický náboj) předávají svoji energii podél dráhy v mnohonásobných interakcích s atomy, nebo molekulami prostředí. Výsledkem interakce jsou procesy ionizace a excitace prostředí a další procesy jako disociace molekul apod. Jedná se v podstatě o *přímou ztrátu energie* nabitých částic.

Z uvedeného vyplývá, že střední energie ϵ , sdělená látce, způsobená nabitými částicemi, charakterizuje proces přímého předávání energie těchto částic látce v *procesu primární interakce s látkou*. Nepřímou ionizující částice, čili nenabitě částice (neutrony, kvanta gama apod.), vzhledem k tomu, že nemají elektrický náboj, nemohou prostředí ionizovat přímo, tedy nemohou látce předávat energii přímo.

Způsob předávání energie EK látce nepřímou ionizujícím zářením probíhá až v sekundárních, popřípadě terciálních procesech interakce. Přestože expozice není pojmově totožná ani s jednou z veličin absorbovaná dávka a kerma, jsou v ní zahrnuty vlastnosti obou těchto veličin s tím rozdílem, že absorbující látkou (prostředím) je vzduch. Ve vojenské praxi se někdy doposud k vyjádření absorbované dávky používá mimosystémové jednotky *rentgen (R)*.

Rentgen (R) je starší jednotkou expozice (ozáření). Jedná se o takovou expozici, při níž fotony elektromagnetického záření (gama a rentgenového) vzbudí v 1 kg vzduchu korpuskulární záření (megatrony, pozitrony), které po úplném zabrzdění v tomto množství vzduchu vytvoří tolik iontových párů, že nesou úhrnem po $2,58 \times 10^{-4}$ coulombech elektrického náboje obojího znaménka.

Základní podmínkou pro převod expozice na dávku je dosažení elektronové rovnováhy, přičemž také ve vzdálenosti řádově rovné dosahu uvolněných megatronů a pozitronů se hustota toku energie (tzv. fluency energie) musí zřetelně měnit. Ve vzduchu se hodnoty expozice a její odpovídající absorbované dávky liší pouze asi o 13 %.

Absorbovanou dávku v rentgenech lze vyjadřovat pouze v případech vnějšího ozáření gama produkty radioaktivní kontaminace, případně složky záření gama pronikavé radiace. Absorbovanou dávku v jednotkách gray nebo rad lze vyjadřovat ve všech případech vnějšího i vnitřního ozáření přímo i nepřímou ionizujícím zářením. Pro převod expozice na absorbovanou dávku (nebo kermu) ve vzduchu lze pak použít obecného vztahu: $D = k \times X$

kde: k ... součinitel převodu,
 X ... expozice,

přičemž platí:

$k = 33,7$ pro převod z jednotek ($C \cdot kg^{-1}$) na jednotky ($J \cdot kg^{-1}$), neboli na gray (Gy),
 $k = 8,69 \times 10^{-3}$ pro převod z jednotek rentgen (R) na jednotky ($J \cdot kg^{-1}$), neboli na gray (Gy),
 $k = 8,69$ pro převod z jednotek rentgen (R) na miligray (mGy),

potom je zřejmé:

$1 R = 8,69 \times 10^{-3} J \cdot kg^{-1} = 8,69 \times 10^{-3} Gy = 8,69 mGy = 0,869 rad$,
 $115,1 R = 1 Gy = 100 rad$.

Pro převod expoziční rychlosti (úrovně radiace) na dávkovou (kermovou) rychlost pak analogicky platí:

$1 R \cdot s^{-1} = 8,69 \times 10^{-3} Gy \cdot s^{-1} = 8,69 mGy \cdot s^{-1} = 0,869 rad \cdot s^{-1}$,
 $115,1 R \cdot s^{-1} = 1 Gy \cdot h^{-1} = 100 rad \cdot s^{-1}$,
 $1 R \cdot h^{-1} = 8,69 \cdot 10^{-3} Gy \cdot h^{-1} = 8,69 mGy \cdot h^{-1} = 0,869 rad \cdot h^{-1}$,
 $115,1 R \cdot h^{-1} = 1 Gy \cdot h^{-1} = 100 rad \cdot h^{-1}$.

5.7 Druhy jaderných výbuchů

Jaderné výbuchy rozdělujeme podle výšky a prostředí výbuchu na:

- výškové,
- vzdušné,
- pozemní (návodní),
- podzemní (podvodní).

Pro posouzení účinků jaderného výbuchu je rozhodující znalost druhu výbuchu. Proto se používá podrobnější dělení, které bere zřetel na mohutnost jaderného výbuchu.

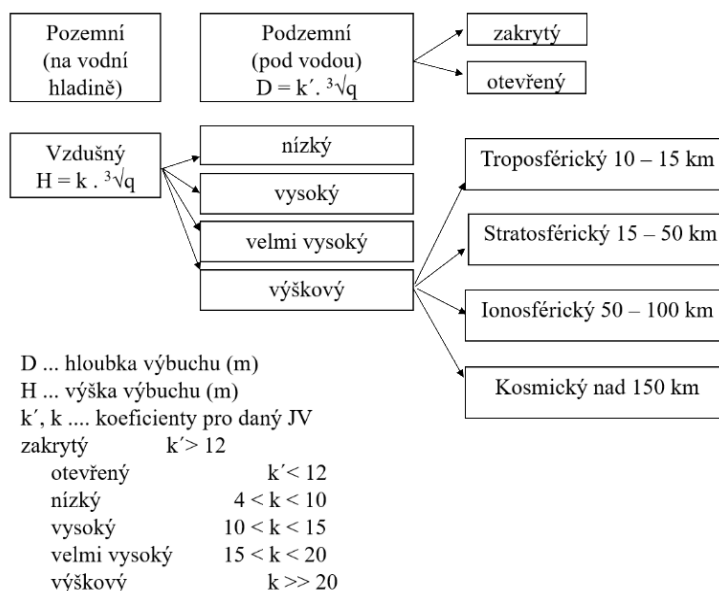
Pro výšku výbuchu H , respektive pro hloubku výbuchu D (u podzemního výbuchu) platí empirický vztah:

$$H = k \times \sqrt[3]{q} \text{ respektive } D = k' \times \sqrt[3]{q} \text{ kde:}$$

k (resp. k') ... součinitel charakterizující druh výbuchu,

q ... mohutnost (kt).

Při jaderném výbuchu rozeznáváme místo, čili *centrum* výbuchu (při podzemním hovoříme někdy o hypocentru) a *epicentrum*. Epicentrum je bod na terénu, který získáme spuštěním nebo vytyčením kolmice z centra výbuchu. Při pozemním kontaktním výbuchu je centrum epicentrum výbuchu totožné. Pomocí vnějšího obrazu jaderného výbuchu může dobrý pozorovatel určit druh jaderného výbuchu, případně odhadnout i jeho mohutnost. Lze také získat téměř okamžitě představu opůsobení jednotlivých ničivých faktorů.



Obrázek 17. Rozdělení jaderných výbuchů dle součinitele k (resp. k'). [Zdroj: O-17]

Druhy jaderných výbuchů:

a) Vzdušný jaderný výbuch:

- svítící oblast má tvar koule (neúplné koule při nízkém jaderném výbuchu), nedotýká se povrchu terénu,
- mezi sloupem prachu a hlavou oblaku je patrná krátce po výbuchu mezera (sloup prachu není spojen s hlavou oblaku),
- oblak není příliš tmavý,
- na terénu nevzniká prakticky žádný kráter,
- slabá radioaktivní kontaminace terénu jen v okolí epicentra.

b) Pozemní jaderný výbuch:

- svítící oblast má zprvu tvar polokoule ležící na zemském povrchu, později se tvar deformuje,
- vzniklý sloup prachu je od počátku spojen s hlavou oblaku, barva oblaku je podstatně tmavší, než u vzdušného jaderného úderu,
- na terénu vzniká silně kontaminovaný kráter,
- ve směru pohybu oblaku se vytváří silně radioaktivní kontaminace.

c) Podzemní jaderný výbuch:

- svítící oblast není viditelná,
- oblak postrádá hříbovitý tvar, je velmi tmavý a hustý,
- dostup oblaku je menší ve srovnání se vzdušným i pozemním výbuchem,
- v místě výbuchu vzniká rozsáhlý vysoce kontaminovaný kráter,
- kontaminace ve stopě je zhruba 2x vyšší, než u pozemního výbuchu.

Pozemní jaderný výbuch je výbuch, při němž se svítící oblast dotýká povrchu země. Ničivé faktory pozemního jaderného výbuchu jsou světelné a tepelné záření, pronikavá radiace, elektromagnetický impuls, tlaková vlna a kontaminace terénu radioaktivními látkami. Zvláštností pozemního jaderného výbuchu je kontaminace terénu radioaktivními látkami (radioaktivní kontaminace) jak v prostoru výbuchu, tak i ve směru pohybu radioaktivního oblaku.

Při hromadných pozemních výbuších se vytvářejí rozsáhlé prostory radioaktivní kontaminace, která může způsobit hromadné vyřazení osob z boje, tím ztížit bojovou činnost vojsk a ve městech způsobit velké ztráty civilního obyvatelstva. V centru (epicentru) výbuchu se vytváří na terénu kráter, jehož rozměry jsou závislé na mohutnosti výbuchu a druhu podloží.



*Obrázek 18. Pozemní jaderný výbuch.
[Zdroj: O-18]*



*Obrázek 19. Podzemní jaderný výbuch.
[Zdroj: O-19]*

elektromagnetický impuls a tlaková vlna.

V epicentru **nízkého vzdušného výbuchu** (nebo v jeho blízkosti) se vytváří radioaktivní kontaminace terénu. Kontaminace terénu ve směru pohybu radioaktivního oblaku nevzniká nebo je nepatrná a na činnost nemá podstatný vliv. Významným faktorem tohoto výbuchu je elektromagnetický impuls, který způsobuje fyzikální změny v ovzduší, což komplikuje provoz nebo vede až k vyřazení spojovacích prostředků.

Výškový jaderný výbuch je výbuch provedený s cílem zničit za letu vzdušné cíle ve výšce bezpečné pro pozemní objekty nebo případně narušit spojení. Ničivé faktory výškového jaderného výbuchu (ve výšce do 25 až 30 km) jsou tlaková vlna, světelné a tepelné záření a pronikavá radiace.

Podzemní jaderný výbuch je výbuch provedený pod povrchem terénu (v zemině). Při podzemním jaderném výbuchu vzniká kráter, jehož průměr je 2 až 2,5 krát větší než průměr kráteru při pozemním výbuchu stejné mohutnosti. Ničivé účinky podzemního výbuchu jsou radioaktivní kontaminace a seismická tlaková vlna. Světelné a tepelné záření, pronikavou radiaci a elektromagnetický impuls zcela pohltní zemina.

Vzdušný jaderný výbuch je výbuch, při němž se svítící oblast nedotýká povrchu terénu (vody). Můžou být nízké a vysoké. Ničivé faktory vzdušného jaderného výbuchu jsou světelné a tepelné záření, pronikavá radiace,



Obrázek 20. Vzdušný jaderný výbuch. [Zdroj: O-20]

Při výškovém vzdušném výbuchu nedochází ke kontaminaci terénu radioaktivními látkami. Určujícím ničivým faktorem při působení na vzdušné cíle je tlaková vlna. Se zvětšením výšky výbuchu se poloměr pásma zasažení tlakovou vlnou zmenšuje, světelným a tepelným zářením zvětšuje. Poloměr pásma zasažení pronikavou radiací se zvětšuje do výšky 20 až 30 km, pak se nemění. Dalším určujícím ničivým faktorem je elektromagnetický impuls.



Obrázek 21. Návodní jaderný výbuch. [Zdroj: O-21]

je velkým nebezpečím zejména pro hydrotechnická zařízení a jiné objekty pod i na vodní hladině. Účinky světelného a tepelného záření a pronikavé radiace jsou značně zeslabovány velkým množstvím vodních par. K silné radioaktivní kontaminaci vody, dochází jak v prostoru výbuchu, tak i ve směru pohybu oblaku výbuchu. Pro jaderný výbuch nad vodní hladinou a pozemní jaderní výbuch lze taktéž použít pojem stykový jaderný výbuch.

Podvodní jaderný výbuch je výbuch provedený pod vodní hladinou. Charakteristickým jevem podvodního výbuchu je vytvoření sloupu vodní tříště a základové vlny. Vodní sloup je nahoře ukončen velkým hřibovitým oblakem složeným z radioaktivních par a plynů. V důsledku rozrušení vodního sloupu vzniká základová vlna, která se šíří od centra výbuchu a zvedá do výše, až se spojí s oblakem vodního sloupu.

Ničivým faktorem podvodního výbuchu je základová a tlaková vlna, která je nebezpečná pro lodě a hydrotechnická zařízení. Světelné a tepelné záření a pronikavá radiace jsou téměř úplně pohlceny vodou a vodními parami. Při podvodním výbuchu může dojít k silné kontaminaci vody, případně lodí a pobřežního pásma radioaktivními látkami.



Obrázek 22. Podvodní jaderný výbuch. [Zdroj: O-22]

5.7.1 Charakteristika jaderného výbuchu

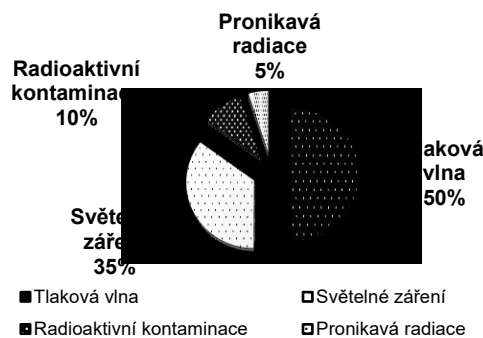
Jaderný výbuch je charakterizován *mžikovým uvolněním* velkého množství energie v důsledku štěpné nebo termonukleární reakce. Tato uvolněná energie je pro svou ničivou schopnost využívána k vojenským účelům.

Hovoříme tudíž o *ničivých účincích (faktorech) jaderných zbraní*. Je jich celkem pět:

- tlaková vlna jaderného výbuchu,
- pronikavá radiace,
- elektromagnetický impuls,
- světelné záření jaderného výbuchu,
- radioaktivní kontaminace.

Mohutnost jaderného výbuchu (angl. yield), závisí na množství energie uvolněné při výbuchu, tzv. tritolovém ekvivalentu. U jaderného výbuchu se pouze 85 % energie uvolní ve formě kinetické (tepelné) energie. Z těchto 85% se část spotřebuje na vznik tlakové vlny (vlny stlačení v půdě). Zbytek se spotřebuje na vznik světelného záření. Podíl energie vyzářené ve formě světelného záření závisí na druhu jaderné nálože a na podmínkách výbuchu. Například pro vzdušný jaderný výbuch ve výšce do 30 km se tento podíl pohybuje mezi 30 až 40 %. Tomuto výbuchu odpovídá rozdělení energie dle grafu 1. Doba rozvoje štěpné jaderné reakce až k výbuchu je 10^{-6} s. Většina energie (cca 90 %) se uvolní během 10^{-7} s.

Počáteční koncentrace této energie je proto extrémně vysoká. Předpokládáme-li štěpnou nálož o hustotě přibližně $2 \times 10^4 \text{ kg.m}^{-3}$, bude počáteční energie rovna asi $3,2 \times 10^{17} \text{ J.m}^{-3}$ (o sedm řádů více, než při výbuchu TNT). Maximální teplota v oblasti reakce roste s celkovou uvolněnou energií a zmenšuje se s růstem povrchu nálože a růstem doby trvání reakce. Hodnoty této teploty se pohybují kolem $3 \cdot 10^7 \text{ K}$.



Graf 1. Rozdělení energie jaderného výbuchu při vzdušném jaderném úderu $H = \text{do } 30 \text{ km}$. [Zdroj: G-1]

5.7.2 Časový průběh jaderného výbuchu (štěpná jaderná nálož o $q = 30 \text{ kt}$)

Doba $t \leq 10^{-6} \text{ s}$ (od okamžiku uvolnění až 90 % energie výbuchu) – probíhá vypařování štěpné nálože a obalu jaderného náboje. Vznikající páry jsou zahřáty na teplotu cca 10^6 K . Z oblasti reakce, je vyzářováno silné gama a neutronové záření (pronikavá radiace).

Doba $10^{-6} \text{ s} \leq t \leq 10^{-4} \text{ s}$ – dochází ke vzniku žhavé (svítící) oblasti a tlakové vlny. Teplota povrchu žhavé oblasti vzrůstá ke konci této fáze na $50\,000 \text{ K}$ a její poloměr na cca 20 m .

Doba $10^{-4} \text{ s} \leq t \leq 2 \cdot 10^{-2} \text{ s}$ – povrchem žhavé oblasti je čelo tlakové vlny. Teplota povrchu žhavé oblasti klesá na $3\,500 \text{ K}$, její poloměr roste na 120 m . Tlak v čele vlny se zmenšuje z 1000 MPa na 5 MPa . Tlaková vlna přestává svítit.

Doba $2 \cdot 10^{-2} \text{ s} \leq t \leq 2 \cdot 10^{-1} \text{ s}$ – teplota žhavé oblasti vzroste na $8\,000 \text{ K}$, poloměrná 200 m . Poloměr čela tlakové vlny se zvětšuje na 300 m , tlak v čele klesá na 1 MPa . Ke konci této fáze prakticky končí působení neutronového záření.

Doba $2 \cdot 10^{-1} \text{ s} \leq t \leq 3 \text{ s}$ – teplota povrchu žhavé oblasti klesá na $1\,500 \text{ K}$, poloměr vzrůstá na 300 m . Ke konci fáze přestává působení světelného záření a začíná tvorba a vzestup oblaku výbuchu. Poloměr čela tlakové vlny dosahuje $1\,700 \text{ m}$, tlak v jejím čele klesá na $0,03 \text{ MPa}$. Dávka způsobená vlivem záření gama činí koncem periody kolem 95 % celkové dávky.

Doba $3 \text{ s} \leq t \leq 60 \text{ s}$ – výška horní části oblaku dosahuje $3\,000 \text{ m}$ a její průměr $2\,000 \text{ m}$. Tlaková vlna dosáhla vzdálenosti kolem 20 km a její ničivé účinky ustávají.

Doba $1 \text{ min.} \leq t \leq 10 \text{ min.}$ – končí vzestup a rozvoj výbuchu. Hlavní část oblaku dosahuje výšky 10 až 13 km , průměr oblaku 5 až 6 km .

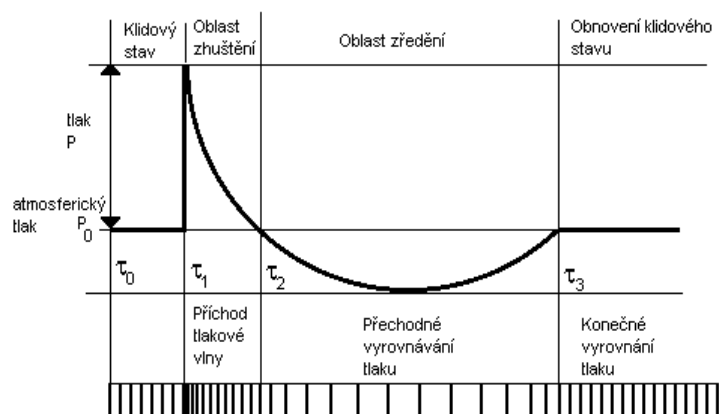
Doba $t > 10 \text{ min.}$ – vypadávání radioaktivních produktů výbuchu z oblaku na zemský povrch. Dochází k rozptylování oblaku výbuchu.

U mohutnějších výbuchů bude dosah jednotlivých jevů (výška a průměr oblaku, dosah a energie tlakové vlny atd.) větší. Větší bude i doba rozvoje jevů. Jejich chronologické uspořádání zůstane však stejné.

5.7.3 Tlaková vlna jaderného výbuchu

Rozpínající se svítilící oblast prudce stlačuje vrstvy okolního vzduchu a dochází k jejich rozkmitání. Tento vzduch se šíří od centra výbuchu na všechny strany jako tlaková vlna. Maximální tlak je v tzv. *čele tlakové vlny* a směrem k centru klesá (viz graf 2). V okamžiku, kdy se tlaková vlna odtrhne od žhavé oblasti, je tlak v jejím čele roven přibližně dvojnásobku tlaku v centru žhavé oblasti.

V malých vzdálenostech od centra výbuchu je vzduch v čele tlakové vlny silně zhuštěn a zahřát tak, že svítí. Se vzdalováním tlakové vlny se přetlak v čele postupně zmenšuje. Od určité vzdálenosti se tlak za čelem vlny postupně zmenšuje, až poklesne pod hodnotu atmosférického tlaku – vzniká oblast zředění. Největší ničivý účinek má tlaková vlna ve fázi zhuštění. Během fáze zředění jsou ničivé účinky zanedbatelné.



Graf 2. Průběh tlakové vlny jaderného výbuchu v závislosti na času a vzdálenosti. [Zdroj: G-2]

Kromě přetlaku v čele vlny je nutno v některých případech uvažovat i další účinek tlakové vlny a tím je *rychlostní nápor*. Za čelem tlakové vlny postupují masy vzduchu značné kinetické energie. Tento vzduch působí na překážky (je brzděn) a zvyšuje tak účinek tlakové vlny. Rychlostní nápor je funkcí rychlosti a hustoty vzduchu za čelem tlakové vlny. Obě tyto veličiny závisejí na přetlaku v čele vlny. Pro mohutné tlakové vlny převyšuje hodnota rychlostního náporu hodnotu přetlaku. Pro přetlaky v čele vlny větší než 0,35 MPa převažuje rychlostní nápor, pro přetlaky menší než 0,35 MPa převažuje přetlak. Maximální rychlostní nápor se zmenšuje se vzdáleností od centra výbuchu. Tento proces je rychlejší než u přetlaku v čele vlny. Jestliže čelo tlakové vlny dorazí do určitého bodu, vzroste zde prudce přetlak i rychlostní nápor, potom klesají. Hodnoty obou parametrů klesnou na nulu za zhruba stejnou dobu. Ve fázi zředění má rychlostní nápor, opačný směr, jeho hodnota je však zanedbatelná.

Rychlost pohybu čela tlakové vlny, tedy i doba příchodu čela vlny, závisí na mohutnosti výbuchu a vzdálenosti od centra výbuchu. V prvních okamžicích při výbuchu rychlost pohybu čela tlakové vlny mnohonásobně převyšuje rychlost šíření zvuku. Avšak se vzrůstající vzdáleností od centra výbuchu se rychlost pohybu čela zmenšuje, až se vlna pohybuje přibližně rychlostí zvuku (asi 344 m. s⁻¹, při teplotě vzduchu t = 20 °C).

Rychlost pohybu čela tlakové vlny je tedy vždy větší nebo rovna rychlosti zvuku. Naproti tomu rychlost pohybu mas vzduchu za čelem vlny převyšuje rychlost zvuku jen v prvních okamžicích po výbuchu.

Vzduch lze pokládat za homogenní prostředí. Předpokládejme vzdušný jaderný výbuch. Tlakovou vlnu šířící se z centra výbuchu nazýváme *padající*. Narazí-li na zemský povrch, či jinou překážku, odrazí se a postupuje dále jako vlna *odražená*. Odraz tlakové vlny probíhá mžikově, a proto jsou objekty nacházející se na úrovni terénu země vystaveny jedinému nárazu.



Foto 75. Účinky jaderného výbuchu Hirošima 1945. Ruina byla posléze pojmenována Hirošimský památník míru. [Zdroj: F-75]

Za hodnotu přetlaku na povrchu Země, lze tedy vzít v úvahu hodnotu přetlaku pouze v odražené vlně. V oblasti epicentra výbuchu bude hodnota přetlaku v čele odražené vlny více než dvakrát převyšovat hodnotu přetlaku v čele dopadající vlny. Velikost přetlaku v odražené vlně závisí na energii dopadající vlny a na úhlu dopadu.



Foto 76. Účinky jaderného výbuchu Nagasaki 1945. [Zdroj: F-76]

Změna přetlaku s časem v určitém místě na povrchu Země v blízkosti epicentra má obdobný charakter, jako změna přetlaku v určitém bodě ve vzduchu. Předmět nacházející se v určité výšce nad povrchem Země bude vystaven ve skutečnosti dvěma nárazům. Jednomu od dopadající tlakové vlny, druhému od odražené vlny. Křivka změny přetlaku s časem bude tedy mít *dvě maxima*.

Dopadající a odražená vlna se nepohybují stejnou rychlostí. Odražená vlna se pohybuje vzduchem zahřátým stlačením dopadající vlnou, přetlak v jejím čele je větší a proto se odražená vlna pohybuje rychleji, než padající. Za těchto podmínek tak odražená vlna dostihne

vlnu padající a dochází k jejich splnutí. Vzniká tzv. *čelní tlaková vlna*. Oblast, v níž dochází k tomuto jevu, se nazývá vzdálenější oblast šíření tlakové vlny (oblast neregulárního odrazu). V bližší oblasti šíření tlakové vlny (oblast regulárního odrazu) nedochází ke splývání vln. S rostoucí vzdáleností od epicentra se nachází trojný bod ve stále rostoucí výšce. Přetlak v čele čelní vlny má velikost součtu velikostí hodnot přetlaků v čele obou vln.

5.7.3.1 Ničivé účinky tlakové vlny

Poškození staveb vystavených účinkům tlakové vlny jaderného výbuchu závisí na pevnosti konstrukce, mohutnosti jaderného výbuchu, druhu jaderného výbuchu, vzdálenosti od centra výbuchu a dalších faktorech (reliéf terénu, pokrytost terénu apod.). Běžné stavby *jsou však poškozovány a ničeny již při malých přetlacích v čele vlny*.

Nejméně odolné jsou dřevěné stavby. Poměry ničení cihlových budov jsou v závislosti na počtu pater asi 1,5 až 2 krát menší. Nejodolnější jsou železobetonové stavby a stavby s ocelovou kostrou. Takové stavby mohou přežít jaderný výbuch bez vážnějšího poškození i v blízkosti centra (epicentra) jaderného výbuchu.

V různých vzdálenostech od epicentra má působení tlakové vlny na stavby různý charakter. V bližší oblasti jsou vystaveny stavby převyšující zemský povrch působení padající a odražené tlakové vlny. V prvních okamžicích při dopadu padající vlny na pokrytí stavby (střechy atd.) jsou tyto vystaveny prudkému úderu. Při odrazu padající vlny od terénu se stavba nachází v oblasti stlačeného vzduchu a je vystavena tlaku ze všech stran.

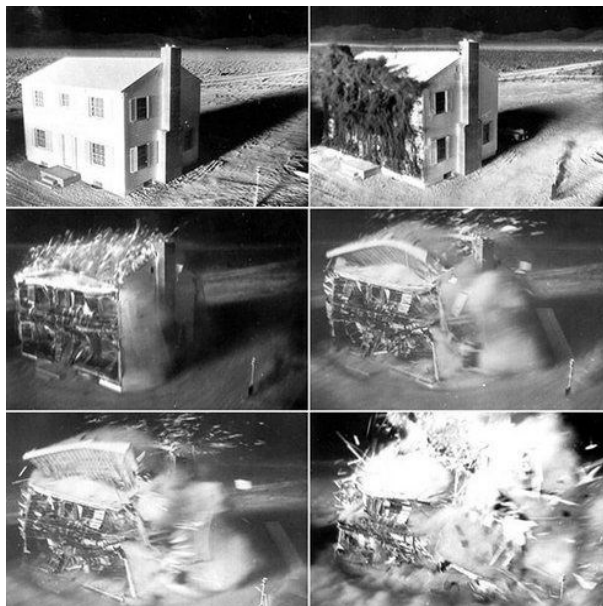


Foto 77. Účinek světelného (tepelného) záření a tlakové vlny jaderného výbuchu. Z testu v USA. [Zdroj: F-77]

Pro pozemní výbuch, resp. provzdálenější oblast vzdušného výbuchu platí, že tlaková vlna se šíří podél zemského povrchu. Jednotlivé části objektů vyskytující se v oblasti působení tlakové vlny budou zatíženy různě v nestejných okamžicích.

Nejvíce a nejdříve bude zatížena čelní stěna. Je vystavena působení přetlaku v čele vlny i rychlostnímu náporu. V oblasti přetlaku se pak postupně ocitají boční stěny a pokrytí stavby a nakonec i zadní stěna. Za objekty se však nachází prostor, kde se nevyskytuje rychlostní nápor. Působení tlakové vlny je tedy v tomto prostoru slabší (zhruba třetinové, ve srovnání s přímým působením tlakové vlny na kolmou překážku). Této okolnosti se využívá při ochraně před působením tlakové vlny.



Foto 78. Oběti jaderného výbuchu, Nagasaki 1945. [Zdroj: F-78]

Působení tlakové vlny na objekty, které nepřevyšují zemský povrch (zapuštěné), je značně menší, než na objekty, které na zemský povrch vystupují. Na tyto objekty nepůsobí rychlostní nápor. Nedochozí zde ke zvyšování účinků tlakové vlny v důsledku odrazu tlakové vlny.

Pro přímé působení tlakové vlny na osoby platí přibližně stejná pravidla, uvedená výše. Prostřednictvím stržených úlomků různých předmětů, létajícím kamením, odštěpky střešních krytin, oken apod., může tlaková vlna způsobit osobám vážná poranění – působí tedy i nepřímě.

Tyto druhotné účinky tlakové vlny nelze prakticky předvídat. Uhrozí tohoto druhu působení tlakové vlny je zvláště akutní v obydlených oblastech. Zranění létajícími předměty mohou být způsobena v mnohem větších vzdálenostech, než zranění bezprostředně způsobená tlakovou vlnou. Pro výpočet vzdálenosti a , na kterou je z boje vyražena bojová technika a objekty, platí přibližný vztah:

$$a = k \cdot \sqrt[3]{q} \quad \text{kde:}$$

q ... tritolový ekvivalent [kt]

k ... koeficient pro různý druh staveb a bojové techniky (viz tab. 16)

a ... poloměr vyražení [km]

Tabulka 16. Hodnoty koeficientu „ k “

[Zdroj: T-16]

Druh bojové techniky (druh stavby)	Závislost koeficientu na druhu výbuchu	
	pozemní	vzdušný
Nákladní automobily	0,43	0,51
Obrněné transportéry	0,25	0,32
Protiletadlové kanóny	0,3	0,3
Tažené dělostřelectvo, rakety	0,25	0,25
Střední tanky	0,2	0,2
Dřevěné stavby	1,1	1,4
Cihlové obytné domy	0,7	0,75
Pohotovostní úkryty	0,22	0,2
Odpočinkové úkryty lehký typ	0,18	0,16
Odpočinkové úkryty těžký typ	0,11	0,06
Zákopy bez obložení	0,35	0,35

5.7.3.2 Ochrana před ničivými účinky tlakové vlny

Ochrana před ničivými účinky tlakové vlny je v principu stejná, jako ochrana před tlakovými vlnami výbuchů klasických trhavin. Je nutno si ovšem uvědomit několik skutečností:

- poloměr ničení je u tlakové vlny jaderného výbuchu přirozeně několikanásobně větší,
- působení tlakové vlny jaderného výbuchu je delší než u výbuchu klasické trhavin,
- v úvahu beremejak vysoký přetlak v čele tlakové vlny, tak i rychlostní nápor.

Ochrana před ničivými účinky tlakové vlny, bude rovněž záviset na dalších faktorech, jako je vzdálenost stanoviště od centra výbuchu, na druhu výbuchu, mohutnosti, reliéfu a pokrytosti terénu apod.

Všechny poznatky lze však shrnout do následující zásady: „Tlaková vlna působí na objekty tím více, čím větší plochu jí vystavují“. Nacházejí-li se osoby v době výbuchu v terénu, kde je problematické včas využít vhodné terénní nerovnosti, či jiné překážky (je však nutno brát na zřetel nepřímé působení tlakové vlny) je nejjednodušším způsobem ochrany zalehnutí na zem, obličejem dolů, hlavu od výbuchu, patami k sobě směrem od výbuchu.

Ruce i osobní zbraně je nutno složit pod tělo, špičky nohou přiložit k zemi. Takto lze snížit plochu vystavenou tlakové vlně (zejména rychlostnímu náporu) zhruba 6 krát. Je-li to časově možné, je výhodné využít k ochraně osob vhodnou terénní nerovnost (odvrácený svah, pahorek, strž, úžlabina, kráter po dopadu munice, konstrukčně pevná bojová technika apod.) a ukrýt se za ní a snížit tak účinek především rychlostního náporu.

Spolehlivou ochranu proti účinkům tlakové vlny poskytuje především obrněná technika. Pancíř tanku je schopen odolávat přetlaku včele tlakové vlny kolem 0,04 až 0,05 MPa, pancíř bojového vozidla pěchoty cca 0,025 MPa. Stupeň ochrany osob, techniky a materiálu před účinky tlakové vlny se přirozeně zvětšuje s rozsahem ženížního budování terénu.

Tabulka 17. Stupně zranění osob v závislosti na přetlaku v čele vlny. [Zdroj: T-17]

Stupeň zasažení	Hodnota přetlaku [MPa]
rozptylný přetlak	pod 0,01
lehký stupeň zasažení	0,01 – 0,02
střední stupeň zasažení	0,03 – 0,06
těžký stupeň zasažení	0,06 – 0,1
velmi těžký stupeň zasažení	0,1

5.7.4 Světelné záření jaderného výbuchu

Při jaderném výbuchu se 1/3 celkové energie uvolňuje ve formě elektromagnetického záření s vlnovými délkami od 10^{-2} do 10^5 μm . Toto záření nazýváme světelným zářením jaderného výbuchu. Světelné záření s vlnovými délkami 0,38 až 0,76 μm je viditelné. Vlnové délky menší než 0,38 μm odpovídají ultrafialovému záření, vlnové délky větší než 0,76 μm záření infračervenému. K vyzařování elektromagnetického záření dochází při přechodu elektronů v obalech atomů z vyšší energetické hladiny na nižší. K těmto přechodům dochází u excitovaných atomů, tj. atomů, u nichž působením energie došlo k přechodu obalových elektronů na vyšší energetické hladiny. Spektrální složení vysílaného elektromagnetického záření i celkové množství vyzářené energie závisejí u světelného záření na teplotě zářícího tělesa.

Teplota povrchu žhavé koule vzniklé při jaderném výbuchu se nemění plynule. Teplota dosahuje dvě maxima. První maximum (miliony stupňů) je v okamžiku výbuchu. Vzduch v okolí žhavé oblasti se postupně zahřívá a jeho průhlednost se zmenšuje. Teplota žhavé oblasti prudce klesá, až dosáhne prvního minima. Potom se tento zahřátý a svítící vzduch jako tlaková vlna rozpíná do okolí, jeho teplota klesá a průhlednost se zvětšuje. Teplota povrchu žhavé oblasti opět prudce stoupá a dosahuje druhého maxima.

Tabulka 18. Rozdělení ultrafialového záření. [Zdroj: T-18]

Název	Zkratka	Vlnová délka
blízké	NUV	400 nm - 200 nm
UVA, dlouhovlnné, „černé světlo“	UVA	400 nm - 320 nm
UVB, středněvlnné	UVB	320 nm - 280 nm
UVC, krátkovlnné, „dezinfekční“	UVC	pod 280 nm
DUV, hluboké ultrafialové	DUV	pod 300 nm
daleké, řídké, „vzduchoprázdné“	FUV, VUV	200 nm - 10 nm
extrémní nebo „hluboké“	EUV, XUV	31 nm - 1 nm

Tabulka 19. Rozdělení infračerveného záření (IR).

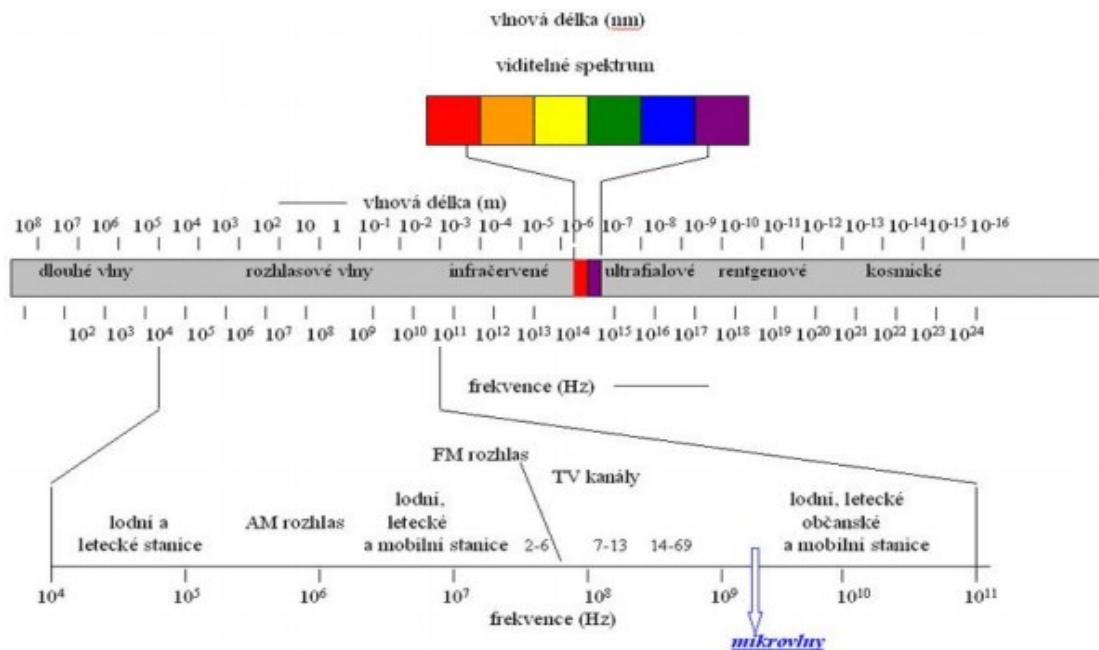
[Zdroj: T-19]

Název	Zkratka	Vlnová délka
blízké NIR v optických vláknech	IR-A	0,76 – 1,4 μm
IR krátké vlnové délky (short wave) SWIR	IR-B	1,4 – 3 μm
IR střední vlnové délky (medium wave) MWIR	IR-C	3 – 8 μm
IR dlouhé vlnové délky (long wave) LWIR	IR-C	8 – 15 μm
vzdálené (far) infračervené záření neboli FIR	-	15 – 1000 μm

energie je reprezentována viditelným a infračerveným zářením. Pouze malá část připadá na ultrafialové záření.

Hustota energie světelného záření připadá na viditelnou oblast spektra při teplotě okolo 7 000 K. Tato teplota je přibližně rovná maximální teplotě povrchu žhavé koule ve druhém maximu, jež nepřevyšuje příliš 7 600 K. Značná část

Světelné záření jaderného výbuchu je vyzařováno ve *dvou periodách*. První perioda (do prvního minima) trvá zlomky sekundy. Během této periody je vyzařeno jen asi 1% celkové energie světelného záření. Druhá perioda (od prvního minima do konce vyzařování) trvá několik sekund. Množství světla vyzařeného povrchem zářícího tělesa za jednotku času nazýváme *celková intenzita světelného záření* a závisí na mohutnosti výbuchu. Množství světelné energie, dopadající po celou dobu záření na 1 m² povrchu, který je kolmý ke směru dopadajících paprsků světla, nazýváme *světelný impuls*.



Obrázek 23. Rozdělení záření. [Zdroj: O-23]

Světelný impuls měříme v J.m⁻², nebo v J.cm⁻². Velikost světelného impulsu závisí na celkové intenzitě světelného záření, na vzdálenosti od místa výbuchu a na kvalitě ovzduší. Velikost klesá se čtvercem vzdálenosti od místa výbuchu. V ovzduší je úměrně zeslabován vzdáleností v závislosti na jeho rozměrech, tvaru apod. Světelné záření, dopadající na libovolný povrch se částečně odrazí od povrchu, částečně je pohlceno a částečně tělesem prochází.

Pohlcená část energie se mění v energii tepelnou a způsobuje ohřev tělesa. Teplota, na kterou se těleso zahřeje, záleží na množství pohlcené energie, na teplotě, na tepelné vodivosti, na specifickém teplu materiálu, na jeho rozměrech, tvaru apod. Celkovou energii světelného záření pohlcenou 1 m² povrchu za celou dobu osvětlení nazýváme *tepelným impulsem*.

Tabulka 20. Velikost světelného impulsu při jaderném výbuchu (světelný impuls je v 10⁻³ J.m²). [Zdroj: T-20]

Ráže v kt	Vzdálenost v km					
	0,5	1	2	4	6	10
10	630	147	29	6	2	0,4
30	1680	420	84	15	6	1,3
100	8400	1050	210	42	19	3,8
500*	-	4200	924	189	71,5	17

* Raketa RT-2PM Topol (550 kt).

5.7.4.1 Ničivé účinky tepelného záření

Jak bylo uvedeno, při osvětlení tělesa dochází zpravidla k jeho silnému ohřátí a tím i k poškození či zničení materiálu. U hořlavých materiálů dochází k jejich vzplanutí, nehořlavé materiály ztrácejí pevnost, deformují se, otavují a praskají. Na první pohled se jeví technika proti účinkům světelného záření relativně odolná. Ve většině je sestavena z poměrně robustních konstrukčních dílů, většinou vyrobených znehořlavých, těžce tavitelných kovů. Nestejnoměrnost v síle jednotlivých částí, použití nestejnorožného materiálu, lokální ohřev a další jsou příčinami vzniku napětí v konstrukci a vzniku deformací, které jí znehodnocují.

Většina používané techniky má řadu prvků proti účinkům světelného záření jaderného výbuchu málo odolných. Jsou to především pryžové pneumatiky, palivový rozvod, láhve se stlačenými plyny, elektroinstalace, optika, plachty, součásti ze dřeva a umělých hmot a další. Palivové nádrže a zvláště pak přítomnost munice může vést k výbuchům, spojeným s dalším šířením požárů a tím i k totálnímu zničení bojové techniky.



Foto 79. Oběti. Hirošima 1945. [Zdroj: F-79]

Oproti předcházející skupině je situace u staveb a objektů příznivější. Zde vývoj směřuje k používání materiálů z hlediska odolnosti před účinkem světelného záření stále kvalitnějších. Je si třeba uvědomit, že ani stavební materiály nejsou z hlediska odolnosti vůči vysokým teplotám nezníitelné. Cihly se taví při teplotě 1 000 až 1 200 °C, sklo při 500 až 600 °C, ocel měkne při 1 300 až 1 500 °C, ale již při zahřátí zhruba na 500 °C ztrácí polovinu své pevnosti, beton žářem praská atd.

Dopadne-li světelné záření jaderného výbuchu na objekt a zapálí jeho hořlavou konstrukci, vznikne *primární požár*. Pokud jsou v okolí podmínky pro další šíření požáru (hořlavý materiál, snadno zápalné budovy) a požár se tam rozšíří, hovoříme o *požáru sekundárním*. Jeho charakteristickými rysy jsou značné rozměry a intenzita. Hoří-li pak několik sekundárních požárů současně, dochází k jejich postupnému spojení a vzniku *terciálního požáru*, nazývaného také „*požární bouře*“. Ta neničí jen kontaktním působením plamenů, ale i sálavým teplem a bořivým účinkem mas vzduchu, vtahovaného do centra ohniska z okolí, dosahující rychlosti až 60 m.s⁻¹. Tím může docházet k mohutnému ničení městských čtvrtí.

Bezprostřední účinek světelného záření na člověka je dán celkovou plochou zasažení těla a stupněm poškození zraku. Kromě *přímých popálenin* může světelné záření působit i nepřímo, prudkým zahřátím nebo spálením oděvu. Hovoříme pak o tzv. *kontaktní popálenině*. Zasažené jsou především místa, kde oděv těsně přiléhá k tělu. Záleží i na barvě oděvu. Ke kontaktním popáleninám pak dochází v místech pokrytých černými tkaninami.



Foto 80. Jedna z obětí. Hirošima. [Zdroj: F-80]

Podle příčin, rozsahu a hloubky poškození se rozlišují celkem tři kategorie popálenin (viz tabulka 21). Popáleniny se vyskytují především na odkrytých částech těla (obličej, ruce, šije) přivrácených k výbuchu. Záření se šíří přímočaře. Kromě již zmíněného zasažení pokožky u osob může docházet i k vážnému poškození zraku.

Tabulka 21. Stupně zasažení pokožky. [Zdroj: T-21]

Stupeň	Průvodní jev a prognóza	Světelný impuls [J.m ²]	
		odkrytá pokožka	zakrytá pokožka
1.	zarudnutí (erytém) kůže, připomínající nadměrné slunění, bojeschopnost ve značné míře zachována	15×10 ⁻³	50×10 ⁻³
2.	tvorba puchýřů, zachycena část pokožky, silná bolestivost, nutno speciální dlouhodobé léčení, bojeschopnost ztracena	20×10 ⁻³	75×10 ⁻³
3.	poškozena celá vrstva kůže do hloubky, vzhledem ke zničení zakončení sensorických nervů není popálenina v prvních dnech zasažení bolestivá, následný šok a přímé ohrožení života	25×10 ⁻³	

5.7.4.2 Ochrana před ničivými účinky světelného záření

Světelné záření se šíří samozřejmě rychlostí světla a trvá v závislosti na mohutnosti jaderného výbuchu několik sekund. Ochrana proti požárům vzniklým působením světelného záření je totožná s obecnými *zásadami protipožární ochrany*. Veškerá opatření k ochraně osob před ničivými účinky, pokud nebyla učiněna již před výbuchem, je nutno provést okamžitě po záblesku jaderného výbuchu. Ochrana pokožky před popálením nepředstavuje v zásadě žádnou potíže. Libovolná neprůsvitná překážka umístěná mezi zdrojem záření a osobou, slouží jako ochrana před jeho účinky.

Osoby, které zastihl výbuch nechráněné, musí se rozhodnout okamžitě. Okamžitě se ukryt za překážkami, které poskytují *stín (ne sluneční, ale jaderný)*. Překážka musí být dostatečně pevná a odolná světelnému impulsu. Není-li v blízkosti žádný úkryt, je nutno ihned zalehnout (viz ochrana před účinky tlakové vlny). Ochrana zraku spočívá v okamžitém zavření očí po záblesku a v položení paže na oči.

5.7.5 Elektromagnetický impuls

Elektromagnetický impuls zaujímá specifické místo mezi ničivými faktory jaderného výbuchu. Jaderný elektromagnetický impuls (NEMP nebo také EMP) je termín, běžně užívaný pro elektromagnetické signály, které jsou důsledkem jaderného výbuchu.

Účelem této části je popsat jednoduchým způsobem vznik NEMP/EMP impulsu, jeho základní charakteristiky a metody, kterými tyto signály pronikají na platformy a do systémů. Termín elektromagnetický impuls (EMP) má následující významy:

- Elektromagnetické záření pocházející z exploze (většinou jaderné) nebo z elektromagnetické bomby.
- Vysoce intenzivní, širokopásmový, velmi krátkou dobu trvající výron elektromagnetické energie.

EMP může způsobit krátkodobou, ale i dlouhodobou nevolnost a je schopen způsobit dočasné nebo dlouhodobé chyby moderních elektronických a elektrických systémů ve všech geografických oblastech světa. Ovlivněna mohou být stacionární zařízení, mobilní pozemní zařízení, letadla, družice, naváděcí systémy řízených střel a námořní zařízení a je tedy nutné tato zařízení pro bezporuchový provoz v nebezpečném elektromagnetickém prostředí upravit.

Protože charakter, nadmořská výška výbuchu, místo a vzdálenost zařízení od centra výbuchu má vliv na intenzitu a tvar signálu, je vhodné rozlišovat EMP ve velké výšce (HEMP), EMP zdrojové oblasti SREMP a EMP generovaný systémem SGEMP.

Na druhé straně SGEMP se neobjeví, dokud není přítomno zařízení. Jedná se o vazební signál, který je důsledkem produktů výbuchu, které ovlivňují přímo toto zařízení. Protože signály SGEMP silně závisí na topologii zařízení, nejsou v Organizaci Severoatlantické smlouvy (NATO) žádná napěťová a proudová kritéria SGEMP specifikována. Na základě dostupných informací musí tyto hodnoty pro svá zařízení, letadla, lodě, družice nebo vozidla definovat příslušný stát.

EMP. Nejprve je třeba definovat co se děje v centru výbuchu. Kinetická energie se vyskytuje ve formě chemické (tj. mohutná exploze) a jaderné. Velkou část této energie nesou subatomární částice (neutrony) a forma elektromagnetické energie (rentgenové a gama záření). Jaderné částice se velkou rychlostí pohybují radiálně od centra výbuchu a působí na okolní látky, jako je zemská atmosféra, Země samotná nebo konkrétní zařízení. Působení je vzájemné, a pokud se odehrává v atmosféře, vytvářejí se volné náboje a kladně nabití ionty, které se označují jako zdrojová oblast. Pokud se vzájemné ovlivňování vyskytuje na Zemi nebo v zařízení, dochází k tvorbě proudů a napětí.

EMP je tedy generický termín, který označuje výsledné elektromagnetické pole způsobené zpomalováním elektronů (označované jako Comptonovy elektrony) geomagnetickým polem Země (v případě HEMP) nebo rozdílnými rekombinačními procesy elektronů v elektromagnetických polích (HEMP, SREMP a SGEMP).

HEMP. V případě HEMP dojde nejprve k interakci mezi paprsky gama a horními vrstvami atmosféry Země ve zdrojové oblasti přibližně ve výšce 20 až 40 km nad Zemí. Vytvořené Comptonovy elektrony se pohybují přímočaře, dokud „nenarazí“ na siločáry geomagnetického pole a pak pokračují v jejich směru, dokud nedojde k jejich rekombinaci v atmosféře. Během této doby vytvářejí elektrony souřadný elektromagnetický impulz. Při sledování ze Země (podél tangenciálního poloměru R_t) se jedná o jednoduše vyzařované pole které je možno popsat intenzitou elektrického pole ve V/m.

Pro typický výbuch je možno vypočítat, že dostupná průměrná hustota energie HEMP je mezi 0,1 a 0,9 J.m⁻². Pro zařízení, jehož povrch má několik metrů čtverečních, může mít energie vázaná na jeho povrch hodnotu až několik joule. Z dřívějších zkoušek, kdy došlo k poškození součástí, plyne, že na vstup/výstup elektronického zařízení stačí přivést energii několika mikrojoule a dojde k poškození nebo chybám v činnosti vlivem teplotního průrazu.

SREMP. Pokud se ohnivá koule jaderného výbuchu dotkne Země, pak signál mimo tuto ohnivou kouli vytváří zdrojovou oblast a označuje se jako SREMP. V takovém případě nemá elektrické a magnetické pole stejný průběh a je tedy nutno identifikovat intenzitu elektrického pole v jednotkách V/m a intenzitu magnetického pole v jednotkách A/m. Volné elektrony jsou detonací z pozemního jaderného výbuchu vytrženy ze vzduchových molekul, které se pohybují radiálně od zemského povrchu a vytvářejí zdrojovou oblast ve tvaru polokoule, která je silně vodivá. V této oblasti směřuje tok elektronů vertikálně nahoru od pozemního výbuchu.

Proud elektronů vytváří vertikálně polarizované elektrické pole vzhledem k Zemi. Jak se vzdálenost od Země prodlužuje, dráha elektronů se zakřivuje a elektrony se vrací k Zemi. Volné elektrony, které zůstaly ve vzduchu, rekombinují s kladnými molekulami vzduchu a impedance vzduchu se vrátí na obvyklou hodnotu (pro volný prostor je 377 Ω). Dominantní pole v tomto rozsahu se redukuje na malou amplitudu vyzařovanou ve vzdáleném poli. Elektromagnetické signály jsou charakteristické počátečním elektrickým a magnetickým polem s rychlými náběhy, vysokou vrcholovou hodnotou amplitudy a významnou úrovní energie.

SGEMP. SGEMP je jiný než SREMP. Jedná se o impulz způsobený vzájemným působením rentgenového, gama a neutronového záření a konkrétního systému, kdy dojde k vybuzení a uvolnění elektronů. Náboj elektronů tvořících proud se promění v tok povrchem systému a vytváří tak EMP. Pokud je zařízení v blízkosti výbuchu, je přímá interakce se systémem velmi významná. Interakce zařízení, které je umístěno na Zemi, neutronové a gama záření vytvoří SGEMP, jehož vliv se zvyšuje s rozměry zařízení.

V tomto případě se rentgenové záření neuplatňuje, protože se absorbuje v okolní atmosféře a přispívá k radiálně se šířícímu teplotnímu a tlakovému impulzu. Rentgenového záření je významné pouze ve vnější atmosféře, kde se vzájemně ovlivňuje přímo se zařízením umístěným ve volném prostoru (s družicemi) a kde dochází k SGEMP. Původně byl SGEMP pro družice označován jako interní EMP (IEMP).

5.7.5.1 Ničivé účinky elektromagnetického impulsu

Ničivé působení je dáno tím, že při jaderných výbuších vznikají v okolním prostředí *elektromagnetická pole*, která způsobují *elektromagnetické toky a napětí* ve vodičích a kabelech vzdušného i pozemního linkového spojení, navigace systémů velení a řízení, signalizace, vanténách radiostanic apod.

V případě jaderného výbuchu nebo asteroidu se elektromagnetický puls skládá ze spojitěho frekvenčního spektra. Většina energie je ve formě nižších frekvencí mezi 3 Hz a 30 kHz. Paprsky gama jaderného výbuchu produkují vysokoenergetické elektrony přes Comptonův rozptyl. Tyto elektrony jsou zachyceny v zemském magnetickém poli, ve výškách mezi 20 až 40 km, kde rezonují. Kmitavý elektrický proud produkuje soudržný elektromagnetický puls (EMP), který trvá asi 1 milisekundu až 1 mikrosekundu. Vedlejší efekty EMP mohou trvat více než sekundu.

Vzhledem ke krátkodobosti elektromagnetických polí jaderného výbuchu je zvykem jej nazývat elektromagnetickým impulsem. Puls je velice silný a dlouhé kovové předměty (trubky, kabely) se chovají jako antény, na kterých se indukuje vysoké napětí, pokud puls nedokáže nijak uzemnit. Tato napětí a s tím spojené vysoké proudy jsou schopny zničit nechráněnou elektroniku, například elektrické spotřebiče, které nejsou v kovové, magneticky vodivé, uzemněné krabici, především zničující je to pro polovodiče a absolutně nejhorší pro FET transistory. U EMP pulsu nebyly zaznamenány žádné účinky na biologické organismy. Současně jsou vyzařovány *rádiové vlny*, které se šíří na velké vzdálenosti od místa výbuchu. Tyto vlny jsou přijímány radiotechnickým zařízením jako krátkodobá porucha, analogická poruše od dalekého blesku.

Při výškových výbuších se značné napětí a proudy *indukují ve vodičích a kabelech* ve vzdálenostech do několika set kilometrů od místa výbuchu. Jejich hodnota může být dostatečná k narušení funkce vedení, bez ohledu na bleskojistky, které reagují opožděně na tak krátký intenzivní impuls. Efekt je patrný zvláště, když se výbuchy uskuteční dostatečně vysoko nad povrchem, jak se přesvědčili i obě tehdejší světové velmoci na začátku 60. let. Během operace „*Starfish Prime*“ v červenci 1962, byla odpálena jaderná zbraň o mohutnosti 1,44 Mt ve výšce 250 mil (cca 400 km) nad zemským povrchem v Tichém oceánu, a způsobila velké elektrické škody na Havaji, která byla od místa pokusu vzdálená 898 mil (přibližně 1 445 km).

Indukované proudy a napětí dosahují nejvyšší hodnoty při pozemních a nízkých vzdušných výbuších. V oblasti o poloměru několika kilometrů od místa výbuchu, vznikají ve vedeních spojů energetických vedení, napětí, která mohou způsobit probití izolace mezi jednotlivými vodiči, probití izolace elementů aparatury a zařízení připojených ke vzdušným i pozemním vedením, probití lineárních transformátorů spojení, uhlíkových vybíječů, poškození pohyblivých částí elektromagnetických relé malé kapacity, poškození polovodičových přístrojů a rovněž protavení pojistek, užívaných k ochraně vedení před přetížením.

Nejvíce jsou vystaveny účinkům elektromagnetického impulsu spojovací, signalizační linky a linky systémů velení a řízení. Kabely a aparatura mají elektrickou odolnost zpravidla ne více jak 2 až 4 kV napětí stejnosměrného proudu. Jelikož elektromagnetický impuls působí krátkou dobu, za mezní pevnost těchto spojů lze považovat 8 až 10 kV. Používají-li se na spojovacích linkách běžné prvky ochrany, u vojenských zařízení jsou normována do 10 V/m chránící před bleskem, nebezpečné napětí činí 50 kV. Indukované napětí ve vzdušných linkách a kabelech při nízkých a pozemních výbuších od 1 kt do 1 Mt vzniká ve vzdálenostech 2 až 3,3 km (10 kV) od místa výbuchu a 1 až 1,7 km (50 kV) od místa výbuchu.

Pro typický výbuch je možno vypočítat, že dostupná průměrná hustota energie HEMP je mezi 0,1 a 0,9 J.m⁻². Pro zařízení, jehož povrch má několik metrů čtverečních, může mít energie vázaná na jeho povrch hodnotu až několik joule. Z dřívějších zkoušek, kdy došlo k poškození součástek, plyne, že na vstup/výstup elektronického zařízení stačí přivést energii několika mikrojoule a dojde k poškození nebo chybám v činnosti vlivem teplotního průrazu.

V mikroelektronice se indukují nežádoucí proudy i ve spojích, uvnitř samotných přístrojů a jejich prvků. *Zvláště citlivé jsou integrované obvody, tranzistory a tyristory. Naopak nejodolnější jsou elektronková zařízení.*

5.7.5.2 Ochrana před účinky elektromagnetického impulsu

Ochrana před účinky elektromagnetického impulsu zahrnuje kromě opatření technického charakteru (speciální ochrana vstupů celých spojovacích systémů přepětovými prvky a filtry) i řadu opatření technicko-organizačních.

Mezi ně patří:

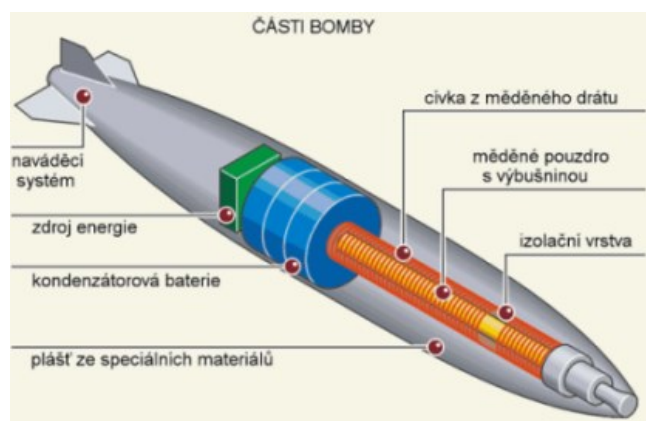
- a) periodická kontrola izolací vodičů a přívodů k přístrojům,
- b) připravenost obsluh a technického personálu na zjištění a odstranění závad vsouvislosti s elektromagnetickým impulsem.

Nejbanálnějším a rovněž nejjednodušším způsobem ochrany je však okamžité odpojení všech nepotřebných spotřebičů od zdrojů elektrické energie.

Elektrické přístroje lze, jak už bylo řečeno výše, ochránit tím že je vložíme do uzemněné kovové krabičky, nebo do Faradayovy klece. Tímto je ochráníme před elektrickou složkou pulsu, ovšem abychom přístroje uchránili i před magnetickou složkou pulsu, musíme je vložit do magneticky vodivé krabičky (železo, ferit). Pokud je spotřebič v síti (230 V, LAN, atp.) je vhodné spotřebič ochránit na těchto vstupech transilem nebo trisilem. Těmito součástkami se dají ochránit i vstupy antén. Samozřejmě odstíněná rádia nemohou správně pracovat, avšak starší zařízení na bázi elektronek není tak náchylné k působení EMP. Proto byla v době studené války sovětská letadla vybavována elektronickými systémy založenými na elektronekách. Ovšem sebelepší stínění nepomůže, pokud je přístroj ponechána zapojená anténa.

5.7.5.3 Elektromagnetické pulzní zbraně (EMP)

Elektromagnetické pulzní zbraně (EMP) byly dlouho považovány za mírně fantastický spektakl z arzenálu filmových superpadouchů. Jak se však ukazuje, fantazie se rychle stává skutečností. S EMP se musí počítat. Tu scénu zná asi každý, kdo viděl v životě nějaký napínavý film. Např. v trojrozměrném trháku Godzilla padají vrtulníky neovladatelně k zemi jako hrušky poté, co je zasáhne elektromagnetický výboj. Ve filmu to vypadá jednoduše a efektivně. Stejný, nebo velmi podobný mohl být pohled na nedávné ruské zkoušky elektromagnetické pulzní zbraně, kterou společnými silami vyvíjely početné vědecké týmy z pracovišť v Moskvě, Tomsku, Nižném Novgorodu a Jekatěrinburgu. První pokusy s EMP byly zahájeny v šedesátých letech minulého století.



Obrázek 24. Popis elektromagnetické pulzní bomby.
[Zdroj: O-24]

Elektromagnetická zbraň či vysokofrekvenční zbraň je zbraň působící na cíl vyzářovanými elektromagnetickými vlnami. Vlnění vysokých radiových frekvencí poškozuje elektroniku, mikrovlnné frekvence mohou ovlivňovat i mozkovou činnost lidí. Elektromagnetické zbraně jsou kategorií neletálních zbraní (Non-Lethal Weapons), což jsou takové zbraně, které mají na určitou dobu vyřadit z činnosti vybranou skupinu lidí, aniž by přímo ohrozily jejich životy, nebo vyřadit z činnosti vybrané druhy vojenské techniky, resp. znemožnit jim vést bojovou činnost.

Vysokofrekvenční zbraně vyzářují elektromagnetickou energii v části elektromagnetického spektra rádiových vln. Mechanismus působení vysokofrekvenčních zbraní na lidský organismus je možné rozdělit na energetický a informační. Nejvíce je prozkoumáno tepelné působení silných toků vysokofrekvenční energie.

Vysokofrekvenční elektromagnetické záření, v závislosti na nosném kmitočtu a výkonu, narušuje činnost mozku a centrální nervové soustavy a dočasně vyřazuje člověka z činnosti. Může způsobit poruchy vnímání, únavu a ospalost nebo neklid a stres, pocit hladu, žízně, teploty, chladu, bolesti, svědění a někdy i další vedlejší vjemy. Účinek je jedincem vnímán současně jako nesnesitelný bolestivý pocit intenzivních šumů a pískání, doprovázený úzkostí a nevolností v závislosti na konkrétních podmínkách a parametrech signálu.

Všechny přímé i nepřímé účinky působení vysokofrekvenčních zbraní na živý organismus ale zatím nejsou příliš známy. O jejich naprosté neškodnosti není většina lékařů jednoznačně přesvědčena. Pochybnosti byly posíleny v souvislosti s válkou v Perském zálivu.

Jednou z možných příčin onemocnění mohlo být jejich vystavení účinkům vysokofrekvenčního záření při průletech letounů s aktivovanými rádiovými (radiolokačními) rušiči nad vlastními vojsky. Někdy se mluví o efektu tzv. slyšitelnosti rádiového vysílání zasaženou osobou, spočívajícího v tom, že lidé nacházející se v silném poli rozhlasového vysílače slyší tzv. „vnitřní hlasy a hudbu“.

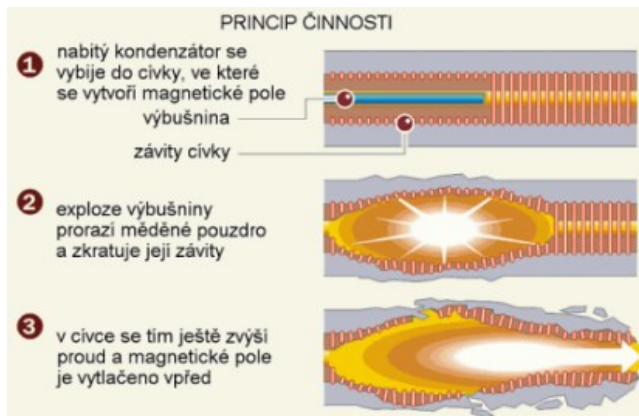
Odborníci v oboru vysvětlují podstatu tohoto jevu tím, že někteří jedinci dokáží detekovat nosnou modulovanou frekvenci nelineárním vnitřním prostředím lidského organismu s následnou transformací na signály, vnímatelné sluchovým nervem. Druhotným následkem může být zcela zřetelné pískání v uších, doprovázené poruchami spánku, nechutenstvím a nadměrnou únavou, přetrvávající i několik dní. Některé typy elektromagnetických zbraní jsou zařazeny ve výzbroji moderních armád a byly použity v lokálních konfliktech. Některé typy jsou ve fázi laboratorních testů a vojskových zkoušek. Jedná se zejména o zbraně:

- laserové a mikrovlnné (DEW – Directed Energy Weapons) – se směrovanou energií,
- *elektromagnetické pulsní bomby* (*E – bomb*, *EMP – Electromagnetic Pulse*, *HMP – High Powered Microwave*),
- mikrovlnné (ADT – Active Denial Technology, ADS – Active Denial System, HPM – High power microwaves) zbraně např. s tepelným účinkem.



Obrázek 26. Ruský systém Ranets EMMPs „radiofrekvenční dělo (HPM)“ na podvozku MZKT-7930. [Zdroj: O-26]

Zjednodušeně lze říct, že v elektromagnetické pulzní hlavici je konvenční výbušná nálož. Ta exploduje, načež je energie výbuchu speciálních elektrotechnických součástek, jako jsou vhodně uspořádané cívky a kondenzátory, přeměněna na energii elektromagnetickou.



Obrázek 25. Princip činnosti elektromagnetické pulsní bomby. [Zdroj: O-25]

V souvislosti s neustálým napětím na západní ruské hranici se stále více lidí začalo ptát, jestli Rusko nedisponuje superzbraní, proti které neexistuje účinný způsob obrany. Zbraní, která jediným kratičkým úderem vyřadí elektronickou výstroj strojů protivníka z provozu. Právě to totiž EMP dokáže. Ve svých počátcích byl EMP pozorován především jako vedlejší efekt nukleárního výbuchu. Během studené války se plánovalo, že by výbuchy jaderných zbraní ve velké výšce vygenerovaly EMP, který by vážně poškodil protivníka. Ale poté se přišlo i na možnost vytvořit EMP konvenčními způsoby.

Ta je vyzářena anténou ve formě krátkého, ale velmi intenzivního pulsu. Jedná se o čas v řádu pikosekund, ovšem výkony počítáme v gigawatttech. Výsledný EMP má zničující efekt proti zařízením, jež využívají polovodiče, protože EMP polovodičové přechody jakoby propálí, respektive promění ve vodiče, což zařízení zlikviduje.

Dne 22. října 2012 explodovala nad pouští v Utahu zkušební EMP raketa s kódovým označením Champ. Výsledky testu zbraně z dílen společnosti Boeing byly působivé i díky jeho dramatickému průběhu. Keith Coleman, který byl manažerem programu Champ v rámci divize Phantom Works společnosti Boeing, uvedl, že videokamera zaznamenala „obrázky řady běžících stolních počítačů a náhlý výpadek všech, následovaný rychlým zčernáním samotné kamery. Zásáhneme jakýkoliv cíl, který budeme chtít, dostihneme každý. Dnes jsme z vědecké fikce udělali vědeckou skutečnost“.



Obrázek 27. Zkušební EMP raketa Champ.
[Zdroj: O-27]

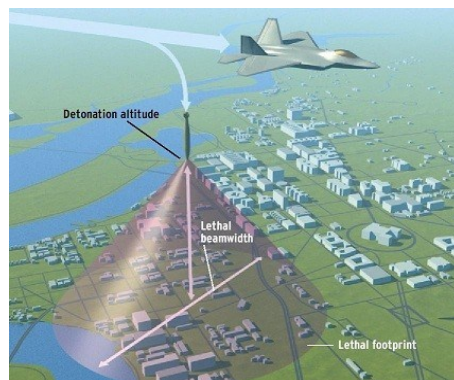


Obrázek 28. Výbuch EMP bomby vyřadí technologie a oslepi nepřitele. [Zdroj: O-28]

Během testu střela Champ vyslala dávku velmi silné energie, která účinně vyřadila datové a elektronické subsystémy, proti nimž udeřila. Firma Boeing uvedla, že Champ umožňuje během jediné mise udeřit proti řadě vybraných cílů. Tato technologie představuje novou éru ve válčení. V blízké budoucnosti tato technologie může učinit elektronické a datové systémy nepřítel bezcennými předtím, než se objeví první vojáci nebo letouny. Otázka které přístroje v letadle by ohrozilo použití elektromagnetické pulzní zbraně a jaké škody by taková zbraň způsobila, má však hodně neznámých, protože záleží na tom, o jaké letadlo se jedná, zda o sportovní, dopravní, nebo bojové, a také jakými systémy je letoun vybaven.

Obecně platí, že čím větším množstvím elektronických systémů je stroj vybaven, tím zranitelnější je elektromagnetickými pulzy. Zdá se, že čím technologicky „zaostalejší“ stroj je, tím chráněnější je proti EMP. Rusko dodnes používá elektronky. Často kvůli tomu bývá terčem posměšků, ale faktem je, že v případě taktického nasazení elektromagnetických pulzních zbraní by jeho stroje mohly být odolnější než futuristické válečné stroje západního světa.

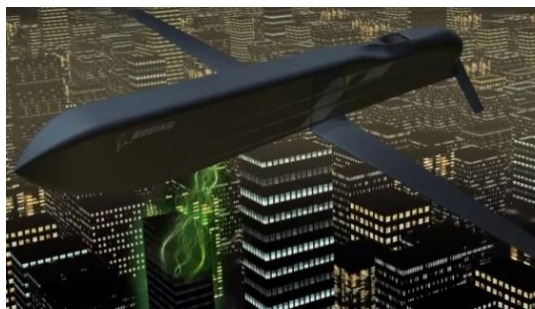
Vzhledem k tomu, že se dnes počítačové, nebo přesněji řečeno elektronické systémy používají k ovládní téměř všeho, lze jen těžko podcenit zkázu, kterou by EMP zbraň mohla způsobit. Letadla by mohla spadnout, auta by se zastavila a přestaly by fungovat elektrické spotřebiče. Byla by ochromena komunikace a lidé s kardiostimulátory by nejspíše zemřeli. Západní civilizace je v tomto směru zranitelná a dá se předpokládat, že by se EMP zbraně mohly stát velice zajímavými prostředky pro některé teroristické organizace.



Obrázek 29. EMP zbraň vybuchne ve velké výšce a zasáhne oblast. [Zdroj: O-29]

Jak se v posledních letech začaly množit zmínky o elektromagnetických pulzních zbraních, vojenští analytici se pustili do vytváření scénářů ozbrojeného střetu, ve kterém by EMP hrály hlavní roli. Mají z čeho vycházet.

Víme, že USA tuto zbraň použily nejpozději v operaci proti Iráku v roce 2003, byť se o ní spekulovalo už během náletů na Srbsko v roce 1999. EMP hlavice má prakticky i řada dalších zemí, přinejmenším Rusko, a hlavní evropské mocnosti.



Obrázek 30. EMP může mít podobu bomby, střely nebo balistické rakety. [Zdroj: O-30]

Jejich velikost může být velmi variabilní, takže mají i široké možnosti aplikace. Američané je mají v podobě leteckých pum nebo hlavíc pro střely s plochou dráhou letu Tomahawk, v případě Ruska a Číny se mluví hlavně o hlavících pro balistické rakety krátkého a středního doletu, avšak možností je daleko více. Objevily se mimo jiné informace o vývoji hlavíc pro protiletadlové řízené rakety, nebo dokonce o ručním EMP granátu.

Na EMP hlavících se svého času pracovalo i u nás ve Vojenském výzkumném ústavu ve Vyškově. Zde se ještě v československé éře objevil zajímavý projekt, který by se dal popsat jako „EMP na rameno.“ Jednalo se o úpravu jednorázově použitelné protitankové zbraně typu RPG-75 (známé jako „Kobylka“). Ve standardním provedení zbraně se nachází protipancéřový granát, ale v této variantě měla být kompaktní EMP hlavice, která by svým pulsem mohla zničit i celé postavení nepřátelské jednotky, třeba baterie dělostřelectva či protiletadlových raket. A vzhledem k malým rozměrům by ji mohl pochopitelně nést a použít kterýkoli pěšák.

V listopadu roku 2013 proběhla médii zpráva o tom, že si elektromagnetickou pulzní technologii od Ruska nebo od Číny opatřil totalitní severokorejský režim. Dle kusých informací jihokorejských zpravodajských složek by KLDR tuto technologii mohla použít v rámci kybernetického útoku na svého jižního souseda. Možné je také využití EMP na raketách středního doletu BM-25 Musadan.

Elektromagnetické pulzní výboje s epicentry výbuchu v hloubce jihokorejského území by mohly mít drtivý dopad na obranyschopnost země. Proti EMP je totiž v současné době prakticky nemožná obrana, pokud tedy nebereme v potaz tajné technologie, o jejichž vývoji nemůže být pochyb. Hodně se toho namluvilo o „rušičích“ elektromagnetických pulzů, kterými by měl být vybaven například americký prezidentský speciál Air Force One. Zatím tedy platí, že EMP lze považovat za „dělo, proti kterému chybí pancíř.“ Všechny obranné možnosti jsou zatím ve stádiu vývoje a teoretických prací. Ochrana se však dá zajistit především pomocí stínění, což znamená de facto uzavření celého zařízení do vodivé schránky, takzvané Faradayovy klece, ale to je u některých typů zařízení velice problematické.



Obrázek 31. ČSSR vyvíjela střelu EMP na bázi raketometu RPG. [Zdroj: O-31]

Další možností je přizpůsobit vstupní obvody zařízení, třeba radiolokátoru tak, aby dokázaly EMP vydržet, což je sice obtížné, ale možné. Že by stínění mohlo představovat správnou vývojovou cestu při hledání ochrany proti EMP, není úplně přesným přirovnáním, ale elektromagnetický pulz je svými účinky extrémně silný blesk. A pokud uhoří do letícího letadla, zafunguje právě jako Faradayova klec. Elektrický výboj obteče kolem trupu a pokračuje dál. Přístroje a elektrické systémy jsou pak v závislosti na síle blesku a místa jeho úderu ovlivněny, jejich funkce je ohrožena, může dokonce dojít k jejich zničení.

Další možností je přizpůsobit vstupní obvody zařízení, třeba radiolokátoru tak, aby dokázaly EMP vydržet, což je sice obtížné, ale možné. Že by stínění mohlo představovat správnou vývojovou cestu při hledání ochrany proti EMP, není úplně přesným přirovnáním, ale elektromagnetický pulz je svými účinky extrémně silný blesk. A pokud uhoří do letícího letadla, zafunguje právě jako Faradayova klec. Elektrický výboj obteče kolem trupu a pokračuje dál. Přístroje a elektrické systémy jsou pak v závislosti na síle blesku a místa jeho úderu ovlivněny, jejich funkce je ohrožena, může dokonce dojít k jejich zničení.

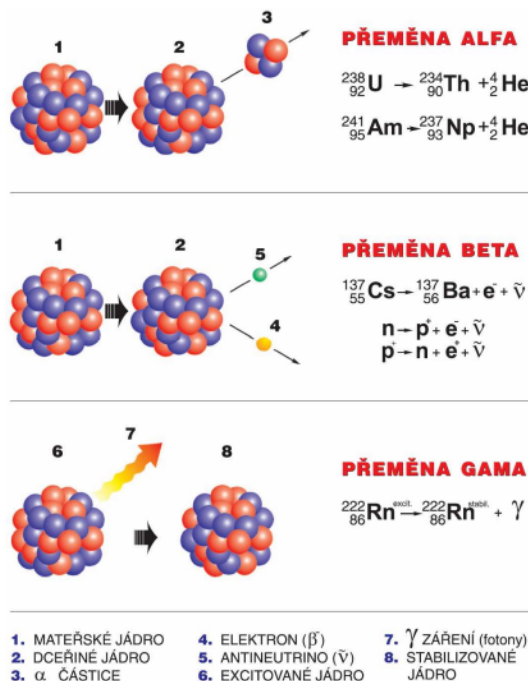
Není nereálné, že se podaří objevit protizbraň, která bude univerzálně upotřebitelná a především natolik, aby ji bylo možné používat v masovém měřítku.

Tak se v minulosti podařilo například pomocí demagnetizačních smyček eliminovat nebezpečí magnetických min, byť nikoliv stoprocentně. Ale dokud taková protizbraň nebude zavedena, zůstávají elektromagnetické pulzní zbraně velkým nebezpečím, nevyzpytatelným a rostoucím. EMP zbraním by měla být věnována pozornost z hlediska toho, jaké by mohly napáchat škody, pokud by byly nasazeny jako teroristické zbraně. Problém je bohužel v tom, že se prakticky nedá efektivně zabránit jejich výrobě. Sice je to záležitost mimořádně náročná na přesnost, ale teoretický princip je dobře známý a většina součástí se dá zakoupit i na civilním trhu, takže je jen otázkou času, než se EMP zbraně rozšíří i mimo nejvyspělejší země světa, případně než je zařadí do svého arzenálu některé technicky pokročilé nestátní skupiny.

Všechno nasvědčuje tomu, že přinejmenším Spojené státy si uvědomují, nakolik by rozšíření elektromagnetických pulzních zbraní mohlo zamíchat kartami v nekončícím souboji odlišných taktik. Bývalý ředitel CIA James Woolsey v roce 2014 v memorandu určeném vyšším armádním představitelům konstatoval: „*Pakliže jde o zbraň, jejíž účinnost umíme specifikovat a přitom víme, že je to technologie, kterou může v dohledné době zvládnout i zaostávající ekonomika Severní Koreje, je naší prvořadou povinností tuto zbraň eliminovat a překonat.*“

5.7.6 Pronikavá radiace jaderného výbuchu

Při jaderném výbuchu vzniká silné ionizující záření. Je tvořeno zářením gama, neutronovým zářením, zářením beta a alfa. Část ionizujícího záření je vyzářena v průběhu štěpné či termonukleární jaderné reakce. Zbytek záření je vysílán po ukončení reakce teoreticky nekonečně dlouho a je způsobeno rozpadem štěpných produktů. Do pronikavé radiace zahrnujeme však záření, které je vysíláno během štěpné či termonukleární reakce do doby 10 až 15 sekund po jejím ukončení. Po uplynutí 10 až 15 sekund se žhavá oblast jaderného výbuchu vznese do výše a dochází tak ke zvětšení vzdálenosti mezi zdrojem záření a zemským povrchem, což způsobuje zeslabení záření dopadajícího na zemský povrch. Dosah beta a alfa částic ve vzduchu je malý (viz radioaktivita, zákon radioaktivního rozpadu) proto jej v pronikavé radiaci neuvažujeme. Zahrnujeme pouze záření gama a neutronové záření, které jsou pronikavé.



Obrázek 32. Základní představy radioaktivní přeměny. [Zdroj: O-32]

5.7.6.1 Ničivé účinky pronikavé radiace

Záření gama pronikavé radiace

Podle doby vyzařování můžeme záření gama pronikavé radiace rozdělit na:

a) *Mžikové* – působí od 0 do 10^{-5} s. Zdrojem je štěpná a termonukleární reakce. Toto záření se uvolňuje až do doby úplného rozmetání jaderného náboje. Mžikové záření gama vzniká i při nepružném rozptylu neutronů na jádrech atomů v okolí centra výbuchu a při radiačním záchytu neutronů v materiálu jaderného náboje.

b) *Krátkodobé* – působí od 10^{-5} s do $3 \cdot 10^{-1}$ s po výbuchu. Vzniká jako důsledek záchytu neutronů jádru dusíku ve vzduchu. Patří sem i záření gama, vznikající při rozpadu odštěpků.

c) *Sekundové* – působí od $3 \cdot 10^{-1}$ do 15 s (doba vyzařování závisí na mohutnosti výbuchu). Vzniká především při rozpadu odštěpků.

d) *Zbytkové* – vysíláné po 15 s jako důsledek rozpadu štěpných produktů. Toto záření již nezahrnujeme do pronikavé radiace.

Podle původu (zdroje) můžeme záření gama rozdělit na 3 skupiny:

1) *Záření gama štěpení* dělíme obvykle ještě na záření gama doprovázející vlastní štěpení a záření gama štěpných produktů. Záření doprovázející štěpení časově odpovídá průběhu štěpné reakce. Záření štěpných produktů doprovází jejich rozpad. Trvá tedy dlouhou dobu po ukončení vlastní štěpné reakce (v závislosti na poločasech rozpadu).

2) *Produkt reakcí neutronů s jádry* – záření nepružného rozptylu neutronů v materiálu jaderného náboje, v půdě, vzduchu atd. Toto záření je mžikové.

3) *Záření gama vznikající při záchytu neutronů*:

- vzniká při záchytu neutronů v materiálu jaderného náboje. Jde o mžikové záření,
- vzniká při záchytu neutronů vzdušným dusíkem. Jedná se o reakci $^{14}\text{N} (n, \gamma) ^{15}\text{N}$. Jde o krátkodobé záření,
- vzniká při záření neutronů v půdě. Toto dělení patří do skupiny krátkodobého záření.

Interakce záření gama s hmotou

Při průchodu záření gama pronikavé radiace hmotou dochází k řadě procesů. Jako důsledek těchto procesů vzniká sekundárně korpuskulární záření (vznik částic s nenulovou hmotností, např. elektron, alfa apod.), které působí ionizaci dalších atomů prostředí. Tím zároveň dochází k zeslabování záření. Jsou to především tyto druhy interakcí záření gama s hmotou:

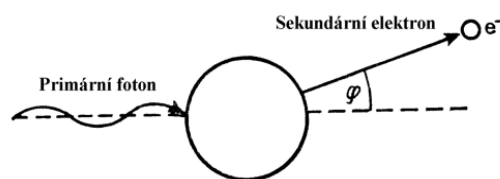
1) **fotoefekt** – při průchodu kvanta záření gama hmotou dochází k uvolnění elektronu ze slupky atomového obalu (zpravidla K, nebo L). Foton záření gama předá celou svou energii elektronu zasaženého atomu. Část této energie se spotřebuje na odpoutání elektronu od atomu (ionizační energie), zbytek se přemění v kinetickou energii tohoto elektronu. Podmínkou fotoefektu však je, že energie fotonu gama záření je větší, než ionizační potenciál dané slupky. Pravděpodobnost fotoefektu vzrůstá s rostoucím atomovým číslem terčíku a klesá s rostoucí energií jaderné stěly. Místa v atomovém obalu, uprázdněná vlivem fotoefektu se zaplňují elektrony z vnějších slupek a dochází tak k vyzařování rentgenového záření (k emisi Augerových elektronů).

2) **rozptyl (Comptonův)** – rozptyl fotonů záření gama kvanta, ke kterému dochází na volných elektronech, nebo velmi slabě vázaných elektronech vnější slupky atomu. Zde kvantum gama vytrhne z elektronového obalu elektron a předá mu část své energie. Kvantum se pohybuje dále směrem, a ve změněném směru.

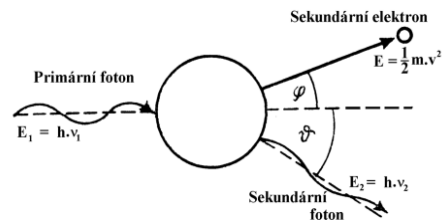
3) **tvorba párů pozitron – elektron** – je charakteristická pro fotony gama kvant s energií větší než 1,022 MeV. Kvantum je zbrzděno v poli atomového jádra a přemění se na dvojici pozitron – elektron.

Neutronové záření pronikavé radiace

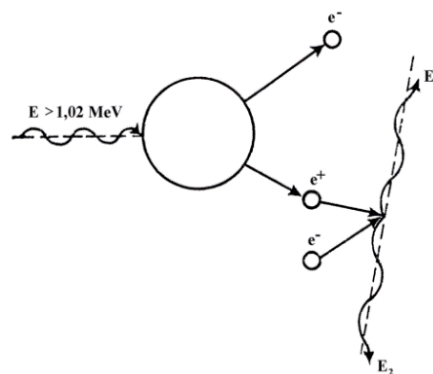
Při štěpné jaderné reakci jaderného výbuchu vznikají neutrony okamžité a zpožděné.



Obrázek 33. Fotoefekt. [Zdroj: O-33]



Obrázek 34. Comptonův rozptyl. [Zdroj: O-34]



Obrázek 35. Tvorba párů. [Zdroj: O-35]

Okamžité neutrony vznikají přímo při štěpné reakci. Jejich energie se pohybuje v rozmezí od 0,025 eV do 17 MeV. Většina okamžitých neutronů je absorbována obalem jaderného náboje na velmi nízké energie. Tyto neutrony mají poměrně malý dolet ($\approx 10^2$ m). V prostoru výbuchu je tudíž oblast o vysoké koncentraci neutronů. Menší část neutronů projde obalem bez větší ztráty energie. Tyto neutrony se šíří do značných vzdáleností od místa výbuchu.

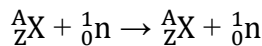
Zpožděné neutrony jsou emitovány ze vzniklých odštěpků. Jejich energie se pohybuje od 0,25 do 0,67 MeV. Nedochází u nich tudíž ke zpomalení obalem jaderného náboje (jsou emitovány z produktu štěpení).

Pomalé neutrony jsou snadno absorbovány prostředím. Způsobují (umělou) indukovanou radioaktivitu jen v bezprostředním okolí centra výbuchu a ve vzduchu, reakcí $^{14}\text{N} (n, p) ^{14}\text{C}$.

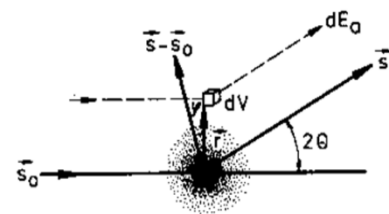
Nejnebezpečnější jsou *neutrony rychlé*, které mají velkou pronikavost. V důsledku radiačního záhytu způsobují indukovanou radioaktivitu v zemině a různém materiálu.

Interakce neutronů s hmotou:

a) pružný rozptyl – neutron předá při srážce s jádrem část své kinetické energie a pohybuje se dále se změněným směrem:

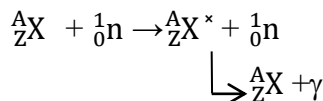


Největší význam má pružný rozptyl pro lehká jádra. S klesající hmotností jádra vzrůstá podíl předané kinetické energie. K největšímu předání kinetické energie neutronů dochází při srážkách s jádry vodíku, kdy při jedné srážce může neutron předat až polovinu veškeré své energie. Materiály s vysokým obsahem vodíku se tudíž používají ke zpomalování neutronů. U lehkých jader dochází k pružnému rozptylu při kinetické energii neutronů řádově menší než 1 MeV.



Obrázek 36. Rozptyl záření na atomu. [Zdroj: O-36]

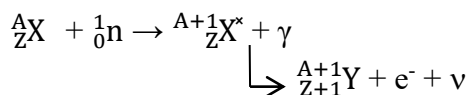
b) nepružný rozptyl po srážce s neutronem převezme rozptylující jádro energii neutronu jednak ve formě kinetické energie, jednak ve formě excitační energie. Vzniká tedy excitované jádro, které vyzářením fotonu přechází opět do základního stavu:



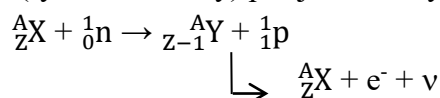
Největší účinný průřez pro nepružný rozptyl neutronů s energií řádu 1 MeV mají těžká jádra. Ztráta energie neutronu je u nepružné srážky ještě větší, než u pružného rozptylu. Nepružný rozptyl má proto velký význam pro zpomalování (moderaci) neutronů.

c) Záchyt (absorpce) neutronů jádrem:

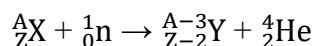
c1) reakce neutronů (n, γ). Je vůbec nejhojnější ze všech typů jaderných reakcí. Při reakci vznikají radioaktivní jádra, která se rozpadají dále β^- rozpadem. Tato reakce má vysoký účinný průřez pro tepelné neutrony.



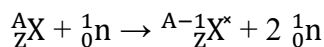
c2) reakce neutronů (n, p). Reakce má nejvyšší účinný průřez pro neutrony s energií vyšší než 1 MeV (rychlé neutrony) pro jádra lehkých prvků.



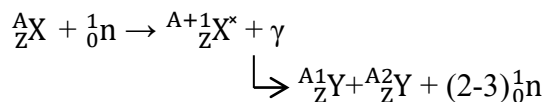
c₃) reakce neutronů (n, α). Tato reakce probíhá jen u jader lehkých prvků. Výsledné jádro podléhá opět β^- rozpadu.



c₄) reakce neutronů ($n, 2n$); ($n, 3n$); (n, pn). Dochází k nim zpravidla neutronů s energiemi vyššími než 10MeV.



c₅) reakce neutronů (n, f). Jedná se o štěpnou jadernou reakci (viz štěpná jaderná reakce).



5.7.6.2 Ochrana před účinky pronikavé radiace

Při průchodu záření pronikavé radiace látkou dochází k jeho interakci s částicemi, z nichž se látka skládá.

Ionizující částice tak ztrácejí svou původní energii řadou za sebou následujících ionizačních a excitačních aktů. Jakmile jejich energie klesne na hodnotu odpovídající tepelnému pohybu, termalizují se, ztrácejí svoji původní identitu – přestávají být částicemi záření. Tento proces se nazývá *absorpce (pohlcování) záření*.

Záření pronikající látkou nejen ztrácí svou energii, ale může rovněž změnit i svůj původní směr účinkem elektrického pole jádra nebo elektronového obalu atomu. Tento jev nazýváme *rozptyl záření*.

Absorpce a rozptyl záření pronikající látkou tvoří tedy základ ochrany před účinky pronikavé radiace.

Intenzita paprsků „lehkého záření“ (beta, gama) při jeho průchodu látkou postupně klesá. Zeslabení lehkého záření při jeho průchodu látkou probíhá v ideálním případě exponenciálně a vyjadřuje jej Lambertův – Baerův zákon:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu_m \cdot \mu_s} = I_0^* \cdot e^{-\mu \cdot e}$$

I ... intenzita po přijetí absorbentem,

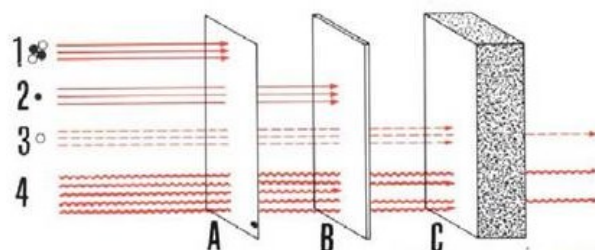
I_0 ... původní intenzita,

μ_m ... hmotnostní součinitel zeslabení,

μ_s ... plošná hmotnost ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$),

μ ... lineární součinitel zeslabení (m^{-1}),

e ... tloušťka zeslabujícího materiálu (cm).



Obrázek 37. Stínící efekt různých druhů materiálu pro jednotlivé typy záření. [Zdroj: O-37]

Poznámka:

1 – záření alfa, 2 – záření beta, 3 – tok neutronů,
4 – záření gama

A – list papíru, B – ocelový plech, C – betonová stěna

Je nutno poznamenat, že uvedené rovnice přesně platí pouze pro rovnoběžný svazek monochromatických paprsků. Lineární součinitel zeslabení je charakteristický pro danou energii záření a pro daný druh materiálu.

Kromě uvedených součinitelů se pro pronikavost záření v určité látce používá jiná veličina, tzv. *polovrstva (polotloušťka)* a to lineární. Je to taková vrstva materiálu, která zeslabí hustotu proudu záření na polovinu (viz tabulka 22).

Záření gama a záření neutronové se však zeslabuje různě. Záření gama se zeslabuje nejlépe těžkými materiály, záření neutronové pak zvláště materiály lehkými. Toto pravidlo však platí jen zhruba. Pohlcování paprsků gama i neutronů závisí také na jejich energii.

Tabulka 22. Polovrstvy v cm pro materiály a střední hodnotu energie záření gama a neutronového záření jaderného výbuchu. [Zdroj: T-22]

Materiál	Hustota [g.cm ⁻³]	Štěpný výbuch		Termonukleární výbuch	
		gama	neutrony	gama	neutrony
Dřevo	0,7	30	10	40	14
Polyetylén	0,9	22	3	30	5
Voda	1,0	21	3	30	5
Zemina	1,6	13	9	20	11
Cihly	1,6	13	10	20	14
Beton	2,3	10	9	12	10
Ocel	7,8	3,5	11	3,5	12

Počítání s polovrstvami je jednoduché. Přibližně platí, že jedna polovrstva zeslabí záření 2 krát, dvě polovrstvy 4 krát, čtyři polovrstvy 8 krát atd., až 10 polovrstva 1 024 krát, dvacet polovrstev přibližně 10⁶ krát a třicet asi 10⁹ krát. Pro přesné výpočty platí následující vztah:

$$k_{0sl} = \frac{D_0}{D} = 2^{l/d_{1/2}}$$

kde:

k ...koeficient (stupeň) zeslabení, udávající kolikrát bude záření zeslabeno,

D₀ ...expoze (expoziční příkon) změřená dozimetrickým přístrojem v poli záření bez jakéhokoliv stínění,

D ...expoze (expoziční příkon) změřená stejným dozimetrickým přístrojem ve stejném místě pole záření ve stínícím objektu,

l ... tloušťka polovrstvy stínícího materiálu (cm),

d_{1/2} ... polovrstva (cm).

Z uvedeného vztahu lze odvodit jiný vztah k výpočtu nutné vrstvy materiálu, požadovaného koeficientu zeslabení:

$$k = 3,3 \times d_{1/2} \times \log k$$

Je vidět, že k výpočtu zeslabení **k**, povýšíme 2 na násobek polovrstev. Jde-li o zeslabení různými materiály v různých tloušťkách současně, vypočteme nejdříve celkový počet polovrstev $l_1/d_{1/2} + l_2/d_{1/2} + l_3/d_{1/2} + \dots$ atd. a potom povýšíme 2 na souhrnný počet polovrstev.

Příklad: Vypočtete zeslabení neutronového záření termonukleárního výbuchu 8 cm oceli a 5 cm polyethylenu. Postup – z tabulky 22 pro termonukleární výbuch odečteme:

$$\begin{aligned} \text{pro: } l_{\text{oceli}} &= 8/12 = 0,66 \\ l_{\text{polyethylenu}} &= 5/5 = 1 \\ 1 + 0,66 &= 1,66 \text{ a dále } 2^{1,66} = 3,16. \end{aligned}$$

Koeficient zeslabení **k** pro 8 cm oceli a 5 cm polyethylenu je **3,16**.

Při výpočtu je nutno zvlášť počítat zeslabení pro záření gama a zvlášť zeslabení pro neutrony. Celkové zeslabení pronikavé radiace můžeme vypočítat jen tehdy, známe-li vzájemný poměr obou druhů záření.

5.7.7 Radioaktivní kontaminace

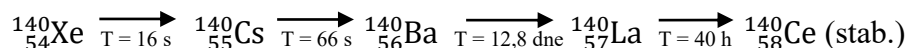
Radioaktivní kontaminace působí na rozdíl od ostatních faktorů jaderného výbuchu dlouhodobě. Silná radioaktivní kontaminace terénu (dočasně i ovzduší) nastává po pozemním a nadzemních výbuších. U vzdušných výbuchů vzniká malá nebo zcela jen zanedbatelná radioaktivní kontaminace. O radioaktivní kontaminaci hovoříme až po ukončení působení pronikavé radiace, tedy *asi 10 až 15 sekund po výbuchu*.

Radioaktivní kontaminace má tři zdroje:

- štěpné produkty jaderné reakce,
- nezreagovanou jadernou výbušninu,
- indukovanou (umělou) radioaktivitu dříve neaktivní hmoty.

Štěpné produkty jaderné reakce

Jak již bylo uvedeno v předcházející části (viz štěpná jaderné reakce), k rozštěpení jádra dochází asi čtyřiceti různými způsoby. Štěpné produkty jsou směsí více než 200 radionuklidů, které vznikly z původních asi 80 odštěpků. Rozpad primárního odštěpku až po stabilní izotop může probíhat podle schématu, např.:



Každý primární odštěpek prodělá průměrně 3 proměny, během nichž vyzáří 3 částice beta a 1 až 2 kvanta gama.

Štěpné produkty jaderné reakce tvoří nuklidy převážně ze středu periodické soustavy a jejich nukleonová čísla A se pohybují v rozmezích od 72 do 160. Primární zastoupení určitého nuklidu ve směsi štěpných produktů se vyjadřuje pomocí tzv. absolutního výtěžku.

Štěpení pomalými neutrony, jak již bylo řečeno, probíhá nesymetricky. Při štěpení ${}^{235}\text{U}$ mají největší absolutní výtěžek (asi 6,4 %) odštěpky s nukleonovými čísly ${}^{94}\text{Kr}$ a ${}^{133}\text{Xe}$. Pravděpodobnost štěpení jiným způsobem se zmenšuje. I pro jiné štěpné výbušniny (${}^{233}\text{U}$, ${}^{239}\text{Pu}$) je uvedený absolutní výtěžek štěpení obdobný. S rostoucím časem po výbuchu dochází k nerovnoměrnému poklesu aktivity štěpných produktů. V prvních okamžicích po výbuchu přibývají ve směsi radionuklidy vzniklé rozpadem primárních odštěpků. Současně však dochází k vymírání radionuklidů s malými poločasy rozpadů. Na každou kilotunu mohutnosti štěpného výbuchu připadá asi 50 g štěpných produktů. Jejich aktivita dosahuje značných hodnot. Tak například při mohutnosti výbuchu 1 Mt je aktivita po 1 hodině asi 2×10^{22} Bq, což je ekvivalentní aktivitě asi 7×10^5 tun rádia. K štěpným produktům bývají rovněž zpravidla přiřazovány aktinoidy ${}^{239}\text{Np}$ a ${}^{237}\text{U}$, které vznikají z ${}^{238}\text{U}$ působením neutronů. Vyskytují se zpravidla u termonukleárních náložích. Při termonukleárním výbuchu může být obsah aktinoidů tak vysoký, že v určitých časových intervalech dochází k jistému narušení pravidel o aktivitě, druhu a energii záření produktů výbuchu.

Nezreagovaná jaderná výbušnina

V okamžiku rozmetání jaderné nálože vždy zůstane určitá část štěpné výbušniny (více než 50 %), která se nestačila zúčastnit štěpné reakce. Jde především o ${}^{233}\text{U}$, ${}^{235}\text{U}$ a ${}^{239}\text{Pu}$. Tato nezreagovaná výbušnina rovněž přispívá k radioaktivní kontaminaci. Radionuklidy tvořící jadernou výbušninu, vysílají záření alfa. Jejich poločasy rozpadu jsou velké, takže jejich aktivita, ve srovnání s aktivitou štěpných produktů je takřka zanedbatelná.

Indukovaná radioaktivita

Při štěpné reakci vzniká velké množství neutronů. Část z nich, neutrony pronikavé radiace, se účastní vlastní štěpné reakce. Tyto neutrony interagují s jádry neaktivních prvků obalu jaderného náboje, vzduchu, půdy, objektů na terénu aj. a způsobují uměle vznik radionuklidů. Hovoříme o tzv. **indukované radioaktivitě**.

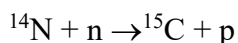
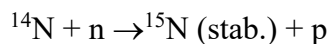
Radioaktivita indukovaná v materiálu jaderného náboje –

Radionuklidy, vzniklé působením neutronů, jsou spolu se štěpnými produkty obsaženy ve žhavé kouli vzniklé po výbuchu. Spolu se štěpnými produkty vypadávají na terén ve stopě radioaktivního oblaku. Působením neutronů v obalu jaderného náboje vznikají převážně radioaktivní izotopy železa, chrómu, manganu a niklu. Vzhledem k aktivitě štěpných produktů a aktinoidů je jejich aktivita zanedbatelná.

Radioaktivita indukovaná ve vzduchu

Má praktický význam z hlediska globální kontaminace ovzduší. Kyslík absorbuje rychlé neutrony za vzniku radioaktivního ^{16}N . Účinný průřez této reakce je malý. Kromě toho má vzniklý radionuklid poločas rozpadu pouze 7,3 s.

S dusíkem reagují neutrony dvojím způsobem:



První reakce má malý účinný průřez. Vzniklý ^{15}N je stabilní. Avšak druhá reakce má asi 16 krát větší účinný průřez, než první. Vzniklý ^{14}C je beta radioaktivní. Jeho poločas rozpadu je však 5 760 let. Radioaktivní uhlík ve formě CO_2 vniká do živých organismů a stává se jejich součástí. V tom je jeho hlavní nebezpečí.

Radioaktivita indukovaná v půdě, vodě a předmětech na terénu

Vznik radionuklidů působením neutronů na neaktivní prvky obsažené v půdě, vodě a předmětech na terénu, závisí na druhu, energii výbuchu a na složení materiálu. Působením neutronů na prvky v půdě vznikají nejčastěji radionuklidy – viz tabulka 23. Největší význam má reakce $^{23}\text{Na} (n, \gamma) ^{24}\text{Na}$. Obsah ^{25}Na v půdě je poměrně malý, avšak tato reakce má velký účinný průřez. Ten je spolu s poměrně krátkým poločasem rozpadu příčinou značné aktivity.

Naproti tomu mangan se vyskytuje téměř ve všech typech půd. Absorpcí vzniklý ^{56}Mn má kratší poločas rozpadu než ^{24}Na , jeho aktivity proto ubývá rychleji. Avšak krátce po výbuchu představuje větší nebezpečí než sodík ^{24}Na .

Podstatnou složkou půdy je hliník. Působením neutronů na něj vzniká ^{28}Al . Vzhledem ke krátkému poločasu rozpadu značně přispívá k počáteční kontaminaci půdy. Hodinu po výbuchu je jeho aktivita téměř nulová. Radioaktivní křemík ^{31}Si je beta zářič, není proto příliš nebezpečný.

V čisté vodě indukovaná radioaktivita prakticky nevzniká. Z jader ^1H vzniká stabilní ^2H . O záchytu neutronů jádru kyslíku jsme se již zmiňovali. Indukovaná radioaktivita však vzniká v látkách, rozpuštěných ve vodě. Jde především o radionuklidy vzniklé ze sodíku, draslíku, chlóru a hořčíku (viz tabulka 24).

Krátce po jaderném výbuchu způsobují kontaminaci zejména radionuklidy ^{42}K a ^{38}Cl . Později převážně ^{24}Na a ^{42}K . Z hlediska nebezpečných účinků ionizujícího záření na lidský organismus má prakticky největší význam radioaktivita indukovaná působením neutronů na předmětech a především bojové technice. Pancíře tanků, bojových vozidel, obrněných transportérů a speciálních vozidel jsou vyrobeny z legované oceli. Proto největší praktický význam z hlediska dalšího pobytu osob v technice bude mít vznik radionuklidů ^{59}Fe a ^{60}Co s velmi dlouhými poločasy rozpadu (viz tabulka 25).

Tabulka 23. Charakteristika radionuklidů radioaktivity indukované v půdě. [Zdroj: T-23]

Stabilní nuklid	Vzniklý radionuklid	T	Druh záření	E_β (MeV)	E_γ (MeV)
^{23}Na	^{24}Na	14,9 h	beta – gama	1,48	1,4
^{27}Al	^{28}Al	2,3 min	beta – gama	2,8	1,8
^{30}Si	^{31}Si	2,7 h	beta	1,5	-
^{41}K	^{42}K	12,5 h	beta – gama	3,6	1,5
^{55}Mn	^{56}Mn	2,59 h	beta – gama	2,8	1,2

Tabulka 24. Charakteristika radionuklidů radioaktivity indukované ve vodě. [Zdroj: T-24]

Stabilní nuklid	Vzniklý radionuklid	T	Druh záření	E_β (MeV)	E_γ (MeV)
^{41}K	^{42}K	12,5 h	beta – gama	3,6	1,5
^{23}Na	^{24}Na	14,9 h	beta – gama	1,48	1,4
^{26}Mg	^{27}Mg	9,4 min	beta – gama	1,7	1,05
^{37}Cl	^{38}Cl	37,3 min	beta – gama	4,8	1,5

U potravin přicházejí v úvahu především sodík, chlór, hořčík a draslík. Radioaktivitu skleněných předmětů způsobuje velký obsah křemíka sodíku. Ke vzniku nebezpečné indukované radioaktivity dochází v blízkosti centra výbuchu, kde jsou dostatečně velké neutronové toky. V těchto vzdálenostech však již dochází ke zničení předmětů působením tlakové vlny a světelného záření.

Tabulka 25. Charakteristika radionuklidů radioaktivity indukované v předmětech a bojové technice. [Zdroj: T-25]

Stabilní nuklid	Vzniklý radionuklid	T	Druh záření	E_{β} (MeV)	E_{γ} (MeV)
^{55}Mn	^{56}Mn	2,59 h	beta – gama	2,8	1,2
^{58}Fe	^{59}Fe	45,3 dne	beta – gama		
^{59}Co	^{60}Co	5,24 h	beta – gama		
^{64}Ni	^{65}Ni	2,56 h	beta – gama		
^{63}Cu	^{64}Cu	12,8 h	beta – gama		

5.7.7.1 Vznik a charakteristika radioaktivní stopy

Radioaktivní kontaminace terénu při jaderném výbuchu nastává dvojím způsobem. V okolí epicentra dochází působením neutronů k indukované radioaktivitě. Kromě toho dochází k postupnému vypadávání radioaktivních částecek z oblaku jaderného výbuchu – tzv. *radioaktivní spad*. K radioaktivnímu spadu dochází v oblasti epicentra i po cestě šíření oblaku vlivem působení větru. Vzniká tzv. *radioaktivní stopa*.

Ke vzniku radioaktivní stopy dochází při všech druzích výbuchu (i při radiačních haváriích Černobyl, Fukušima). Se stoupající výškou výbuchu se kontaminace ve stopě stává zanedbatelnou. U pozemních a podzemních výbuchů dosahuje koncentrace radioaktivních látek ve stopě velmi vysokých hodnot.

Radioaktivní spad dělíme na tyto hlavní skupiny:

a) *počáteční (lokální) spad* – tvoří radioaktivní částice, které vypadnou na povrch Země do 24 hodin po výbuchu,

b) *zpožděný (globální) spad* – je tvořen radioaktivními částicemi vypadávajícími po 24 hodinách. Může postihnout prakticky kterékoliv místo na Zemi. Z vojenského hlediska nemá však praktický význam.

Při ochlazování žhavé koule kondenzují štěpné produkty a ostatní páry na půdu aj. Tyto částičky byly nasáty ze země při vzestupu žhavé koule. Při tomto procesu dochází k frakcionizaci štěpných produktů i vzniklých aktinoidů.

Z tohoto hlediska lze rozdělit radionuklidy vzniklé při jaderném výbuchu na tři skupiny:

a) radionuklidy rovnoměrně rozdělené v radioaktivní stopě i v oblaku. Patří sem štěpné produkty s nukleonovými čísly A 141, 143, 144 a dále ^{239}Np ,

b) radionuklidy obsažené v radioaktivní strusce v oblasti kráteru i v okolí epicentra. Patří sem štěpné produkty s nukleonovými čísly A 95 a 99, ^{237}U a ^{239}Pu . Mimo to obsahuje oblast epicentra radionuklidy, vzniklé působením neutronů na terén, vodní zdroje a objekty na terénu (indukovaná radioaktivita),

c) radionuklidy, které obohacují radioaktivní stopu ve velkých vzdálenostech odepicentra a radioaktivní oblak. Do této skupiny patří štěpné produkty s nukleonovými čísly A 89, 111, 115 a 140.

Vypařováním radioaktivních částic z oblaku jaderného výbuchu dochází ke vzniku radioaktivní stopy na terénu. Hustota radioaktivní kontaminace ve stopě závisí na druhu jaderné reakce, energii výbuchu, výšce výbuchu, vlastnostech terénu a meteorologických podmínkách.



Obrázek 38. Charakteristický hřib po jaderném výbuchu – zdroj radioaktivních částic. [Zdroj: O-38]

U nízkých vzdušných, pozemních a zvláště podzemních výbuchů se do atmosféry dostávají větší částičky půdy. Ty vypadávají z radioaktivního oblaku a vytvářejí lokální spad. Nejmenší částičky zůstávají v atmosféře a způsobují zpožděný (globální) spad. Bylo zjištěno, že zhruba na 1 kt mohutnosti jaderného výbuchu je do oblasti žhavé koule vtaženo 20 až 30 tun zeminy. Velikost radioaktivních částiček v oblaku jaderného výbuchu se pohybuje od zlomků mikrometrů do několika milimetrů. Doba vypadávání těchto částiček závisí kromě velikosti i na hustotě a na meteorologických podmínkách.



Obrázek 39. Směr jaderného spadu po výbuchu 5 kt jaderné bomby v Praze – západní vítr o rychlosti 24 km/h. [Zdroj: O-39]

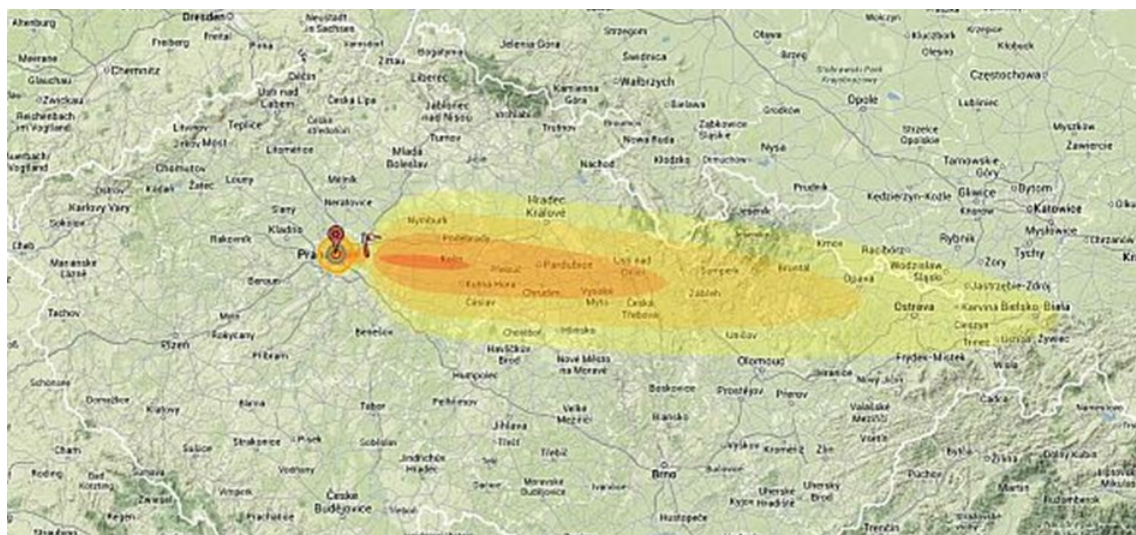
Podíl aktivity částic, které vypadnou, jako lokální spad na celkové aktivitě oblaku je proměnlivý. Přibližně můžeme předpokládat, že u pozemního výbuchu činí lokální spad 50 až 70 % celkové aktivity oblaku. Během 24 hodin ve vzdálenosti obvykle do několika set kilometrů tedy vypadnou částičky deponující zhruba 60 % celkové aktivity oblaku. Zbýlých 40 % vypadává ve vzdálenostech ještě větších. Pro podzemní výbuch je podíl lokálního spadu ještě vyšší. Při výbuchu nad vodní hladinou je podíl lokálního spadu nižší (průměrně o 30 %).

Není známo přesné rozdělení celkové aktivity oblaku. Je předpoklad, že hlava oblaku pozemního výbuchu obsahuje částičky, deponující zhruba 90 % celkové aktivity. Zbytek je ve sloupu oblaku. U výbuchu na vodní hladině je poměr aktivity ve sloupu oblaku oproti aktivitě v hlavě oblaku ještě menší. U výbuchu vzdušného je aktivita ve sloupu oblaku téměř nulová.

Čím déle setrvávají částičky ve vzduchu, tím více v důsledku různých poločasů rozpadu klesá jejich aktivita, dochází k jejich postupnému vymírání a úbytku. Současně dochází k jejich rozptylování, klesá jejich koncentrace na jednotku plochy povrchu Země. Radioaktivní oblak přestává být po několika hodinách viditelný. Je totiž rozptylován působením větru.

Tvar a velikost *radioaktivní stopy* i hustotu radioaktivní kontaminace v ní určuje především *směr a rychlost výškového větru od povrchu Země*, až do maximální výšky dosažené oblakem. Vliv má i tvar terénu a srážky. Kombinace těchto vlivů, nerovnoměrné rozložení aktivity v oblaku, charakter půdy v okolí epicentra, mohutnost výbuchu apod., způsobují nepravidelný tvar radioaktivní stopy a nepravidelné rozptýlení aktivity radioaktivních částic ve stopě.

Ve stopě se zpravidla vyskytují i tzv. „*horké skvrny*“, tj. místa, kde je úroveň radiace (expoziční nebo dálkový příkon) na terénu mnohem vyšší, než v místech podstatně blíže kepicentru výbuchu. Vznik těchto „*horkých skvrn*“ může způsobit i déšť v daném místě. Z uvedeného je zřejmé, že dokonalá předpověď tvaru, velikosti a hustoty kontaminace radioaktivní stopy je téměř nemožná.



Obrázek 40. Směr jaderného spadu po výbuchu 550 kt jaderné bomby v Praze – západní vítr o rychlosti 24 km/h. [Zdroj: O-40]

Předpokládáme-li případ, rovný, nepokrytý terén, stejný směr a rychlost výškového větru ve všech vrstvách, žádné vedlejší vlivy (dešť, mlha apod.), pak vzniklá stopa bude mít tvar elipsy, jejíž *maximální šířka bude 1/6 až 1/10 délky*. Radioaktivní stopa bude tvořena kruhem kolem centra výbuchu (poloměr kontaminace v důsledku indukované radioaktivity a rozhození radioaktivní stusky po výbuchu) a dále více či méně eliptickou stopou. Úroveň radiace (expoziční nebo dávkový příkon) ve stopě se vzdáleností od centra výbuchu klesá. Ve stopě je největší úroveň radiace (expoziční příkon) v její ose, ve směru do stran rychle klesá.

K vypadávání částic z oblaku dochází postupně. Doba, za kterou všechny radioaktivní částice v daném místě vypadnou z oblaku, je dána atmosférickými podmínkami a rozptylem velikosti částic. Čím menší je střední velikost částic, tím větší je tato doba. S rostoucí vzdáleností od epicentra roste i doba vypadávání. S rostoucí dobou vypadávání částic radiace (expoziční nebo dávkový příkon) v určitém místě radioaktivní stopy roste do maximální hodnoty a pak postupně klesá. Dochází zde ke dvěma protichůdným jevům. V důsledku vypadávání vzrůstá aktivita v daném místě, a současně klesá v důsledku radioaktivního rozpadu. Nejprve převládá první jev, kdy dochází ke vzrůstu aktivity, později však převládá druhý jev, kdy aktivita v důsledku radioaktivního rozpadu bude klesat.

5.7.7.2 Ničivé účinky ionizujícího záření

Působení ionizujícího záření na bojovou techniku a materiál

Povrch tuhých látek bývá při vnějším ozařování poškozován. Záření způsobuje výrazné povrchové defekty, které se projevují jako submikroskopické stopy po dopadlé částici a dochází k tzv. „*radiační korozi*“. Povrch v místě těchto mikroskopických defektů je pak citlivější k chemickým činidlům, než okolní neporušená látka. Působením těchto činidel se mohou vzniklé vady zvětšovat a tudíž docházet k postupnému znehodnocování materiálu. To může být aktuální zejména v důsledku dalšího nanášení odmořovacích směsí na takto předem poškozený materiál, vzhledem ke skutečnosti, že většina používaných odmořovacích receptur je velmi agresivní.

Kromě toho však mohou účinkem ionizujících záření na tuhé látky vznikat *i látkové poruchy mřížky* vyvolané změnami poloh atomů či iontů. Dochází proto k porušení původního uspořádání krystalické struktury. Tyto změny, jsou-li rozsáhlejší, se mohou projevovat změnou mechanických vlastností (tvrdosti, hustoty, křehkosti) nebo i fyzikálních vlastností (elektrické vodivosti, měrné tepelné kapacity apod.). Působení ionizujícího záření se může u některých materiálů projevit i *změnou jeho zbarvení, případně luminiscencí*.

Nejpodstatnějším ničivým účinkem je vznik radioaktivity indukované v materiálu zvláště na technice, která je pak prakticky nevyužitelná pro svůj původní účel, do úplného vymření uměle vytvořených radionuklidů (hřbitovy techniky 30 let po katastrofě v Černobylské jaderné elektrárně).

Působení ionizujícího záření na osoby

Působení ionizujícího záření na člověka, či jiné živé organismy, se řídí stejnými zákony, jako interakce záření s látkami. Rozdíl je především v tom, že biologické organismy mají vysoký stupeň hierarchické organizace, tj. jejich jednotné objemy mají funkčně značně rozdílné postavení, takže důsledky toho či onoho jednotkového objemu se mohou lišit.

Další specifikou živých biologických systémů je schopnost reparace, tj. úpravy poškození, v závislosti na genetické výbavě daného jedince. Pro pochopení problematiky ohrožení osob zářením je vhodné znát biologické účinky záření a zdravotní následky ozáření.

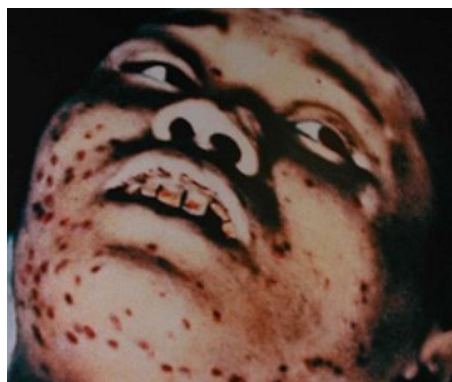


Foto 81. Akutní radiační syndrom, Hirošima. [Zdroj: F-81]

Přenos energie ionizujícího záření na živočišnou buňku a poškození makromolekuly kyseliny deoxyribonukleové (DNA) může vyvolat tyto druhy poškození organismu:

- akutní nemoc z ozáření,
- akutní lokalizované poškození (radiační dermatitida, ztráta ochlupení, tvorba vředů),
- u gravidních poškození plodu, neplodnost,
- nenávratná pozdní poškození (zákal oční čočky, chronická radiační dermatitida, zkrácení doby života),
- genetické změny.

Tabulka 26. Procesy probíhající v buňce po ozáření, biologické účinky ozáření a zdravotní následky. [Zdroj: T-26]

Stádium	Procesy				Trvání
Fyzikální	absorpce energie ionizujícího záření, ionizace vody				10^{-16} s
Fyzikálně-chemické	interakce iontů s molekulami, vznik volných radikálů				10^{-6} s
Chemické	denaturace důležitých buněčných složek a fragmentů		interakce s DNA		sekundy
Biologické	smrt buňky		změna genetické informace buňky, mutace		desítky minut až desítky let
	usmrcení v klidovém stavu	zánik vázaný na buněčné dělení	somatická	genetická	
Účinky záření	deterministické (nestochastické)		stochastické		
	časné	pozdní			
	somatické			genetické	
Zdravotní následky ozáření	akutní postradiační syndrom (nemoc z ozáření)	chronický útlum krvetvorby	leukémie	následky u potomstva	
	akutní lokální změny nenádorová poškození orgánů	chronický zánět kůže	nádorová poškození orgánů (rakovina)		
	poškození vývoje zárodku či plodu	zákal oční čočky			

Nejvýraznějším projevem časného účinku ionizujícího záření je *akutní nemoc z ozáření*, která se rozvíjí po ozáření těla nebo jeho části vyšší dávkou. V závislosti na stupni ozáření převládají v klinickém obraze příznaky poškození krvetvorných orgánů, trávicího ústrojí a centrálního nervového systému.

Z tabulky 26 je patrné, že zdravotní poškození vznikající následkem ozáření lze rozdělit podle tří hledisek:

1) na následky *somatické* (projevují se přímo u ozářeného jedince) a následky *genetické* (projevující se až v dalších generacích),

2) na následky *časné* (projevují se v průběhu dnů, týdnů, resp. měsíců) a následky *pozdní* (projevující se až po letech),

3) na účinky:

■ *deterministické* (zákonité, nestochastické, nenahodilé) projevující se vždy, ale až při překročení určité prahové dávky, a to u všech ozářených jednotlivců. Hodnota prahové dávky pro daný účinek klesá individuálně, v závislosti na podmínkách ozařování. Od této prahové dávky jsou účinky na jednotlivce úměrné velikosti dávky. Účinkům nestochastického charakteru odpovídají první čtyři položky poškození organismu,

■ *stochastické* (nahodilé, statistické) nemají žádnou prahovou dávku a mají statistický (pravděpodobnostní) charakter. Stochastická poškození se projeví jen u části osob (jednotlivců) z významného statistického souboru, tj. mají pro jednotlivce pouze určitý koeficient pravděpodobnosti. U stochastických účinků nelze u žádného jednotlivce nikdy exaktně rozhodnout, zda k onemocnění konkrétní osoby došlo či nedošlo v důsledku ozáření.

Pokud se týče následků *deterministických poškození*, tak např. prahová dávka celotělového ozáření pro akutní postradiační syndrom má hodnotu cca 1 Sv. Pokud tato hodnota není překročena, je vyloučeno, aby ozářená osoba onemocněla „klasickou nemocí z ozáření“.

Při hodnocení *stochastických účinků* se vychází z následujících *koeficientů rizika*:

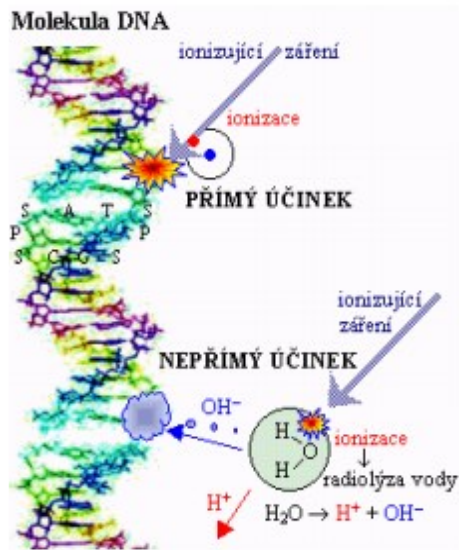
1) *Koeficient rizika nefatální rakoviny* je odhadnut na cca $10 \cdot 10^{-6} \text{ mSv}^{-1}$, koeficient rizika genetických následků pro první dvě generace se odhaduje na cca $13 \cdot 10^{-6} \text{ mSv}^{-1}$.

2) *Koeficient rizika radiačně indukované fatální (smrtelné) rakoviny* se v současné době odhaduje přibližně na $50 \times 10^{-6} \text{ mSv}^{-1}$, tj. při ozáření miliónu osob, každé dávkou 1 mSv^{-1} , zemře v důsledku ozáření zhruba 50 osob na rakovinu. Rakovina nevzniká bezprostředně, ale až po několikaletém období latence (např. u plicních nádorů po 10 až 40 letech). V každé generaci osob na území ČR (pro zjednodušený výpočet použijeme 10 miliónů osob) se vyskytuje asi 100 tisíc radiačně indukovaných případů fatální rakoviny způsobené ozářením ze všech přírodních i umělých zdrojů. Celkový výskyt rakoviny veškerého původu je asi dvacetkrát vyšší, činí asi 2 milióny osob, tj. každý pátý člověk umírá na rakovinu nejrůznějšího původu. Někteří autoři udávají tento počet ještě vyšší.



Foto 82. Poškození plodu po ozáření, Hirošima. [Zdroj: F-82]

Biologický účinek ionizujícího záření na člověka, či jiný živý organismus vůbec, spočívá v ionizaci a excitaci atomů a molekul živočišného i rostlinného původu. V důsledku tohoto jevu dochází v živém organismu k chemickým změnám, vyvolaným produkty *radiolýzy vody*, jejíž obsah je v organismu značný. Produkty radiolýzy vody zprostředkovávají dalšími chemickými reakcemi peroxidické změny funkčně významných makromolekul v buňce, změnu její biologické integrity, poškození makromolekuly kyseliny deoxyribonukleové (DNA). Z toho vyplývají důsledky pro geneticky podmíněnou regulaci buňky a jejího potomstva.



Obrázek 41. Účinek ionizujícího záření na organismus. [Zdroj: O-41]

Kromě toho, se ve vojenské dozimetrii k vyjádření kvantitativní míry účinků ionizujícího záření na lidský organismus používá jednotka *rentgen* (*R*), což je ale nesprávné, neboť rentgen je vedlejší jednotkou expozice, určující množství záření, pomocí ionizačního účinku na vzduch. Přepočtové vztahy:

$$\begin{aligned} 1 \text{ rad} &= 10^{-2} \text{ J.kg}^{-1} \\ 1 \text{ J.kg}^{-1} &= 1 \text{ Gy} \\ 1 \text{ Gy} &= 100 \text{ R} \\ 1 \text{ rad} &= 10 \text{ mGy} \\ 1 \text{ rad} &= 1 \text{ R (přibližně jen při průchodu záření vzduchem)} \end{aligned}$$

Výpočty dávek v kontaminovaném prostoru.

V některých případech nemůžeme změřit dávku dozimetrem, a protože potřebujeme dávku alespoň orientačně vypočítat, abychom pak mohli posoudit stupeň nebezpečí vnějšího záření osob, můžeme využít následující způsob:

Případ kdy kontaminace je velmi stará a časem se podstatně nemění:

pak platí: $D = P \cdot t$

kde: *D* je dávka v cGy,
P je úroveň radiace v cGy.h⁻¹,
t je doba pobytu v kontaminovaném prostoru.

Případ kdy je kontaminace mladší a úroveň radiace se výrazně během pobytu mění:

pak platí: $D = \frac{P_1 + P_2}{2} \cdot t$

kde: *P*₁ je úroveň radiace při počátku ozařování cGy.h⁻¹,
*P*₂ je úroveň při konci ozařování cGy.h⁻¹.

Kvantitativní míru účinků přímo i nepřímo ionizujícího záření na lidský organismus vyjadřujeme pomocí tzv. *dávky D* (též absorbované dávky, či dávky záření). Dávka je definována jako střední energie předaná ionizujícím zářením látce, připadající na jednotku hmotnosti látky, které byla energie předána. *Jednotkou dávky* je joule na kilogram (J.kg⁻¹) se zvláštním názvem *gray* (*Gy*) a rozměrem m².s⁻². Dřívější jednotkou byl *rad*.

Biologický účinek záření vyjadřuje tzv. *dávkový ekvivalent H*, který je dán součinitelem délky, faktorem biologické účinnosti *Q* (tzv. jakostního faktoru) a jiných modifikací faktorů *N*.

$$H = D \cdot Q \cdot N$$

Jednotkou dávkového ekvivalentu je *sievert* (*Sv*), dříve používaná jednotka byla *rem* (odvozena od anglického názvu „roentgen equivalent man – biologický lidský ekvivalent rentgenu). Hodnoty jakostního faktoru *Q* pro různé druhy záření jsou v tabulce 27. Pro součin všech modifikujících faktorů se bere v současné době na základě konvence ve všech případech jedna – *N* = 1 (blíže informace k veličinám a jednotkám viz podkapitoly 5.5 a 5.6 textu).

Tabulka 27. Hodnoty jakostního faktoru *Q* pro různé druhy záření. [Zdroj: T-27]

Druh záření	Q
rentgenové, gama, elektrony a beta	1
tepelné neutrony	3
neutrony rezonanční (0,5eV – 1keV)	2,5
neutrony o střední energii (1 – 500keV)	8
neutrony rychlé (do 10MeV)	10
protony a částice alfa	10
odražená jádra a trosky štěpení	20

Ochrana před účinky radioaktivní kontaminace

Ochrana před účinky radioaktivní kontaminace se prakticky neliší od ochrany proti účinkům pronikavé radiace, jejíž principy již byly objasněny. Kontaminace oděvu, či povrchu těla lze prakticky vyloučit vhodným a včasným použitím prostředků individuální ochrany, případně využitím techniky a úkrytů.

Tabulka 28. Příпустné normy kontaminace povrchů radioaktivními látkami.

[Zdroj: T-28]

Povrch předmětů	Stupeň kontaminace v mGy.h ⁻¹
spodní prádlo, lícnice ochranné masky, obuv, prostředky individuální ochrany, osobní zbraně, obvazový materiál	0,5
obaly na potraviny, kuchyňské zařízení, vybavení jídelen, pekáren a potravinářských skladů	0,5
povrch těla zvířat	1,0
vojenská technika, dopravní prostředky, letadla, speciální vozidla, děla, minomety, raketomety a příslušenství	2,0

Poznámka:

- údaje platí pro stáří radioaktivních látek 1 den (24 hodin).
- jestliže je kontaminace způsobena zplodinami jaderného výbuchu starými méně než 12 hodin, se zvětšují uvedené hodnoty 4 krát (uběhlo od jaderného výbuchu méně než 12 hodin).
- jestliže je kontaminace způsobena zplodinami jaderného výbuchu starými mezi 12 – 24 hodinami, se zvětšují uvedené hodnoty 2 krát (uběhlo od jaderného výbuchu 12 – 24 hodin).
- při měření musí být vzdálenost mezi sondou přístroje a povrchem objektu 1 – 1,5 cm.
- V kontaminovaných pásmech s úrovní radiace do 5 cGy.h⁻¹ se podle nařízení můžou periodicky snímat ochranné masky až 4x za 24 hodin. Celkem však ne více jak na 3 hodiny za den.

Kontaminace oděvu, či povrchu těla lze prakticky vyloučit vhodným a včasným použitím prostředků individuální ochrany, případně využitím techniky a úkrytů. Vnitřní kontaminaci lze předcházet využitím ochranných vlastností bojové techniky a úkrytů. Při činnosti mimo ně pak nasazením ochranné masky, která zamezuje vnikání radioaktivních částic do organismu.

Při vypadávání radionuklidů z oblaku jaderného výbuchu, při činnosti v kontaminovaném prostoru hrozí osobám nacházejícím se na terénu v podstatě trojí nebezpečí:

- vnější ozáření od radionuklidů vypadlých na terén z oblaku radioaktivního výbuchu a vzniklých v důsledku indukované radioaktivity,
- kontaminace oděvu, eventuálně povrchu těla radioaktivními látkami při činnosti v kontaminovaném terénu (vnější kontaminace),
- vnitřní kontaminace při vniknutí radionuklidů do organismu.

Pásma radioaktivní kontaminace po pozemních jaderných úderech nebo po aktivaci jaderných zářarů se zpravidla překonávají na směrech s nejnižšími úrovněmi radiace nebo po poklesu vysokých úrovní. Závaly, požáry a zatopené prostory se obcházejí. Před překonáváním pásem radioaktivní kontaminace se vojákům aplikují radioprotektivní láky pro zvýšení odolnosti organismu před účinky ionizujícího záření.

5.7.8 Vliv terénu a povětrnostních podmínek

a) *na tlakovou vlnu* – na přivrácených svazích výšin, jejichž úhel převyšuje 10 až 15°, se tlak zvyšuje. Čím příkřejší je svah, tím je větší zvýšení tlaku. Koeficient zvýšení tlaku v čele vlny např. pro přetlak 0,05 MPa činí při úhlech přivrácených svahů: pro 15° = 1,31; pro 30° = 1,65; pro 45° = 2,3 a pro 60° = 2,5. Na odvrácených svazích se tlak snižuje. V údolích, jejichž směr souhlasí se směrem šíření tlakové vlny, se tlak snižuje se vzdáleností pomaleji než na volném prostranství.

V údolích, průvrách a okopech rozložených kolmo k šíření vlny je tlak přibližně stejný jako na volném prostranství, ale mechanické působení tlakové vlny je značně menší. Tím se vysvětluje jejich ochranný účinek. Zmenšení tlaku v tlakové vlně na odvrácených svazích výšin činí podle úhlu sklonu odvráceného svazku: pro $15^\circ = 0,93$; pro $30^\circ = 0,86$; pro $45^\circ = 0,77$ a pro $60^\circ = 0,67$ % tlaku na rovném prostranství. V soutěškách a roklinách, jejichž směr je paralelní se směrem šíření tlakové vlny, vzniká takzvané „profukování“ (zesiluje se působení tlakové vlny), které může způsobit rozsáhlé ničení osob, budov, bojové techniky atd.

Vliv lesných porostů na parametry tlakové vlny je dán odporem, který způsobují stromy pohybu mas vzduchu. Maximální přetlak v čele tlakové vlny uvnitř lesního masívu je o 10 až 15 % vyšší než na volném terénu, ale rychlost mas vzduchu a čelem tlakové vlny se sníží a působení je 2 až 3 krát menší. Tlaková vlna s přetlakem 0,03 až 0,05 MPa láme a povaluje stromy, vytváří závaly. Padající stromy mohou zraňovat a zabíjet lidi a poškozovat bojovou techniku. Např. poloměr oblasti lesných závalů činí při mohutnosti výbuchu 1 kT asi 0,5 km; při 10 kT asi 1,1 km; při 100 kT asi 2,3 km a při 1 MT asi 5 km.

b) *na světelné záření* – při mlze, dešti a sněžení se světelné záření oslabuje natolik, že jeho role jako samostatného ničivého faktoru se blíží nule. Při malé vlhkosti a znečištění ovzduší se světelné záření zeslabuje málo. Zeslabení světelného záření je možné dosáhnout také stíněním atmosférickými oblaky (při vzdušných JV), oblaky par stoupajícími ze země, nerovnostmi terénu, rostlinstva, místních předmětů atd. Zeslabení světelného záření v lese je závislé na charakteru stromů, na hustotě jejich koruny, na stáří lesa a také na ročním období. Hustý les zeslabuje světelné záření podle charakteru stromů 10 až 15 krát, řídký les 2 až 5 krát.

c) *na radioaktivní kontaminaci* – déšť, mlha, sněžení zvyšují množství spadlých radioaktivních látek a tím zvyšují stupeň kontaminace v prostoru srážek.

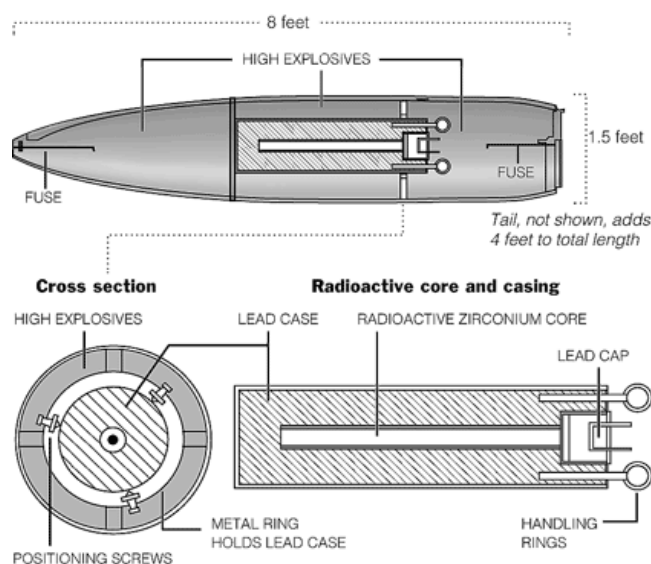
d) *na pronikavou radiaci a elektromagnetický impuls* – v podstatě nemají žádný vliv.

S rostoucí vzdáleností od místa výbuchu se účinky ničivých faktorů snižují, se zvyšující mohutností se zvyšují, se vzrůstající výškou klesá účinek tlakové vlny a kontaminace.

5.8 Radiologické zbraně

Radiologická zbraň je definovaná jako libovolné zařízení včetně jaderné zbraně nebo jiné výzbroje než je jaderná výbušina, které je speciálně vyvinuto k rozptýlení radioaktivního materiálu s cílem způsobit zničení, poškození nebo poranění ionizujícím zářením, které vzniká radioaktivním rozpadem takového materiálu. Někdy se také nazývá zařízení k rozptýlení radionuklidů. Jejím zdrojem jsou bojové radioaktivní látky, které spolu s prostředky dopravy na cíl tvoří komplex radiologických zbraní.

Radiologické zbraně, tj. záměrné rozptylování radioaktivního materiálu v ozbrojených konfliktech, nejsou kryty žádnou mezinárodní úmluvou. Při jednáních na konferenci o odzbrojení v Ženevě byl tento problém v roce 1984 stažen z programu, nebo skupina nezávislých a neangažovaných zemí chtěla nesmyslně tento problém spojit s jaderným odzbrojením.



Obrázek 42. Saddámova „Špinavá“ bomba – Irák v roce 1987 vyrobil a testoval radiologickou bombu.

[Zdroj: O-42]

Ani z vojenského hlediska nebyly takové zbraně považovány za aktuální z hlediska účinnosti, protože použití nepřináší ani rychlý efekt (jako chemické zbraně), ani vysoký zpožděný efekt (jako bakteriologické zbraně). Má se za to, že takové zbraně proto v hromadných vojenských arzenálech neexistují, i když tým inspektorů OSN po válce v Perském zálivu zjistil, že Irák se pokoušel tyto zbraně vyvíjet.

Válka vedená s použitím radiologických zbraní je definovaná jako použití radioaktivních látek nebo zařízení, které emituje ionizující záření s cílem způsobit ztráty na životech nebo omezit využití terénu. Zahrnuje záměrné využití radioaktivního spadu jaderné zbraně. Mezi zdroje radiologických zbraní patří jaderná technická zařízení, radiochemický vývoj, rozsáhlá výroba a použití radionuklidů. Bojové radioaktivní látky dělíme dle druhu záření, doby existence, původu, konzistence, použitelnosti, způsobilosti k nasazení a očekávaného účinku. Mezi běžné štěpné produkty ozáření s dlouhou životností patří kobalt (^{60}Co), cesium (^{137}Cs), tritium (^3T). Uměle lze vyrobit radionuklidy s krátkou životností v ozařovacích kanálech, které lze použít několik hodin až dní po ozáření. Je pravděpodobné, že produkty ozáření mohou být použity ve třech skupenstvích – pevném, plynném a kapalném.

Špinavá bomba

Přestože název „špinavá bomba“ implikuje výbuch, nelze např. tuto zbraň řadit do skupiny výbušných jaderných zbraní. Do ní patří atomové, vodíkové (termonukleární) i neutronové bomby, které využívají jako primárního ničivého momentu vnitro jaderné energie uvolňující se v průběhu jaderných reakcí výbušného rázu při štěpení jader těžkých prvků (uranu, plutonia) nebo spojování jader lehkých prvků (izotopů vodíku, lithia).

Tyto bomby při výbuchu vyvolávají ničivou tlakovou vlnu, žár a v případě pozemního či podzemního výbuchu otřesy půdy, což vše je doprovázeno pronikavou radiací a následnou dlouhodobou kontaminací a indukovanou radioaktivitou, která vznikla v okolí dopadem neutronů na atomová jádra.



Obrázek 43. Průmyslový zářič ^{75}Se pro defektoskopii – Gammamat SE
Typ A. [Zdroj: O-43]

Naproti tomu „špinavá bomba“ může využívat nálože s konvenční náplní (např. trinitrotoluenem) k rozptýlení radioaktivních materiálů a ve srovnání s předchozími uvedenými bombami je její bezprostřední ničivý účinek zanedbatelný.

Její působení (kromě psychologických aspektů) spočívá v kontaminaci určitého území radioaktivním zářením, přičemž nejčastěji diskutovanými materiály pro tento účel jsou gamazáření produkující kobalt ^{60}Co , cesium ^{137}Cs , iridium ^{192}Ir nebo částice alfa vysílající americium ^{241}Am a plutonium ^{238}Pu .

Aby však byly radioaktivní materiály efektivně rozptýleny, nestačí je pouze „omotat na dynamit ukradený z lomu“, a to ani, pokud by taková nálož explodovala ve vzduchu např. po shozu z malého sportovního letadla či v balóně (rozptyl by byl zanedbatelný a radioaktivní látky by byly relativně snadno detekovány a zneškodněny, na druhou stranu by však i taková akce mohla vyvolat paniku a mít psychologický efekt).

Důležité pro výraznější efekt „špinavé bomby“ je vytvořit substanci, na jejímž základě by vznikl radioaktivní mrak distribuující záření na širokém prostoru. Vhodný je především aerosol. V období studené války byly při výrobě náplní soudobých „špinavých bomb“ využity zředěné roztoky radioaktivních látek s velkým obsahem neaktivních solí, které byly očištěny od neaktivních příměsí a koncentrovaly se, přičemž se oddělovaly jednotlivé skupiny radioaktivních izotopů s určitými radiačními vlastnostmi. Získaných koncentrátů se používalo k přípravě bojových radioaktivních látek.

Dalšími produkty používanými k přípravě těchto látek byly umělé radioaktivní izotopy získané v atomovém reaktoru ozářením určitých stálých prvků. Soudobí teroristé se buď snaží tyto materiály získat v již existující podobě (především ze zdrojů nacházejících se na území bývalého Sovětského svazu), anebo se je snaží vyrábět, což platí i pro „darebácké státy“.

V této souvislosti je třeba zdůraznit, že současní teroristé, připravující či alespoň přepravující radioaktivní materiály v bezpečnostně nevyhovujících podmínkách, jsou na rozdíl od chráněných expertů jaderných velmocí vystaveni značnému riziku ozáření. Novou dimenzi tak získává i pojem „sebevražedný terorismus“, který se již nemusí vymezovat pouze vzhledem ke konečné fázi teroristického útoku, ale i k jeho dlouhodobé přípravě. Nebezpečí ozáření by byl vystaven i pilot práškovacího letadla, které by rozprašovalo radioaktivní substanci (což je někdy diskutováno jako alternativa ke „špinavé bombě“, další alternativou je útok na jadernou elektrárnu či jiné jaderné zařízení). V tomto případě se zasažený reaktor sám proměňuje v radiologickou zbraň mimořádné ničivosti.



Obrázek 44. Průmyslový zářič ^{58}Co pro defektoskopii. [Zdroj: O-44]

Při haváriích jaderných reaktorů nedochází k jadernému výbuchu. Prostor kontaminace je menší než při výbuchu nukleární zbraně, avšak doba kontaminace je delší. Při zásahu jaderného reaktoru nukleární zbraní se nebude dynamika kontaminace okolního prostoru v prvním týdnu příliš lišit od průběhu tohoto procesu při výbuchu samotné nukleární zbraně. Doba radioaktivní kontaminace se však značně prodlouží.



Obrázek 45. Radioaktivní stroncium ve formě chloridové soli – $^{89}\text{SrCl}_2$ pro chemoterapii. [Zdroj: O-45]

Obecně je využití ZHN preferováno islamistickými teroristy nebo teroristickými sektami (Óm Šinrikjó) a souvisí s jejich nepřilíživým výběrem obětí. Strategie soudobých islamistů počítá s ublížením co největšímu počtu nevěřících a vyvoláním paniky a chaosu potřebných pro usnadnění muslimské expanze. Sektářské pokusy jsou charakteristické snahou vyvolat „zkázu zkaženého světa“. Ultralevicoví či etno-separatističtí teroristé (kromě různých islámských separatistů) jsou možná vybíravější ve volbě konkrétních obětí (to neznamená, že se nesnižují k masakrům civilního obyvatelstva), především však není v zájmu jejich třídního či separovaného a etnicky čistého státu kontaminace území, na němž by tento stát existoval.

Platí to i pro nejnebezpečnější islamistickou síť Al-Kajda, které však začínají v rizikovitosti konkurovat i další organizace. V květnu 2002 byl v USA zadržen americký občan José Padilla, který konvertoval k islámu a přijal jméno Abdullah al Muhajir. Měl mít velmi úzké vazby na Al-Kajdu a plánovat útok „špinavou bombou“ na americkém území. I podle amerických vyšetřovatelů však nebyl ve fázi, kdy by měl určen konkrétní cíl – byl pouze vyškolen v Pákistánu pro zacházení s výbušninami a zřejmě se pokoušel na území bývalého SSSR obstarat radioaktivní materiály. Plány na „špinavou bombu“ byly zajištěny i při několika akcích proti bin Ládínově síti, přičemž nejdále v jejím vývoji byly složky v Afghánistánu.

Po americkém upozornění byl v červnu 2003 v Thajsku zadržen Naron Penanam, který chtěl propašovat z Laosu 30 kg cesia ruského původu (^{137}Cs). V témže týdnu byli v Bangkoku zatčeni příslušníci z Džamaa Islámíja (bojuje za vytvoření muslimského státu v jv. Asii a je odpovědná za teroristické útoky na Bali 12. 10. 2002). Plánovala útoky proti velvyslanectvím a turistickým místům, zejména však proti zasedání summitu Rady pro ekonomickou spolupráci Asie a Tichomoří (ve dnech 20. a 21. 10. 2003 se jej měl zúčastnit i prezident G. Bush).

Prezident USA Barack Obama získal v roce 2010 na jaderném summitu slib téměř padesáti zemí, že do čtyř let zajistí kontrolu veškerého štěpného materiálu, který mají k dispozici a zamezí tak, aby se dostal do nepovolených rukou. Podle odborníků na jadernou problematiku by se svět měl mnohem více, než útoku atomovými zbraněmi obávat toho, že teroristé použijí tzv. špinavou bombu. Tedy klasickou nálož se štěpným materiálem.



Foto 83. Prezidenti USA a Ruska (Obama a Medveděv) při podpisu smlouvy o omezení jaderných zbraní v Praze 8. dubna 2010.

[Zdroj: F-83]

Ukrást uran či plutonium v koncentraci potřebné k vyrobení bomby není zrovna jednoduché. I když se v minulosti vyskytly případy snah pašovat radioaktivní materiál pocházející ze zemí bývalého Sovětského svazu. Mnohem větší riziko představují zářiče používané v nemocnicích či některých přístrojích na měření kvality materiálů. V roce 1987 ukradla dvojice mužů z nemocniční kliniky v brazilské Goianii, která ukončila provoz, přístroj na ozařování pacientů. Ten rozebrala a prodala obchodníkovi se starým železem. Ve tmě modře zářící práškovou substancí z nitra přístroje lupiči předvedli příbuzným a známým. Na ozáření cesiem zemřely čtyři osoby a u 250 dalších zaznamenaly úřady zdraví nebezpečné dávky izotopu.

A sestavit jadernou pumu je navzdory „zaručeným“ návodům na internetu také pořádným oříškem. Vyžaduje to nejenom odborné znalosti, nýbrž přibližně 25 kilogramů štěpného materiálu. Radioaktivní látku pro špinavou bombu mohou ale teroristé získat právě z řady přístrojů obsahujících zářiče jako je kobalt, iridium, krypton či stroncium.

V březnu 2002 v pohoří Altaje celníci prohledali turistický autobus a v jednom zavazadle našli 10 kg vysoce radioaktivního thoria (^{232}Th), ze kterého je možné vytvořit uran (^{233}U) – štěpný materiál pro jaderné reaktory. Autobus obstarával spojení mezi Kamenogorskem v Kazachstánu, který se stal po rozpadu Sovětského svazu jedním z největších vlastníků jaderného arzenálu, a ruským městem Barnaul.

V září 2002 byl na Ukrajině zadržen jeden Rus, který se snažil prodat 400 gramů uranu – týden předtím byl na Ukrajině zadržen další Rus, který se snažil prodat radioaktivní stroncium (^{90}Sr), kterého se používá k výrobě špinavé bomby. V roce 2006 byl v Gruzii zatčen muž, který za milion dolarů nabízel sto gramů vysoce obohaceného uranu. Podobný případ byl o dva roky později v ukrajinských Čerkasech.

V dubnu 2009 byla poblíž západoukrajinského Ternopolu zatčena dvojice podnikatelů a poslanec regionálního parlamentu, kteří se snažili prodat téměř 4 kg štěpné látky, údajně plutonia. Požadovali za ně deset milionů dolarů. Ukázalo se, že speciální nádoby, které měli u sebe, obsahují „pouze“ americium, prvek přesahující běžnou úroveň radioaktivity asi 250x.

Šéf ruského jaderného bezpečnostního systému byl nucen v roce 2002 přiznat, že se kontrola nad ruským jaderným arzenálem bude muset zlepšit, protože jejich inventurní kontrolu provádí (podle jeho vlastních slov) „jednou za čas nějaká bábuška, která položky nedbale od-fajkovává v umaštěném notesu“. Totéž před ním přiznal ve Vídni Putinův ministr pro jadernou energetiku Alexandr Rumjancev, který svého času na zasedání MAAE prohlásil, že „Rusko po rozpadu Sovětského svazu ztratilo kontrolu nad svými radioaktivními zdroji.“

Západ se obával, že tyto záchvěvy ruské upřímnosti mají do Ruska dostat jen další finanční pomoc, protože Rusko, stejně jako jiné postsovětské republiky, jsou středem mezinárodního finančního programu pro likvidaci zbraní hromadného ničení již od počátku 90. let, aby se nestaly logistickou základnou mezinárodních teroristů či přímo teroristických států. Na roky 2002 až 2012 uvolnila G8 pro Rusko na tyto účely 20 miliard dolarů.

Tyto peníze měly sloužit nejen k likvidaci jaderných arzenálů, ale také měly zabránit tomu, aby se ruští vědci teroristům „neprodávali“. Proto Američané pro ruské a postsovětské vědce vymysleli program „fidelizace“ („věrnosti“, nicméně moc nezabral). Jaderné sklady leží mezi Ruskem na severu a Íránem a Irákem na jihu v tzv. tranzitním pásmu. Stockholmský mezinárodní institut pro strategická studia (SIPRI) uvádí, že po zhroucení Sovětského svazu se o proliferaci jaderných zbraní nejvíce postarali právě ruští a postsovětské vědci, kteří se ocitli bez práce.

Tabulka 29. Radionuklidy. [Zdroj: T-29]

Radionuklid	Poločas T _{1/2}	Způsob rozpadu	Použití	Radionuklid	Poločas T _{1/2}	Způsob rozpadu	Použití
¹ n ₀	13 min	beta ⁻	jaderná analýza	¹²³ I ₅₃	13,2 hod.	EC	nukleární medicína
³ H ₁	12,3 roku	beta ⁻	biologie	¹²⁵ I ₅₃	60 dní	EC	nukleární medicína
¹⁴ C ₆	5730 roků	beta ⁻	biologie analýza	¹³¹ I ₅₃	8,04 dne	beta ⁻	nukleární medicína
¹⁸ F ₉	110 min.	beta ⁺ (97%) EC (3%)	nukleární medicína	¹³³ Xe ₅₄	5,3 dne	beta ⁻	nukleární medicína
³² P ₁₅	14,3 dne	beta ⁻	nukleární medicína	¹³⁷ Cs ₅₃	30 roků	beta ⁻	zdroj gama
⁴⁰ K ₁₉	1,28.10 ⁹ roků	beta ⁻ (89%) EC (11%)	isotop. datování	¹⁹² Ir ₇₇	74,2 dne	beta ⁻ (95%) EC (5%)	zdroj gama
⁵¹ Cr ₂₄	27,7 dne	EC	nukleární medicína	²⁰¹ Tl ₈₁	73 hod.	EC	nukleární medicína
⁵⁷ Co ₂₇	271 dnů	EC	zdroj gama	²²⁶ Ra ₈₈	1602 roků	alfa	zdroj alfa
⁵⁸ Co ₂₇	70,8 dne	beta ⁺ , EC	biologie, nukleární medicína	²³² Th ₉₀	1,41.10 ¹⁰ roků	alfa	potenciální jaderné palivo
⁶⁰ Co ₂₇	5,271 roků	beta ⁻	zdroj gama	²³⁵ U ₉₂	7,1.10 ⁸ roků	alfa	štěpný materiál
⁶⁷ Ga ₃₁	3,26 dne	EC	nukleární medicína	²³⁸ U ₉₂	4,51.10 ⁹ roků	alfa	jaderný reaktor
⁶⁸ Ga ₃₁	68 min.	beta ⁺ (89%) EC (11%)	nukleární medicína	²³⁹ Pu ₉₄	2,44.10 ⁴ roků	alfa	štěpný materiál
⁹⁰ Sr ₃₈	28,8 let	beta ⁻		²⁴¹ Am ₉₅	458 roků	alfa	zdroj alfa, gama
⁹⁰ Y ₃₉	64 hod.	beta ⁻	nukleární medicína	²⁵² Cf ₉₈	2,65 ro- ku	alfa (97%) spontánní štěpení (3%) → n	zdroj neutronů
¹¹¹ I ₄₉	2,8 dne	EC	nukleární medicína				

Poznámka: EC – elektronový záchyt (Electron Capture) radioaktivity beta

Podle Mezinárodní agentura pro atomovou energii (MAAE) bylo v letech 1993 až 2008 zaznamenáno přes tisíc incidentů spojených s pokusy udat na černém trhu ukradený radioaktivní materiál. V celkem 463 případech se jednalo o zářiče typu kobaltu či stroncia odcizené z nemocnic či výzkumných ústavů. V dalších 754 případech byla radioaktivní látka ztracena a nepodařilo se prokázat, že by šlo jednoznačně o snahu ji ukrást. Podle Vjačeslava Turkina, který má bezpečnost jaderných materiálů u MAAE na starost, zůstává nicméně počet těchto incidentů od poloviny devadesátých let stabilní a neroste. Naštěstí se jen dvě až tři kauzy týkaly vysoce obohaceného uranu či plutonia. Ukradený jaderný materiál se navíc ve všech případech podařilo vystopovat. To neplatí pro slabší zářiče. Těch jsou podle MAAE jen v USA statisíce, navíc nedostatečně zajištěných.

Na možné vlastnictví „špinavé bomby“ čečenskými teroristy (kteří by ji mohli předat dalším islamistům, i když by ji spíše primárně využili na útok v Rusku) upozorňují hlavně ruské úřady. Už během první války v Čečensku v roce 1995 byl v moskevském parku objeven kontejner s radioaktivním cesiem (^{137}Cs), který tam měl zakopat jeden z čečenských polních velitelů Šamil Basajev. Radioaktivita tohoto materiálu však byla nízká a neohrozila lidské zdraví.

Obavy, že alespoň některé z řady ztrát a krádeží radioaktivních materiálů na ruském a postsovětském území mají na svědomí Čečenci, však přetrvává. Kromě možnosti použití „špinavých bomb“ proti ruským cílům a zmíněnému předání radioaktivních materiálů celosvětovým islamistickým sítím je problematický i případný ilegální obchod s těmito materiály, realizovaný čečenským (či jiným kavkazským) organizovaným zločinem. Komponenty k výrobě minimálně účinné „špinavé bomby“ mají některé státy, přičemž zdrojem materiálu jsou jaderné reaktory, včetně reaktorů v jaderných elektrárnách.

Je však sporné, zda by byly ochotny „špinavou bombu“ použít či ji předat teroristům, protože by se tím vystavily hrozbě odvety ze strany USA. Každopádně státem, který v poslední době deklaroval vlastnictví „špinavých bomb“ a od nějž pochází vysoké riziko jejich použití při případném napadení, je Korejská lidově demokratická republika. Ta disponuje i prostředkem k zasažení cíle bez riskantního pašování jaderného materiálu, ukryvání bomby při dopravě a hrozby ozáření pro přepravující – nosiči zbraní hromadného ničení. Jsou to balistické rakety včetně Teapodong-1 s doletem až 2 500 km (testována v srpnu 1998) a plánované třístupňové rakety Taepodong-2 s doletem kolem 15 000 km, která budí největší obavy USA (v letech 2012 až 2013 provedla vypuštění satelitů do vesmíru).



Obrázek 46. Severokorejská střela Taepodong-2.
[Zdroj: O-46]

5.8.1 Úkryty – účinná ochrana proti účinkům jaderných a radiologických zbraní

Celkové následky jaderného výbuchu jsou závislé na mnoha faktorech. Jedná se především o ráži jaderné zbraně, povětrnostní podmínky, typ výbuchu, okolní zástavbu a další. Pro základní přežití obyvatelstva je však třeba zajistit ochranu především před následky primárních účinků (vyjímaje elektromagnetického impulzu) a sekundárního radioaktivního spadu.

K tomu se využívá ochranných vlastností speciálních staveb – úkrytů. Ty dělíme na:

- *stálé úkryty* – jedná se o stálé stavby civilní ochrany sloužící pro ukrytí osob před působením zbraní hromadného ničení a jejich následkům,
- *improvizované úkryty* – k jejich výstavbě dochází až při zvýšeném riziku použití zbraní hromadného ničení. Jejich užití je obdobné jako u stálých úkrytů.

Vzhledem ke snížení rizika použití zbraní hromadného ničení a nutnosti úspory finančních prostředků vynakládaných na ochranu obyvatelstva, dochází k vyřazování stálých úkrytů a jejich nahrazení úkryty improvizovanými. Vzájemné srovnání stálých a improvizovaných úkrytů je uvedeno v tabulce 30. Teoreticky se tento způsob zdá vhodný a poměrně reálný. Problém představuje však jeho praktická realizace.

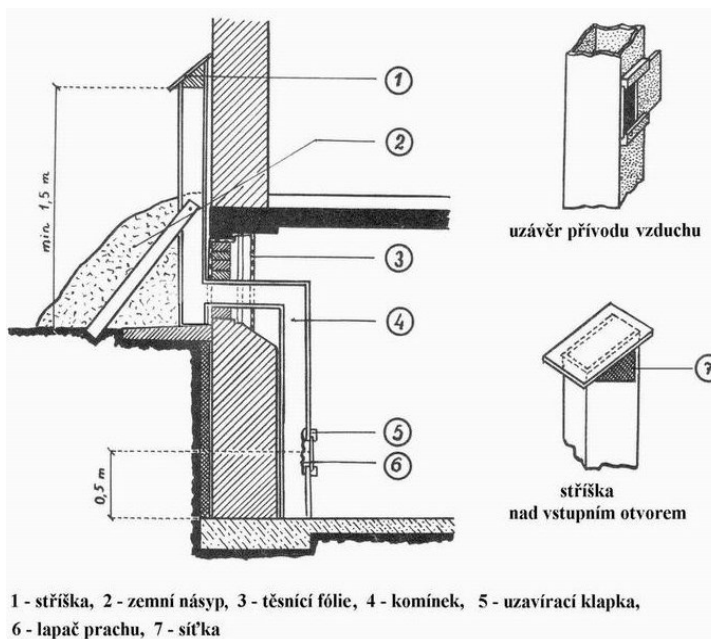
Mnohé obce nemají dostatečné kapacity ani znalosti pro realizaci projektů improvizovaných úkrytů a činností s nimi spojenými. Možným řešením je vytvoření podpůrné základny v podobě metodiky projektování improvizovaných úkrytů a jejich evidence a plánování. Pro vytvoření obdobné metodiky je potřeba zpracovat mnohé aspekty a následně je vzájemně propojit. Jedním ze základních aspektů, které mají vliv na ochranné vlastnosti navrhovaných úkrytů, je druh materiálu prvků použitých na stavební úpravy a konstrukci úkrytu.

Dalšími aspekty ovlivňující výběr materiálu jsou především jeho dostupnost v okolí improvizovaných úkrytů a náročnost jejich zpracování – realizace úprav.

Tabulka 30. Porovnání vlastností stálých a improvizovaných úkrytů. [Zdroj: T-30]

Stav	Stálé úkryty		Improvizované úkryty	
	Výhody	Nevýhody	Výhody	Nevýhody
mír	využití pro nouzové ubytování	finanční náročnost	finanční nenáročnost	
	možnost školení a cvičení personálu	nutnost údržby	využití pro mírové účely (garáže, sklady)	
stav ohrožení státu, válečný stav	rychlé zphotovení	minimální	velké množství objektů	absence vybavení (sociálního a filtroventilačního zařízení)
	zaručené parametry		poměrně souvislé geografické rozložení	nutnost dopravy materiálů a vybavení
	vyšší stupeň ochrany			neověřená funkčnost
	ověření funkčnosti			omezené rozložení vnitřních prostor
	uspořádání vnitřních prostor			nezaručené parametry
	počet osob – obsluhy			nutnost stavebních úprav

Improvizované úkryty musí zajistit ochranu před primárními následky jaderného výbuchu a dále především před účinky radioaktivního spadu. Je třeba si však uvědomit, že konstrukce a materiály improvizovaných úkrytů musí splňovat základní požadavky na ochranu před primárními následky jaderného výbuchu.



Obrázek 47. Stavba přívodního komínku pro improvizovaný úkryt do 50 osob (princip samotižného větrání). [Zdroj: O-47]

Ochranné vlastnosti staveb před působením pronikavé radiace jsou měřeny pomocí tzv. ochranného součinitele stavby K_0 (viz rovnice 1). Ten udává, kolikrát je dávka D_u (úroveň radiace P_u) radioaktivního záření v úkrytu nižší, než je dávka D_0 (úroveň radiace P_0) radioaktivního záření ve výšce 1 m nad odkrytým terénem v okolí úkrytu. Rovnice 2, 3 a 4 slouží k výpočtu ochranného součinitele stavby pro úkryty částečně zapuštěné nebo nezapuštěné (2), zapuštěných s nadstavbou (3) a zcela zapuštěných úkrytů bez nadstavby (4).

$$K_0 = \frac{D_0}{D_u}; \text{ anebo } K = \frac{P_0}{P_u} \quad [1]$$

$$K_0 = \frac{0,65 \times K_2 \times K_{st}}{(1 - V_2) \times (K_z \times K_{st} + 1) \times K_m} \quad [2]$$

$$K_0 = \frac{0,77 \times K_1 \times K_{st} \times K_p}{(1 - V_2) \times (K_z \times K_{st} + 1) \times (K_p + 1) \times K_m} \quad [3]$$

$$K_0 = \frac{0,77 \times K_{pr}}{V_2 + K_{vch} \times K_{pr}} \quad [4]$$

- Kde: K_1 – součinitel vlivu vnějších stěn,
 K_{st} – součinitel zeslabení záření vnější stěnou,
 V_2 – součinitel šířky budovy,
 K_z – součinitel průniku záření otvory,
 K_m – součinitel vlivu okolních staveb,
 K_p – součinitel vlivu stropních konstrukcí,
 K_{pr} – součinitel vlivu stropních konstrukcí (pro úkryty s nadstavbou),
 K_{vch} – součinitel průniku záření vchodem.

Pro určení ochranného součinitele stavby K_0 je nutné znát údaje o konstrukci budovy. Jedná se zejména o plošnou hustotu stěn a konstrukcí, plochy otvorů, rozměry místnosti, hloubku zapuštění podlahy a informace o okolní zástavbě.

Plošná hustota stěn a konstrukcí objektu – jedná se o jeden z nejdůležitějších aspektů ovlivňující ochranné vlastnosti stavby. Ovlivňuje ochranu před všemi účinky jaderných zbraní. Při ochraně před pronikavou radiací představuje překážku, která přímo odstihuje radioaktivní záření. Při řešení požární bezpečnosti staveb v rámci ochrany proti světelnému a tepelnému záření, je třeba znát hodnoty požární odolnosti stavebních výrobků a konstrukcí a navrhovat konstrukce, které požadované hodnoty požární odolnosti splní. Pro potřeby ochranných vlastností staveb je používána plošná hustota, která udává hustotu konkrétní konstrukce v návaznosti na její tloušťku. Plošnou hustotu určíme podle rovnice 5.

Tabulka 31. Srovnání hustoty stavebních materiálů a jejich dostupnosti v krizích. [Zdroj: T-31]

Druh	Hustota (kg.m ⁻³)	Dostupnost
cihelná drť	1200	střední, dovoz
drť z hutného kamene	1800	snadná, dovoz
drcený štěr z hutného kamene	1700	snadná, dovoz
cihly šamotové	1900	střední, dovoz
tvárnice pěnobetonové	800	střední, dovoz
dlažba kamenná	2600	snadná, dovoz
dřevo měkké	650	snadná, dovoz
dřevo tvrdé	850	snadná, dovoz
ocel – železo	7850	střední, dovoz
písek, písek hlinitý, štěrkopísek	2000	snadná, místní
hlína, jílovitá zemina, jíl	2000	snadná, místní
zdivo z plných pálených cihel	1800	snadná, místní
beton prostý, ručně pěchovaný	2200	snadná, dovoz
železobeton ručně pěchovaný	2400	střední, dovoz
beton lehčený (pěnobeton)	300	střední, dovoz
malta cementová	2000	snadná, dovoz
malta vápenná	1700	snadná, dovoz

$$\rho_p = H \times X \quad [\text{kg. m}^{-2}] \quad [5]$$

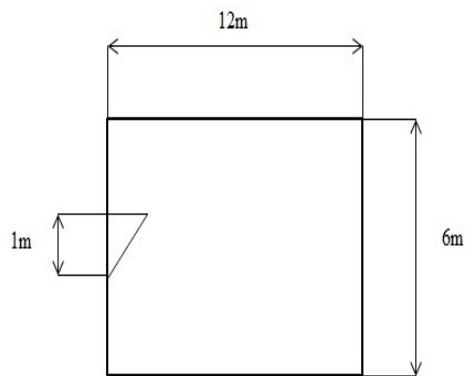
- kde: ρ_p – plošná hustota,
 H – hustota,
 X – tloušťka zdi.

Z rovnice vyplývá přímá úměrnost hustoty materiálu a plošné hustoty. Nejvhodnější je použít materiály s vyšší hustotou. Vzhledem k plánované realizaci stavebních úprav v době vyššího rizika použití zbraní hromadného ničení, je nutno kalkulovat se vznikem chaosu a paniky. Proto je nutno při výběru materiálů hodnotit jejich dostupnost v okolí úkrytů a jejich vlastnosti při provádění stavebních úprav.

Dostupnost materiálů je důležitá a představuje primární hodnotící aspekt. Je třeba si uvědomit, že k úpravě improvizovaného úkrytu může dojít v době válečného stavu, kdy nebude možné zabezpečit dodávky materiálů. Proto je třeba využít materiály z místních zdrojů (viz tabulka 31).

Příklad:

Prostory určené pro vybudování úkrytu jsou znázorněny na obrázku č. 48. Tloušťka stropu je 0,4 m, obvodových zdí 0,5 m. Materiál obvodových zdí a stropní konstrukce je ručně pěchovaný železobeton. Prostory mají jeden vstupní otvor o rozměru 2 x 1m, který je přímý dvakrát zalomený pod úhlem 90°.



Obrázek 48. Základní rozměry úkrytu. [Zdroj: O-48]

Stavební úpravy pro zvýšení ochranných vlastností budou představovat především zhmotnění vchodu. Jde o zcela zapuštěnou stavbu a tak použijeme rovnici [4].

$$K_O = \frac{0,77 \times K_{pr}}{V_2 + K_{vch} \times K_{pr}}$$

Pro výpočet ochranného součinitele stavby je třeba určit koeficienty K_{pr} (součinitel vlivu stropních konstrukcí), K_{vch} (součinitel průniku záření vchodem) a koeficient V_2 (součinitel šířky budovy). Nejprve je třeba určit plošnou hustotu stropní konstrukce podle rovnice [5].

$$\rho_p = H \times X \quad [\text{kg.m}^{-2}]$$

Stropní konstrukce je vyrobena z ručně pěchovaného železobetonu se šířkou 0,4 m. Z tabulky č. 31 zjistíme hodnotu hustoty tohoto materiálu (2400 kg.m^{-3}) a dosadíme do rovnice [5]:

$$\rho_p = 2400 \times 0,4 = 960 \text{ kg.m}^{-2}$$

Koeficient K_{pr} odečteme na základě plošné hustoty stropní konstrukce z grafu číslo 3.

$$K_{pr} = 300$$

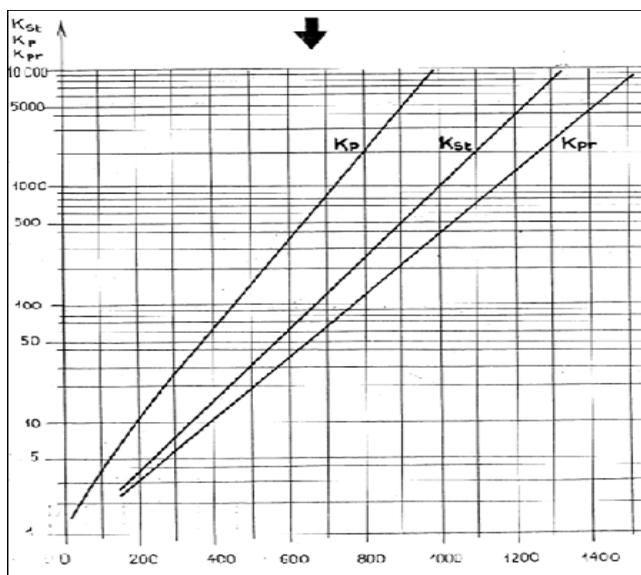
Poslední potřebný údaj je koeficient K_{vch} který určíme z rovnice číslo 6:

$$K_{vch} = K_v \times P \quad [6] \text{ kde:}$$

- K_v je součinitel charakterizující dispoziční umístění vchodu a jeho ochranné vlastnosti (viz tabulka 32),
- P je typ a charakter vchodu (viz tabulka 33).

Výška dveří úkrytu je 2 m a jejich šířka 1 m. Z obrázku 48 také určíme vzdálenost vchodu od středu, která je 6 m. Hodnota součinitele K_v je tedy 0,015. Typ vchodu je přímý dvakrát zalomený pod úhlem 90°, koeficient P je tedy 0,2. Po dosazení do rovnice [6]. vypočteme hodnotu součinitele K_{vch} :

$$K_{vch} = 0,015 \times 0,2 \Rightarrow K_{vch} = \underline{\underline{0,003}}$$



Graf 3. Hodnoty součinitelů K_{st} , K_p a K_{pr} a plošné hustoty stropní konstrukce. [Zdroj: G-3]

Poznámka:

K_{st} - součinitel zeslabení záření vnější stěnou.

K_p - součinitel vlivu stropních konstrukcí.

K_{pr} - součinitel vlivu stropních konstrukcí (pro úkryty s nadstavbou).

Poslední neznámou je V_2 , tedy součinitel šířky budovy, který určíme z tabulky 34. Pokud nelze určit přesnou hodnotu z tabulky, zjistíme ji pomocí interpolace hodnot v tabulce. Šířka budovy, v níž se nachází úkryt, je 12 m. Hodnota součinitele V_2 tedy je 0,24. Po dosazení do rovnice [4] pro výpočet ochranného součinitele stavby získáme výslednou hodnotu:

$$K_0 = \frac{0,77 \times 300}{0,24 + 0,003 \times 300} = \underline{\underline{202}}$$

Hodnota ochranného součinitele stavby bez stavebních úprav je 202.

Stavební úpravy budou představovat zhmotnění vchodu pomocí vrstvy cihel a vybudování přístěnku vchodu (o stejné plošné hustotě jako u obvodových a stropních konstrukcí). Po jejich provedení bude součinitel K_{vch} roven 0.

Dosadíme-li znovu do rovnice pro výpočet ochranného součinitele stavby, získáme ochranný součinitel stavby po stavebních úpravách.

$$K_0 = \frac{0,77 \times 300}{0,24 + 0} = \underline{\underline{962}}$$

Po provedení stavebních úprav – zhmotnění vchodu se hodnota ochranného součinitele stavby zvýší na 962.

Tabulka 32. Hodnoty koeficientu K_v pro různé šířky vchodu vysokého 2 m. [Zdroj: T-32]

Vzdálenost vchodů od středu úkrytu (m)	Šířka vchodu (m)		
	1	2	4
1,5	0,1	0,17	0,22
3	0,045	0,08	0,12
6	0,015	0,03	0,045
12	0,007	0,015	0,018
24	0,004	0,005	0,007

Tabulka 33. Hodnoty koeficientu P. [Zdroj: T-33]

Typ vchodu	Koeficient P
vchod schodištěm přímo z povrchu země	1
přímý vchod, zalomený pod úhlem 90°	0,5
přímý vchod 2x zalomený pod úhlem 90°	0,2
vertikální vchod s poklopem	0,5
vertikální vchod s chodbou	0,2

Tabulka 34. Hodnoty koeficientu V_2 . [Zdroj: T-34]

šířka budovy (m)	3	6	12	18	24	48
součinitel V_2	0,06	0,16	0,24	0,33	0,38	0,5

Improvizované úkryty můžeme rozdělit podle způsobu zabezpečení vzduchu pro osoby v úkrytu na úkryty *větrané a nevětrané*. Protichemické úkryty jsou určeny především pro velitelská stanoviště, obvaziště, spojovací uzly, střídavý odpočinek vojsk. Protichemický úkryt musí zabezpečovat ochranu před průnikem kontaminovaného vzduchu a přívod vzduchu vhodného k dýchání.

Nevětrané úkryty jsou zpravidla jednoduché ochranné stavby bez filtračních a ventilačních zařízení. V těchto úkrytech se utěsní všechny otvory, kterými by mohl pronikat dovnitř vnější, kontaminovaný vzduch a vchody se opatří hermetickými závěsy. V nevětraných úkrytech lze zůstat tak dlouho, pokud stačí vzduch na dýchání. Pro jednu osobu je zapotřebí 1 až 2 m³.h⁻¹ vzduchu. Je-li vzduch kontaminován ve vnějším okolí, nelze do takového úkrytu vcházet ani z něj vycházet.

Na osobu se kalkuluje 2 m³ vzduchu za 1 hodinu při klidné činnosti (vsedě). Aby bylo dosaženo přetlaku, musí se počítat s přívodem vzduchu asi v 5ti násobném objemu úkrytu za hodinu, jinak dojde dříve či později k proniknutí vnějšího kontaminovaného vzduchu dovnitř.



Obrázek 49. Ukázka improvizovaného úkrytu se zařízením pro filtraci vzduchu. [Zdroj: O-49]

Výpočet doby možného pobytu v uzavřených nevětraných úkrytech nebo bojové technice vychází z následujících požadavků:

- obsah kyslíku nesmí být pod 17 %,
- obsah oxidu uhličitého CO₂ nesmí přesáhnout 2,5 %,
- teplota vzduchu nesmí být vyšší než 27 až 30 °C,
- vlhkost vzduchu nejvíce do 70 %.

Přípustná doba hermetizace se vypočte:

$$f = \frac{k \cdot W}{n}$$

kde: f = je přípustná doba hermetizace,
W = je vnitřní objem úkrytového prostoru v m³,
N = je počet osob přítomných v úkrytu,
k = je koeficient, jehož hodnota je: 1,2 pro odpočinek,
0,66 pro práci,
0,33 pro zdravotnické úkryty.

Po dosažení vypočítané doby je nutno úkryt dobře vyvětrat, jinak se začne prudce zhoršovat životní prostředí pro práci a odpočinek.

Větraný úkryt chrání v určité vzdálenosti od místa výbuchu před účinky tlakové vlny, světelného záření a pronikavé radiace. Doba pobytu ve větraném úkrytu bez nasazené ochranné masky závisí na:

- na stupni utěsnění dveří, komínů, přívodů,
- na množství nasávaného čistého vzduchu,
- na počtu osob, které v úkrytu přebývají, vcházejí do něho a vycházejí.

Je nutno mít na paměti chemické a klimatické změny, jež v úkrytu probíhají v důsledku vydechování oxidu uhličitého a uvolňování tepla a vlhka. Při vyšších teplotách a koncentracích oxidu uhličitého a nižším obsahu kyslíku může dojít k poškození zdraví osob.

Spolehlivost úkrytu závisí na dodržování pravidel jeho používání. Po vyhlášení radiačního nebo chemického poplachu nebo po jaderném výbuchu v blízkosti úkrytu se filtrační a ventilační zařízení vypíná na 20 až 30 minut a přechází se na provoz izolace. Během této doby je zakázáno do úkrytu vstupovat nebo z něho vycházet. Ukryté osoby musí být v klidu, aby spotřebovali co nejméně vzduchu.



Foto 85. Úkryt civilní ochrany pod Špilberkem v Brně. [Zdroj: F-85]

ochrany, popřípadě jiné kontaminované části před vchodem do předsíně.

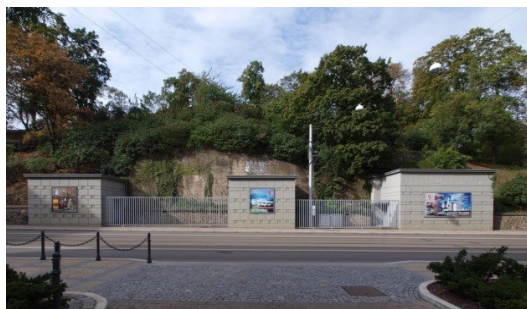


Foto 84. Úkryt civilní ochrany pod Špilberkem v Brně. [Zdroj: F-84]

V době činnosti filtračního a ventilačního zařízení je dozorčí krytu povinen kontrolovat čistotu vzduchu vycházejícího z filtru pomocí přístrojů radiačního a chemického průzkumu.

Vstup a výstup z úkrytu se děje se souhlasem velitele úkrytu. Je nutno zachovávat přísná pravidla při vstupu a výstupu z úkrytu. Úkryt má dvoje hermetické dveře a vnější ochranné dveře (protitlakové – chránící před tlakovou vlnou jaderného výbuchu). Při vycházení (nebo vcházení) mohou být otevřeny vždy jen jedny dveře. Osoby, které vstupují do úkrytu, odkládají prostředky individuální

Je-li vnější vzduch kontaminován *radioaktivními látkami*, nemusí se vcházející osoby zdržovat v předsíních, před vchodem do první předsíně musí však pečlivě setřást radioaktivní prach z oděvu. Jestliže je vnější vzduch kontaminován *otravnými látkami*, jsou vstupující povinni se zdržet v první předsíni 3 až 5 minut, pak přecházejí do druhé předsíně, v ní se opět zdržují 3 až 5 minut před vstupem do vlastního úkrytu.



Foto 86-1 až 86-4: Úkryt civilní ochrany pod Strahovským tunelem. [Zdroj: F-86]

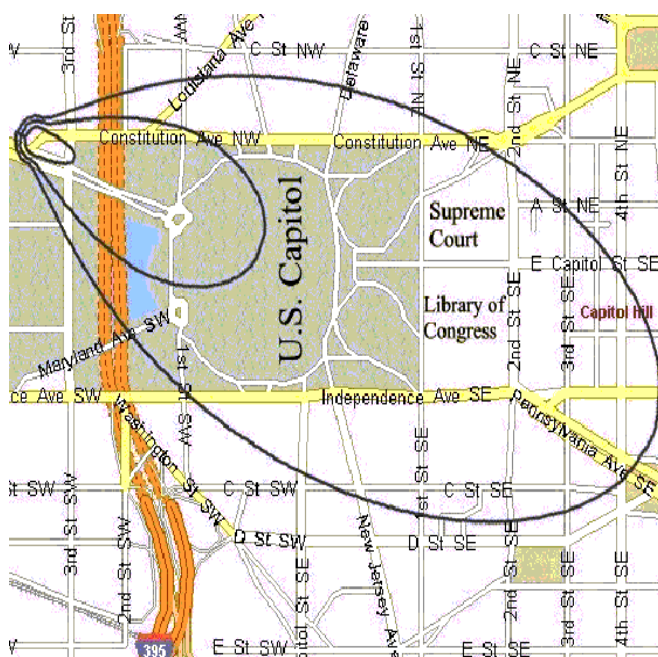
Všechny osoby v úkrytu musí mít ochranné masky (respirátory) v pohotovostní poloze. V úkrytu je zakázáno kouřit. Z úkrytu se vychází s nasazenými ochrannými maskami nebo respirátory ve skupinách bez zdržování v předsíních.

V každém úkrytu se určuje dozorcí úkrytu s pomocníkem. Dozorcí služba dbá na dodržování pořádku. Při zjištění otravné látky v úkrytu se vyhláší chemický poplach. Čas od času se kontroluje uzavření dveří, zvláště po výbuchu v blízkosti úkrytu. Vstup a výstup je povolen jen se souhlasem velitele krytu a při zachování stanovených pravidel, kdy poslední zavírá za sebou všechny dveře. Při obsluze ventilátorů se střídají určené osoby. Při provozu zařízení s elektrickým pohonem se smí regulační klapka otevřít tak, aby ukazatel měřiče vzduchu ukazoval u filtračně-ventilačního zařízení typu FVZ – 100 nejvýše 100 m³ a u typu FVZ – 150 nejvýše 150 m³. Vyšší výkon ventilátorů je zakázán, hrozí nebezpečí zničení elektromotoru. Po vybudování úkrytu i během provozu se musí zkoušet jeho těsnost. Netěsnosti úkrytu se poznají podle průniku světla, podle unikání dýmu z dýmovničky zapálené uvnitř úkrytu a dle rychlého poklesu přetlaku vytvořeného v úkrytu. Zkoušky na těsnost je nutno opakovat vždy po výbuších poblíž úkrytu.

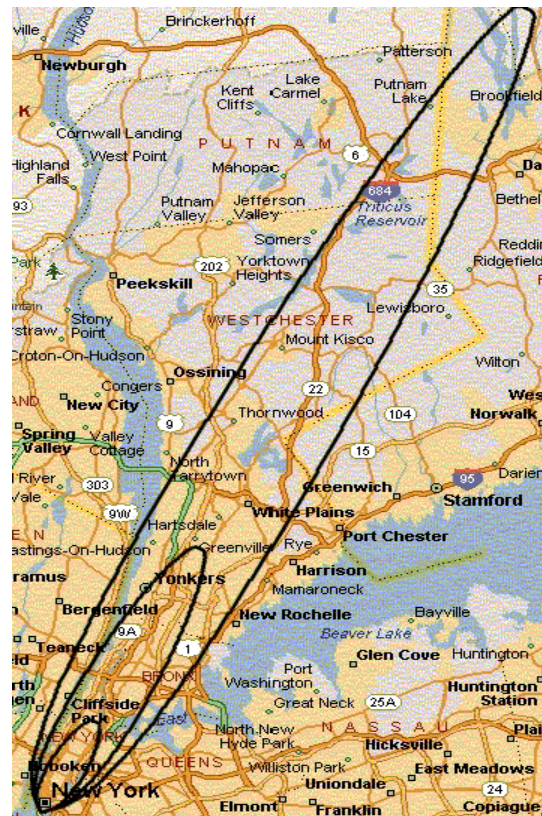
5.8.2 Ochrana proti účinkům radiologických zbraní nevýbušného typu – případová studie

Ochrana proti účinkům radiologických zbraní nevýbušného typu je v podstatě stejná jako u výbušných jaderných zbraní. Intenzita záření je oslabována překážkami stavěnými mezi zdroj záření a lidské tělo. Obtížná je ochrana proti gama a neutronovému záření. Intenzita záření může být snížena v závislosti na druhu materiálu a na jeho tloušťce. Za základní pravidla ochrany proti účinkům radiologických zbraní je aktivní obrana nebo zabránění v použití, vedení nepřetržitého radiačního průzkumu, realizace opatření k zabezpečení radiační bezpečnosti a minimalizace doby setrvání v kontaminovaném prostoru. Účinky tzv. „špinavé bomby“ závisí především na druhu, době a intenzitě záření, jakož i na množství použitého materiálu. Dalšími ovlivňujícími faktory jsou hustota obyvatelstva v oblasti nasazení, povětrnostní podmínky během a po výbuchu (déšť, směr, síla větru atd.) či stavební materiály v oblasti (některé radioaktivní substance se chemicky spojují s materiály jako je beton, sklo či asfalt).

V listopadu 2002 uvažoval časopis Scientific American o následcích explozivního použití cesia ¹³⁷Cs s aktivitou 1,3.10¹⁴ Bq (což je materiál, který by si teroristé mohli obstarat v bývalém SSSR) jihovýchodně od Manhattanu. Katastrofa by byla menší než v Černobylu, přesto by území 800 km² bylo kontaminováno více, než připouštějí (byť přísné) normy. Na území zhruba dvaceti ulic by obyvatelé (pokud by nedošlo k dekontaminaci) byli po třicet let vystaveni vysoce zvýšenému riziku rakoviny. Areál asi 15 km² by musel být podle doporučení Mezinárodní komise radiologické ochrany (International Commission on Radiological Protection – ICRP) evakuován.



Obrázek. 50. Dlouhodobá kontaminace při použití bomby s cesiem ^{137}Cs ve Washingtonu D.C.
[Zdroj: O-50]



Obrázek 51. Dlouhodobá kontaminace při použití bomby s kobaltem ^{60}Co ve Washingtonu D.C.
[Zdroj: O-51]

Poznámka

- a) Vnitřní okruh: Jedno úmrtí na rakovinu na 100 osob v důsledku zbytkového záření.
- b) Střední okruh: Jedno úmrtí na rakovinu na 1000 obyvatel v důsledku zbytkového záření.
- c) Vnější okruh: Jedno úmrtí na rakovinu na 10.000 lidí, kvůli zbytkovému záření. Agentura pro ochranu životního prostředí (Environmental Protection Agency – EPA) doporučuje dekontaminaci.

Dokonce, i kdyby povolené standardy klesly na úroveň užívanou v okolí Černobylu, bylo by stále sto domovních bloků neobyvatelných. Materiální škody by dosahovaly miliard amerických dolarů, přičemž pro dekontaminaci takto velkého území v hustě obydleném městě by neexistoval precedens. Zkušenosti by mohly být čerpány pouze z relativně malých dekontaminací firemních prostor a ze studií prováděných v období studené války o následcích atomové války (případně ze soudobých cvičení armád a jednotek civilní ochrany).

Nasazené jednotky by musely nejprve odstranit radioaktivní prach z vnějších ploch a ze štěrbin a trhlin, což by ještě mohlo být provedeno s relativně malými náklady, stejně jako odsávání. Avšak tam, kde by radioaktivita pronikla do porézních materiálů, by se musely vnější plochy opískovat nebo odstranit jiným nákladným způsobem.

V mnoha případech by se musel odstranit a zlikvidovat povrch silnic a chodníků stejně jako horní vrstva půdy v parcích a zahradách. Zničena by byla velká část vegetace. S pomocí kyselin a jiných chemikálií by se musely odstranit rez a minerální nánosy, s nimiž by se radioaktivní částice promísily.

V reálném zájmu by bylo nutné přehodnotit směrnice o hodnotách záření, vypracované pro mírovou dobu. Pokud by neměly být vystěhovány celé čtvrti, musely by jejich občané snášet vyšší riziko rakoviny. Vedle těchto přímých účinků záření by mimořádně důležitou roli měly i psychologické efekty použití radiologické bomby – chaos, panika, masový úprk z města provázený zácpami, davová hysterie apod.

V případě častějšího či opakovaného použití bomby by mohlo dojít k nepředvídaným reakcím obyvatel postižených států, či oblastí ve vztahu ke státní reprezentaci a politickému režimu apod. Výše zmíněný efekt bomby je samozřejmě vábničkou pro řadu teroristických seskupení, zejména islamistických.

Boj proti „špinavé bombě“, použité teroristy či „darebáckými státy“, se proto musí soustředit především na prevenci, protože po explozi dojde k výše uvedeným negativním účinkům vyžadujícím nasazení značného a nákladného počtu jednotek a techniky pro dekontaminaci. Pro případ útoku je však třeba vycvičit příslušné armádní i civilní složky a obyvatele alespoň v základních rysech připravit na žádoucí chování. Mimořádně důležité je zabránit panice, která může mít za určitých okolností tragičtější dopady než účinky bomby samotné.

5.9 Jaderně energetická zařízení

Lidstvo dnes ve světě využívá fosilní paliva (uhlí 23 %, ropa 35 %, zemní plyn 21 %), uran (7 %) a obnovitelné zdroje energie (voda 2 %, biomasa 11 %, ostatní 1 %). Tyto zdroje jsou pak spotřebovávány v elektroenergetice, teplárenství, dopravě, průmyslu, domácnostech a službách. Světová výroba elektrické energie je zajišťována z elektráren uhelných (39 %), plynových (18 %), vodních (17 %), jaderných (16 %), olejových (8 %) a ostatních (1 %).

První úspěšný pokus s jaderným štěpením provedli v roce 1938 v Berlíně Otto Hahn, Lise Meitner a Fritz Strassman. Během druhé světové války se rozběhl jaderný program v řadě zemí. První řízená řetězová štěpná reakce se uskutečnila 2. prosince 1942 v reaktoru CP-1, který postavil Enrico Fermi v podzemí stadionu Chicagské univerzity. Motivace pokusů byla jednak vědecká, ale také vojenská – reaktory založené na výsledcích Fermiho výzkumu pak sloužily pro výrobu plutonia pro použití v jaderné zbraní.

Po svržení atomových bomb na Hirošimu a Nagasaki se konstrukce reaktorů pro výrobu plutonia rozběhla i v dalších zemích. K výrobě elektřiny byl jaderný reaktor poprvé využit 20. prosince 1951 ve výzkumné stanici EBR-I poblíž Arca (Idaho). Zařízení založené na rychlém množivém reaktoru dodávalo zpočátku výkon kolem 100 kW.

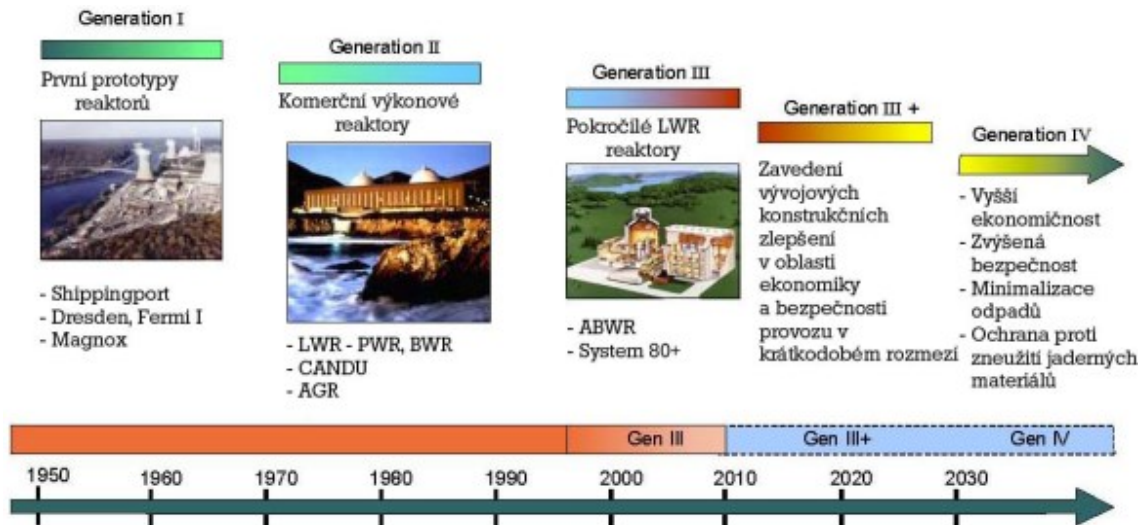
Za první jadernou elektrárnu bývá označována elektrárna ve městě Obninsk v Sovětském svazu. K rozvodné síti byla připojena 27. června 1954. V 5 MW reaktoru byl použit grafit jako moderátor a voda jako chladicí médium. Za první komerční elektrárnu je, však považována JE Calder Hall v Británii, která zahájila provoz 17. října 1956 (první proud dodala už 27. srpna 1956). Využití jaderné energie se poté rychle rozvíjelo. V roce 1960 činil instalovaný výkon méně než 1 gigawatt (GW), na konci 70. let už 100 GW, a 300 GW v 80. letech.

Od konce 80. let je nárůst mnohem pozvolnější, a převážně tvořený výstavbou jaderných elektráren v Číně. V roce 2005 byl instalovaný výkon 366 GW. Proti využití jaderné energie se v mnoha zemích zvedla vlna odporu, založená jednak na obavách z nehody jako např. Černobylská havárie (1986), jednak na strachu z radiace. V Rakousku (1978), Švédsku (1980) a Itálii (1987) dokonce proběhla referenda, jejichž důsledkem bylo upuštění od využití jaderné energie; Švédsko však později svoje rozhodnutí přehodnotilo.

Další důvody zpomalení výstavby jaderných zdrojů byly ekonomické – jaderná energie je velmi levná, co se týče vlastní výroby, investiční náklady při stavbě a likvidaci jaderných elektráren jsou však velmi vysoké, cena fosilních paliv přitom byla relativně nízká.

Odvětví však přesto, že se nové jaderné zdroje ve velké většině zemí nebudovaly a spotřeba elektřiny rostla, dokázalo udržet svůj procentuální podíl na výrobě. Dosaženo toho bylo řadou technických zlepšení, které zvýšily instalovaný výkon nad původní projektovou mez, zvýšením efektivity výroby a zkracováním nutných provozních odstávek (některé elektrárny tak běží i 90 % času). Podmínkou bylo zachování úrovně bezpečnosti.

Ekonomické výhody se rovněž zvýšily poté, co se ukázalo, že jednotlivé jaderné elektrárny je možné bezpečně provozovat podstatně delší dobu, než bylo původně plánováno. Nejlevnější elektrický proud tak v současnosti dokáže vyrobit jaderná energetika.



Obrázek 52. Vývoj jaderných reaktorů. [Zdroj: O-52]

V současnosti dochází k renezanci jaderné energetiky – v Rumunsku byl spuštěn nový jaderný blok elektrárny Cerna Vodă, nový jaderný blok se staví rovněž ve Finsku (Olkiluoto) a ve Francii. O výstavbě dalších nových jaderných bloků, které by měly nahradit ty starší, se rozhodla Francie. Postavit nové bloky, které by měly nahradit bloky odstavené po vstupu do EU pro nízkou úroveň bezpečnosti, se rozhodly např. Bulharsko, Litva (společný projekt s Lotyšskem, Estonskem a původně i Polskem) a Slovensko. Jadernou energetiku rozvíjejí asijské státy Čína, Indie a Japonsko. Podstatně zvýšit podíl jádra na výrobě elektřiny chce i Rusko a Ukrajina. Pro stavbu dalších jaderných elektráren se rozhodla rovněž Velká Británie a příprava stavby jaderné elektrárny v nové lokalitě začala i ve Švýcarsku. O stavbě nových jaderných elektráren rozhodlo Turecko, Spojené arabské emiráty a Egypt. Dalšími státy, které v různé míře o rozvoji jaderné energetiky uvažují, nebo o něm už rozhodly, jsou např. JAR, Slovinsko či Albánie, Polsko, Nizozemsko, Jordánsko, Brazílie a řada dalších.

Havárie v Černobyli (1986) a v japonské elektrárně Fukushima Daichi v roce 2011 sice zasadily jaderné energetice těžkou ránu, země plánující stavbu největšího počtu nových elektráren, Čína a Indie, však svoji orientaci na jadernou energetiku potvrdily. Svoje jaderné elektrárny se však rozhodlo uzavřít do roku 2022 Německo.

Americký film uváděný na Televizní stanici NOVA v roce 2006 (CME 21 s. r. o.) v rámci cyklu „Vteřiny před katastrofou“, popisuje Černobylskou havárii. Síla atomu se má pro Sovětský svaz stát neomezeným zdrojem levné energie. V Černobyli stojí nejnovější triumf sovětské vědy – ale to už brzy nebude pravda. Za pouhou hodinu a dvacet čtyři minut se běžná bezpečnostní zkouška vymkne kontrole. Zemřelo 31 lidí. Stovky dalších budou zasaženy a toxický radioaktivní mrak dosáhne až nad Asii a Spojené státy. Dokument lze shlédnout na <http://doku-menty.tv/cernobyl-vteriny-pred-katastrofou-dokument/>

Americký film uváděný na Televizní stanici National Geographic Channels v roce 2012 (NGC Network International, LLC) v rámci cyklu „Vteřiny před katastrofou“, popisuje havárii v japonské elektrárně Fukušima ze dne 11. 3. 2011. Jaderná elektrárna byla nejdříve zasažena ničivým zemětřesením, které zpusťošilo celou severní část země. Odborníci ho označili za největší v dějinách, které zasáhlo Japonsko. Vzhledem k tomu, že epicentrum se nacházelo v moři, 130 km od pobřeží, hrozila vlna tsunami, která později dorazila a zkázu dokončila.

Třičtvrtě hodinový dokument lze shlédnout na <http://dokumenty.tv/fukusima-vteriny-pred-katastrofou-dokument/>

K 1. dubnu 2015 bylo ve 30 státech světa dle statistik WNA (World Nuclear Association – Světová jaderná asociace) v provozu 437 jaderných reaktorů s celkovou instalovanou kapacitou 380 770 MWe. Ve výstavbě je jich 65 ve 14 zemích. Plánuje se výstavba 165 reaktorů. Celkem se ve světě předběžně uvažuje o vybudování dalších 316 reaktorů, jejichž instalovaný výkon by měl dosáhnout asi 363 GW. Celosvětově vyrábějí asi 16 % světové elektřiny.

Nejvíce jaderných zdrojů je v USA, ve Francii, Japonsku, Velké Británii a Rusku. V Asii se staví řada nových jaderných elektráren, především v Číně, Indii, Jižní Koreji a Japonsku, a v Evropě je ve výstavbě finské Olkiluto 3, ve Francii Flammanville, obě s evropskými tlakovodními reaktory EPR, dále dva bloky ve slovenských Mochovcích.

V USA jsou licencovány nové typy reaktorů a vydána předběžná svolení se stavbou, mnoha stávajícím reaktorům se prodlužuje životnost. Po třiceti letech, kdy se jen modernizovaly stávající elektrárny, se začala stavět nová jaderná elektrárna Virgil C. Summer Unit 2 v Jižní Karolině.

Nejrozšířenějšími typy jsou tzv. lehkovodní reaktory. Ty představují 80 % všech provozovaných reaktorů ve světě (z toho tlakovodní 59 % a varné 21 %), a koncepčně se zcela odlišují od typu RBMK, který v důsledku selhání lidského faktoru způsobil v roce 1986 havárii čerobylské elektrárny.

V současnosti nabízené projekty tzv. Generation III+ jsou s tlakovodním reaktorem AP 600 a AP 1000 (Westinghouse), EPR (Framatome ANP), VVER 1000 (Atomstrojexport) a s varným reaktorem SWR 1000 (Framatome ANP – Siemens), ABWR (General Electric) a BWR 90+ (Westinghouse Atom). Vítězem na výstavbu 5. finského bloku se stal francouzsko-německý EPR o výkonu 1600 MWe.

Z iniciativy USA vzniklo v roce 2000 mezinárodní fórum Generation IV, ve kterém jsou zastoupeny lídři jaderných technologií (USA, Francie, Japonsko, Jižní Korea, Velká Británie, EU a další). Cílem iniciativy je propracovat technologie vybraných šesti perspektivních typů reaktorů pro nasazení po roce 2025 (rychlé reaktory chlazené plynem, olovem, sodíkem, vysokoteplotní reaktor chlazený plynem, nadkritický vodou chlazený reaktor, reaktor chlazený roztavenými solemi). Velká pozornost je věnována těm typům, které díky vysoké teplotě umožní kromě výroby elektrické energie i výrobu vodíku. Vodík je perspektivním palivem využitelným v budoucnosti především v dopravě, kde nahradí ropné produkty. Jedním z hlavních podmínek rozvoje je bezpečnost reaktoru.

V Česku se sice proti jaderné energii postavila řada antijaderných hnutí, např. Jihočeské matky nebo česká pobočka nadnárodní Greenpeace, většina obyvatelstva však rozvoj jaderné energie podporuje. Dle státní energetické koncepce schválené usnesením vlády ČR č. 211 ze dne 10. března 2004 se mezi roky 2020 až 2025 počítá s provozem 7. jaderného bloku a mezi roky 2025 a 2030 s provozem 8. jaderného bloku. V roce 2006 však koaliční vláda na nátlak Strany zelených v programovém prohlášení slíbila další výstavbu jaderných bloků nepodporovat. V roce 2008, doporučila tzv. Pačesova komise rozvoj jaderné energetiky v ČR. Současná vláda rozvoj jaderné energetiky opět podporuje. V posledních letech se uvažuje o dostavbě 3. a 4. bloku v jaderné elektrárně Temelín.

Rozmístění jaderných reaktorů v Evropě

BELGIE

Doel 1
Tihange 2

BULHARSKO

Kozloduj 3
Belene 4

ČESKÁ REPUBLIKA

Temelín 5
Dukovany 6

FINSKO

Olkiluoto 7
Olkiluoto 8
Loviisa 9

FRANCIE

Flamanville 10
Flamanville 11
Paluel 12
Perly 13
Gravelines 14
Chooz 15
Nogent 16
Dampierre 17
St. Laurent 18
Chinon 19
Civaux 20
Belleville 21
Le Blayais 22
Golfech 23
Tricastin 24
Cruas 25
St. Alban 26
Buggay 27
Fessenheim 28
Cattenom 29

MAĎARSKO

Paks 30

NĚMECKO

Brokdorf 31
Emsland 32
Grohnde 33
Philippsburg 34
Neckarwestheim 35
Gundremmingen 36
Isar 37
Grafenrheinfeld 38

NIZOZEMÍ

Borselle 39
Doderwaard 40

RUMUNSKO

Cernavoda 41

RUSKÁ FEDERACE

Kolská 42
Leningradská 43
Leningradská 44
Smolenská 45
Kalininská 46
Kurská 47
Kurská 48
Novovoronežská 49
Novovoronežská 50
Balakovská 51
Bělojarská 52
Bělojarská 53
Rostovská 54
Rostovská 55

SLOVENSKO

Bohunice 56
Mochovce 57
Mochovce 58

SLOVINSKO

Krško 59

ŠPANĚLSKO

Almaraz 60
S. M. de Garoña 61
Trillo 62
Cofrentes 63
Vandellos 64
Asco 65

ŠVÉDSKO

Forsmark 66
Ringhals 67
Oskarshamn 68

ŠVÝCARSKO

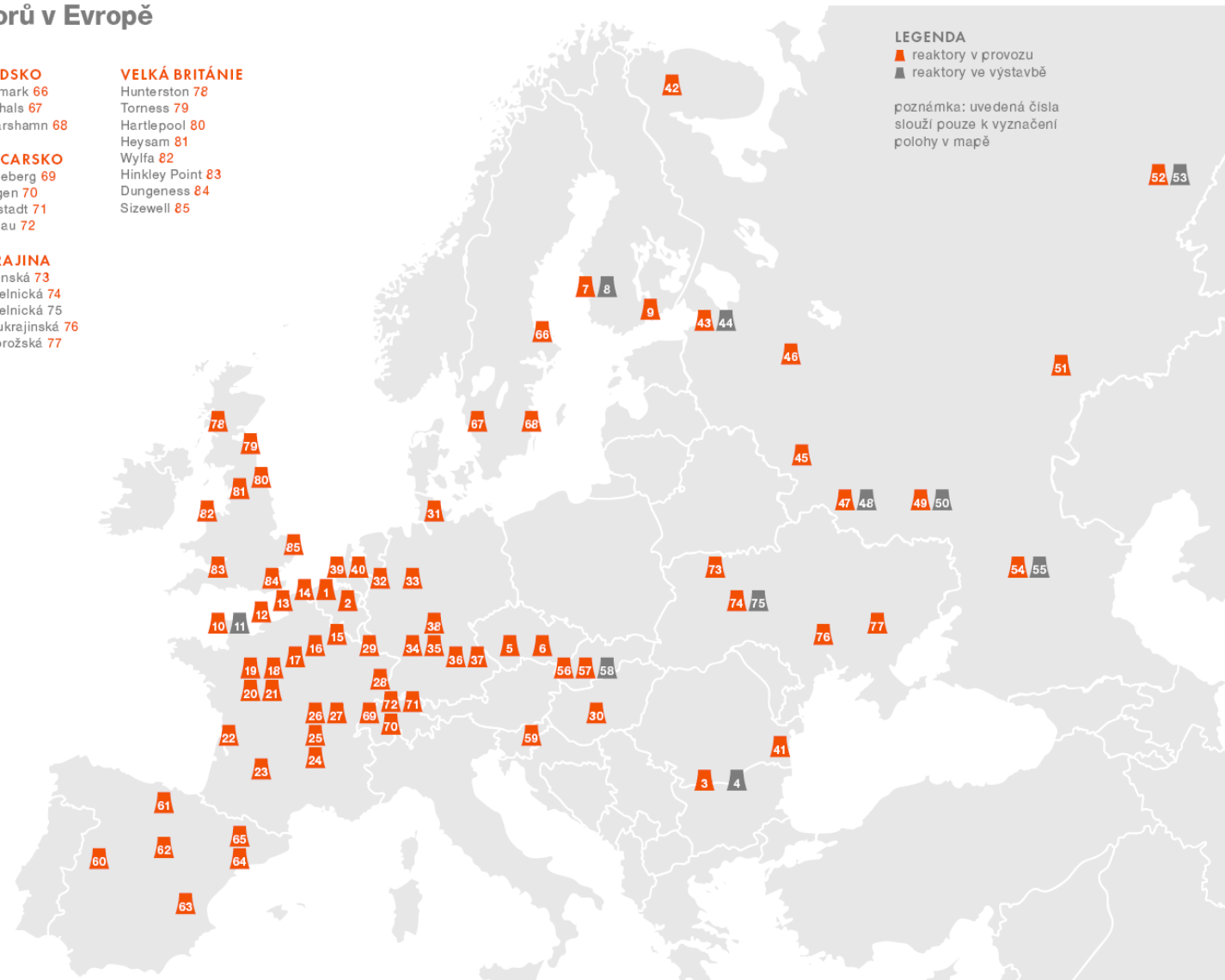
Mühleberg 69
Gösgen 70
Leibstadt 71
Beznau 72

UKRAJINA

Rovenská 73
Chmelnická 74
Chmelnická 75
Jihoukrajinská 76
Zápороžská 77

VELKÁ BRITÁNIE

Hunterston 78
Torness 79
Hartlepool 80
Heysham 81
Wylfa 82
Hinkley Point 83
Dungeness 84
Sizewell 85



Obrázek 53. Rozmístění jaderných reaktorů ve světě. [Zdroj: O-53]

5.9.1 Jaderný reaktor

Jaderný reaktor je zařízení, v němž se energie uvolněná při jaderném štěpení přeměňuje na energii tepelnou, která se v klasické elektrárenské části využívá k výrobě elektrické energie. Reaktory mají rozmanité konstrukce, princip činnosti i oblast využití.

Jaderný reaktor BWR

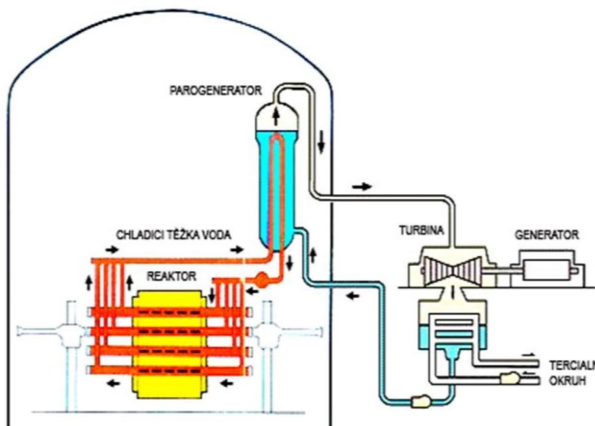
Boiling Water Reactor

Varný reaktor BWR je druhým nejrozšířenějším typem. Palivem je mírně obohacený uran ve formě válečků oxidu uraničitého uspořádaných do palivových tyčí. Palivo se mění stejně často jako v případě PWR – viz kapitola 5.9.2. „Jaderné reaktory v ČR“.

Obdobná je i aktivní zóna a obyčejná voda coby chladivo a moderátor. Voda se ohřívá až k varu přímo v tlakové nádobě a v horní části reaktoru se hromadí pára. Když se zbaví vlhkosti, žene se přímo k turbíně. Reaktory BWR jsou jednookruhové.

Parametry reaktoru BWR (1000 MW):

- obohacení izotopem ^{235}U na 2,1 až 2,6 %,
- rozměry aktivní zóny 4,5 m v průměru a 3,7 m výška,
- teplota páry na výstupu z reaktoru 286 °C a tlak vody 7 MPa.



Obrázek 55. Jaderný reaktor CANDU 6. [Zdroj: O-55]

dává své teplo obyčejné vodě v parogenerátoru, odkud jde pára na turbínu.

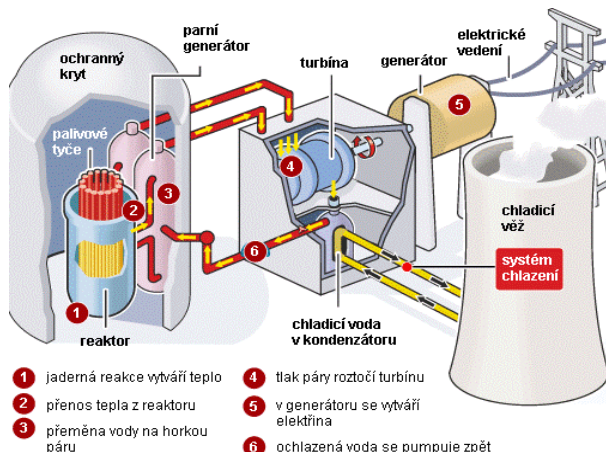
Parametry reaktoru CANDU (600 MW):

- rozměry aktivní zóny 7 m v průměru a 5,9 m výška,
- tlak těžké vody v reaktoru 9,3 MPa,
- teplota těžké vody na výstupu z reaktoru 305 °C.

Jaderný reaktor MagNO_x GCR

Gas Cooled, Graphite Moderated Reactor

Plynem chlazený reaktor MagNO_x GCR se používá ve Velké Británii. Palivem je přírodní kovový uran ve formě tyčí pokrytých oxidem magnezia.



Obrázek 54. Jaderný reaktor BWR. [Zdroj: O-54]

Těžkovodní reaktor CANDU

Heavy Water Reactor CANDU (Canada Deuterium Uranium)

Těžkovodní reaktor CANDU byl vyvinut v Kanadě a exportován do Indie, Pákistánu, Argentiny, Koreje a Rumunska. Palivem je přírodní uran ve formě oxidu uraničitého, chladivem a moderátorem těžká voda D₂O.

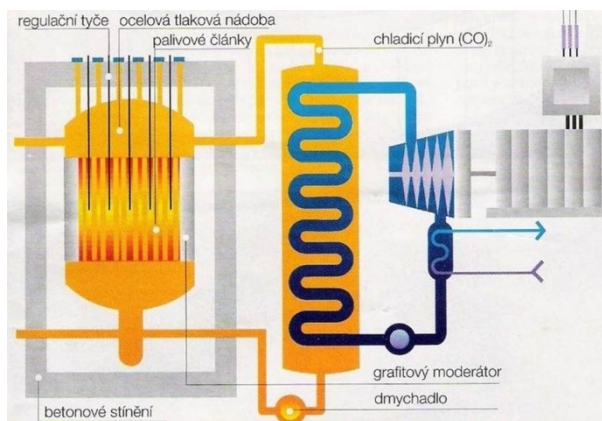
Aktivní zóna je umístěna v nádobě ve tvaru ležícího válce, která má v sobě vodorovné průduchy pro tlakové trubky. Moderátor v nádobě musí být chlazen, neboť moderáčnická schopnost se snižuje se zvyšující se teplotou. D₂O z prvního chladicího okruhu př-

Aktivní zóna se skládá z grafitových bloků (moderátor), kterými prochází několik tisíc kanálů – do každého se umísťuje několik palivových tyčí.

Parametry reaktoru MagNO_x (600 MW):

- obohacení izotopem ²³⁵U 0,7 %,
- průměr aktivní zóny 14 m a výška 8 m,
- tlak CO₂ 2,75 MPa,
- teplota CO₂ na výstupu z reaktoru je 400 °C.

Aktivní zóna je uzavřena v kulové ocelové tlakové nádobě s betonovým stíněním. Palivo se vyměňuje za provozu. Chladivem je oxid uhličitý, který se po ohřátí vede do parogenerátoru, kde předá teplo vodě sekundárního okruhu.



Obrázek 56. Jaderný reaktor MagNO_x.

[Zdroj: O-56]

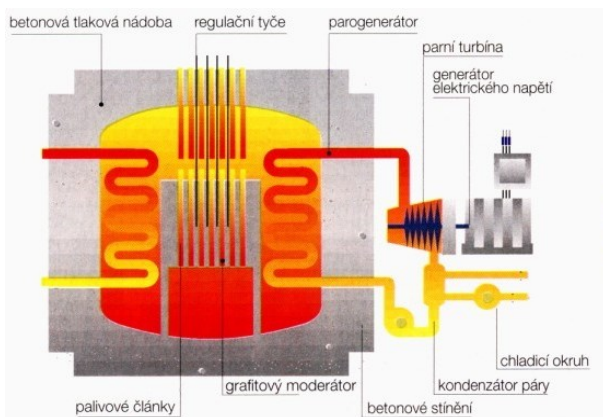
Jaderný reaktor AGR

Advanced Gas Cooled, Graphite Reactor

Pokročilý plynem chlazený reaktor AGR se používá výhradně ve Velké Británii. Palivem je uran obohacený izotopem ²³⁵U ve formě oxidu uraničitého, moderátorem je grafit, chladivem oxid uhličitý. Elektrárna je dvouokruhová.

Parametry reaktoru AGR (600 MW):

- obohacení izotopem ²³⁵U na 2,3 %,
- průměr aktivní zóny 9,1 m a 8,5 m výška,
- teplota CO₂ na výstupu z reaktoru 650 °C a tlak CO₂ 5,5 MPa.



Obrázek 57. Jaderný reaktor AGR.

[Zdroj: O-57]

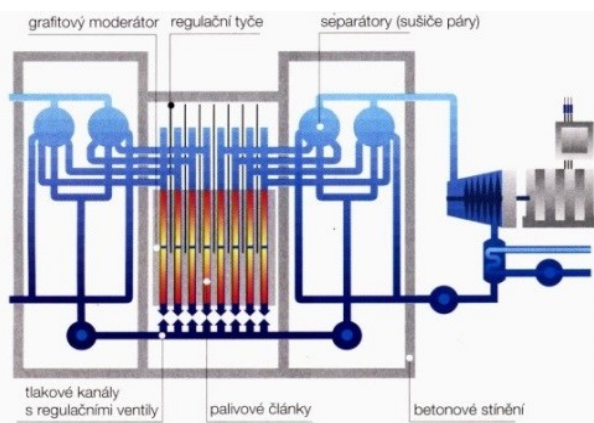
Jaderný reaktor RBMK

Reaktor Bolšoj Moščnosti Kanalnyj

Reaktor typu RBMK (známá je také zkratka LWGR) se používá výhradně na území bývalého SSSR. Reaktor tohoto typu byl v první jaderné elektrárně v Obninsku i v Černobylu. Další reaktory tohoto typu se již nestaví. Palivem je přírodní nebo slabě obohacený uran ve formě oxidu uraničitého. Palivové tyče jsou uloženy v kanálech, kudy proudí chladivo – obyčejná voda. V tlakových kanálech přímo vzniká vodní pára, která po oddělení vlhkosti pohání turbínu. Elektrárna je dvouokruhová. Moderátorem je grafit, který obklopuje kanály.

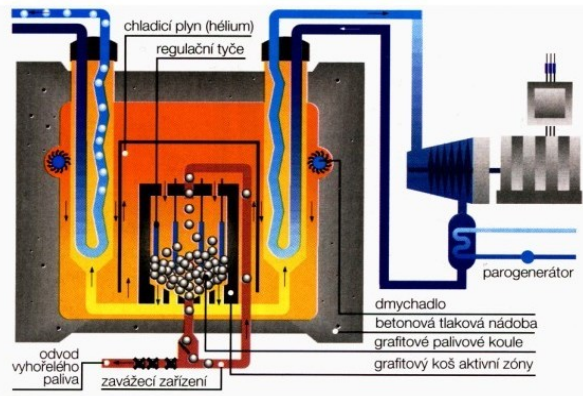
Parametry reaktoru RBMK (1000 MW):

- obohacení izotopem ²³⁵U 1,8 %,
- rozměry aktivní zóny 11,8 m v průměru a 7 m výška s počtem kanálů 1693,
- teplota parovodní směsi na výstupu z reaktoru 284 °C a tlak nasycené páry 6,9 MPa.



Obrázek 58. Jaderný reaktor RBMK.

[Zdroj: O-58]



Obrázek 59. Jaderný reaktor HTGR.
[Zdroj: O-59]

Jaderný reaktor HTGR High Temperature Gas Cooled Reactor

Vysokoteplotní reaktor HTGR patří k velmi perspektivním typům jaderných reaktorů. Bezpečnost tohoto typu je na vysoké úrovni, reaktor poskytuje na výstupu velmi vysokou teplotu. Má proto i velmi vysokou účinnost výroby elektrické energie (až 40 %). Teplu se může využívat nejen pro výrobu elektřiny, ale i přímo v různých průmyslových procesech, například metalurgických nebo při zplyňování uhlí. Vysokoteplotní reaktory jsou zatím vyvinuty pouze experimentálně v Německu, USA a Velké Británii.

Palivem je vysoce obohacený uran ve formě malých kuliček oxidu uraničitého.

Kuličky povlakané třemi vrstvami karbidu křemíku a uhlíku jsou rozptýleny v koulích grafitu, velkých asi jako tenisový míček. Grafit slouží jako pevná, tepelně odolná schránka uranu i vznikajících radioaktivních zbytků i jako moderátor. Palivové koule se volně sypou do aktivní zóny, na dně jsou postupně odbírány. Chladivem je hélium proháněné skrze aktivní zónu.

Typické parametry reaktoru RBMK (1000 MW):

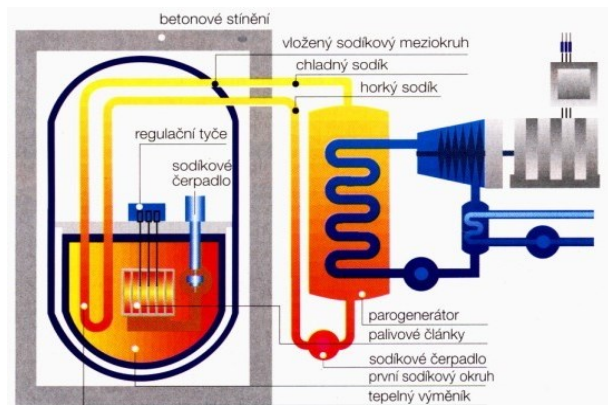
- obohacení izotopem ^{235}U 93 %,
- průměr aktivní zóny 5,6 m a výška 6 m,
- teplota hélia na výstupu z reaktoru 284 °C a tlak hélia 4 MPa.

Jaderný reaktor FBR Fast Breeder Reactor

Rychlý množivý reaktor FBR pracuje v Rusku (BN-600 v Bělojarsku), pracoval ve Francii (Superphénix) a Velké Británii. Ve Spojených státech, Německu a Japonsku existují demonstrační elektrárny tohoto typu. Nové se staví v Rusku, Japonsku a Indii. V dlouhodobé perspektivě je těmto reaktorům přisuzován velký význam. Palivem je plutonium ve směsi oxidu plutoničitého a uraničitého. Během provozu vyprodukuje více nového plutoniového paliva, než kolik ho sám spálí. Reaktor nemá moderátor, řízená štěpná reakce v něm probíhá působením nezpomalených, rychlých neutronů. Aktivní zóna tvořená svazky palivových tyčí je obklopena „plodivým“ pláštěm z uranu. V každém litru objemu FBR se uvolňuje až desetkrát více tepla než u klasických pomalých reaktorů. Chladivem je sodík, který ze sekundárního okruhu proudí do parogenerátoru, kde ve třetím okruhu ohřívá vodu na páru.

Parametry reaktoru FBR (1300 MW):

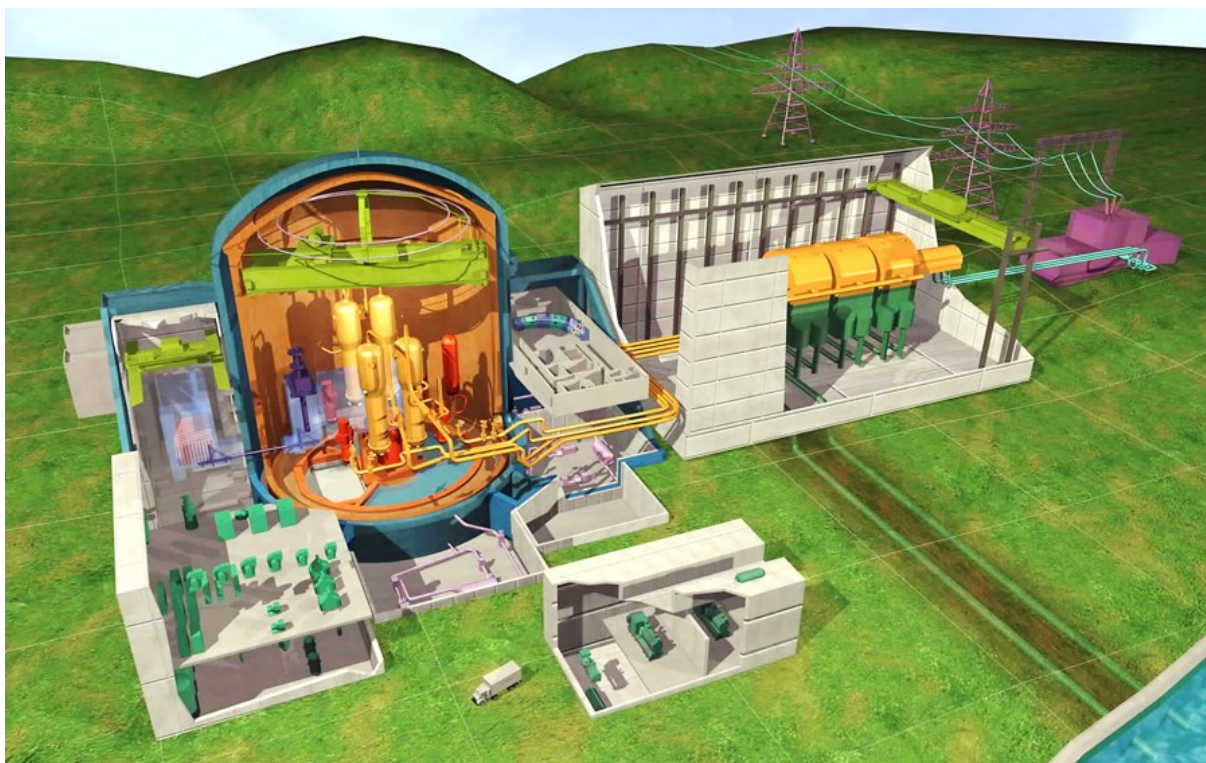
- obohacení izotopem ^{235}U 5 %,
- rozměry aktivní zóny 3,1 m v průměru a 2,1 m výška,
- teplota sodíku na výstupu z reaktoru 620 °C a tlak sodíku 0,25 MPa.



Obrázek 60. Jaderný reaktor FBR.
[Zdroj: O-60]

Reaktor budoucí Evropy – EPR™ *European Pressurised Water Reactor*

Významným projektem nejen pro budoucí Evropu je reaktor 3. generace EPR (European Pressurised Water Reactor). Tento reaktor s předpokládaným výkonem vyšším než 1500 MW vychází ze zkušeností německých a francouzských jaderných elektráren. K vývoji reaktoru EPR™ založily v roce 1989 německá firma Siemens a francouzský FRAMATOM společný podnik Nuclear Power International. Dodavatelem EPR™ pro Olkiluoto 3 ve Finsku je konsorcium Areva-Siemens. Projekt je řešen jako dodávka na klíč za pevnou cenu. V důsledku zpoždění z různých organizačních důvodů se počítá i s tím, že jeho uvedení do provozu, původně plánované na rok 2014, se může posunout až o několik let. Evropský tlakovodní reaktor má optimální bezpečnostní charakteristiky. Je vybaven čtyřnásobně redundantními bezpečnostními systémy, dvojstěnným kontejnmentem a tzv. pasivním zařízením (tj. aniž by musela zasahovat řídicí technika) pro případ, že by došlo k tavení jádra. Projekt se zaměřil na zjednodušení klíčových konstrukčních prvků, což přináší jak zvýšení spolehlivosti a bezpečnosti, tak snížení ceny.



Obrázek 61. Virtuální model řezu blokem s reaktorem EPR™. [Zdroj: O-61]

Jaderný blok s tlakovodním reaktorem EPR™ ve finském Olkiluoto je ve výstavbě od roku 2005. Bylo zde zjištěno několik nutných úprav, které se musely provést před plánovaným spuštěním v roce 2018. Stavební práce na bloku o výkonu 1650 MWe začaly v Normandii ve Francii v prosinci 2007. Společnost EDF je projektantem projektu, zatímco Areva se podílí na systému přívodu páry a stavební společnost Bouygues Construction vede konsorcium stavebních firem. Kopule budovy reaktoru byla postavena v polovině července 2013 a nádoba reaktoru byla namontována v lednu 2014. Původně se očekávalo, že blok zahájí komerční provoz v roce 2013, ale kvůli zpoždění se očekává, že ke spuštění dojde o několik později.

Další dva bloky s reaktory EPR™ jsou nyní ve výstavbě v jaderné elektrárně Tchaj-šan (Taishan) v Číně. První blok JE Tchaj-šan se staví od roku 2009 a očekávalo se, že bude spuštěn v roce 2016, zatímco druhý blok JE Tchaj-šan měl provoz zahájit o rok později.

Typické parametry reaktoru EPR (1650+ MW):

- palivo obohacené 20 % Pu,
- rozměry aktivní zóny 5,3 m v průměru a 10,6 m výška,
- tepelný výkon do 4590 MWt, elektrický výkon cca 1650 MWe,
- tepelná účinnost až 37 %,
- délka provozního cyklu až 24 měsíců, délka odstávky pouze k výměně paliva < 11 dnů.

K dispozici evropským provozovatelům jaderných elektráren jsou i jiné projekty, jako např. americký AP 1000, ruský VVER 1000, V-392, japonský varný ABWR/ESBWR nebo německý varný SWR-1000. U všech je pasivní (tj. automatický) bezpečnostní systém.

5.9.2 Jaderné reaktory v ČR

Reaktory PWR, VVER

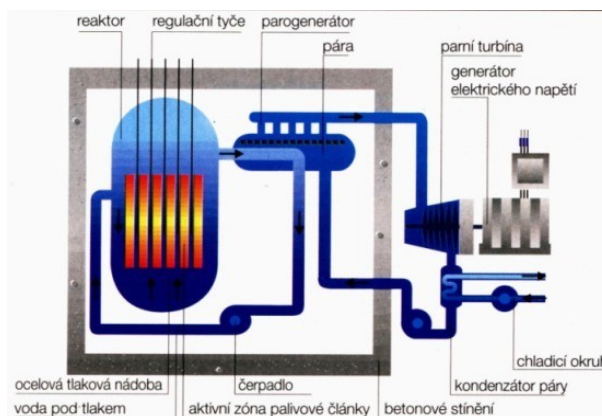
Pressurized light-Water moderated and cooled Reactor

Vodo-Vodjanoj Energetičeskij Reaktor

Tlakovodní reaktor PWR nebo ruský typ VVER je dnes ve světě nejrozšířenějším typem jaderného reaktoru (asi 57 % všech jaderných reaktorů). Tento typ pracuje jak v *jaderné elektrárně Dukovany*, tak v *jaderné elektrárně Temelín* (viz tabulka 35). Původně byl vyvinut v USA, později koncepci převzalo Rusko. Stejně reaktory jsou pro svou vysokou bezpečnost používány kromě jaderných elektráren i k pohonu jaderných ponorek.

Palivem je obohacený uran ve formě oxidu uraničitého UO_2 , moderátorem i chladičem obyčejná voda. Přírodní uran je složen ze dvou izotopů s nukleonovými čísly 238 a 235. Pro štěpení je vhodný jenom izotop 235, kterého je v přírodním uranu 0,7 % a proto se musí jaderné palivo tímto izotopem uměle obohacovat.

V jaderném reaktoru dochází k řízené štěpné reakci v palivu. Jádra izotopu ^{235}U zasažená pomalými neutrony se rozpadají na jádra lehčích prvků (odštěpky, fragmenty) a současně se při každém štěpení uvolní 2 až 3 rychlé neutrony. Fragmenty se vzájemně odpuzují a velkou rychlostí se od sebe rozlétají. Při jejich zabrzdění srážkami s ostatními atomy paliva se kinetická energie mění na teplo, materiál se silně zahřívá. Uvolněné neutrony způsobují štěpení dalších uranových jader a jaderná reakce může dále probíhat jako řízená *řetězová reakce*.



Obrázek 62. Jaderný reaktor PWR (VVER).

[Zdroj: O-62]

Tabulka 35. Parametry jaderných reaktorů našich elektráren. [Zdroj: T-35]

Parametry reaktoru	JE Dukovany	JE Temelín
typ reaktoru	VVER 440	VVER 1000
tepelný výkon	1375 MW	3000 MW
průměr tlakové nádoby	3,56 m	4,5 m
výška tlakové nádoby	11,8 m	10,9 m
palivové kazety	312 ks	163 ks
hmotnost paliva	42 t	92 t
moderátor a chladiivo	obyčejná (lehká) voda	obyčejná (lehká) voda
tlak v reaktoru	12,25 MPa	15,7 MPa
teplota chladiwa	267 °C - 297 °C	290 °C - 320 °C

Pravděpodobnost štěpení jádra uranu je tím větší, čím pomalejší jsou ostřelující neutrony. Při štěpení vznikají rychlé neutrony s kinetickou energií do 2 MeV. Mají-li vyvolat štěpení, musí se jejich energie snížit na 0,025 až 0,5 eV. Zpomalování neutronů se děje jejich srážkami s jádry moderátoru, který obklopuje palivo. Zpomalené neutrony buď štěpí jádra uranu, nebo jsou pohlcovány stíněním reaktoru anebo materiálem (absorbátorem) regulačních tyčí.

Pomocí regulačních tyčí se reguluje množství volných neutronů v reaktoru a tím i průběh štěpení a výkon reaktoru. Okamžité zastavení reakce zajišťují bezpečnostní tyče, které obsahují mnohem vyšší koncentraci absorbátoru. Pozvolné regulace změn výkonu se dosahuje změnou koncentrace kyseliny borité v chladivu. Část reaktoru, ve které je uloženo palivo a ve které probíhá štěpná reakce, se nazývá aktivní zóna. Vzniklé teplo se z aktivní zóny odvádí chladivem a slouží v parogenerátoru k výrobě páry pro pohon turbogenerátoru elektrárny.

Výměna paliva probíhá při zastaveném reaktoru jednou za 1 až 1,5 roku. Přitom se nahradí 1/4 až 1/3 palivových kazet kazetami s čerstvým palivem.

Použité (nesprávně označované jako „vyhořelé“) palivo se navenek nijak neliší od paliva čerstvého, změnila se jeho vnitřní struktura – místo části jader uranu ^{235}U se v něm vyskytují jádra fragmentů a palivo se stalo vysoce radioaktivním. Výměna probíhá pod vodou, kazety s použitým palivem se několik let ochlazují v bazénu vedle reaktoru a teprve pak se přemístí do meziskladu použitého paliva.



Obrázek 63. Kontejnment s reaktorem v JE Temelín. [Zdroj: O-63]

Radioaktivní štěpné produkty při svém rozpadu produkují stále teplo, proto je třeba použité palivo ochladit, než se nejaktivnější radionuklidy rozpadnou a teplota i radioaktivita klesne na úroveň, kdy je s nimi možno manipulovat.

Při nízké úrovni nelze zjistit žádné škodlivé účinky ionizujícího záření na lidský organismus. Ty se projevují až při dávkových ekvivalentech, převyšujících 500 mSv . V ČR je zákonem stanoven nejvyšší přípustný limit ozáření běžného obyvatele během jednoho roku ve výši 5 mSv . Dávkový ekvivalent záření z přírodních zdrojů je kolem $2,5$ až 3 mSv za rok, umělé zdroje (včetně jaderných zařízení) přispívají ročně jen zcela minimálně, kolem $0,01\text{ mSv}$.

V každé jaderné elektrárně vznikají během provozu dva druhy radioaktivních materiálů:

- *radioaktivní odpad* – vzniká při provozu reaktoru především ozářením jeho dříve neaktivních součástí, materiálů a vybavení. Odpad se upravuje lisováním, bitumenací a vitrifikací, uzavírá do bezpečného obalu a ukládá do zabezpečených úložišť. Většina odpadů je středně a nízkoaktivní.
- *použité jaderné palivo* – vysoce aktivní materiál, který sedlouhodobě izoluje od životního prostředí.

Před následky nehod chrání pracovníky i okolí elektrárny série *fyzických bariér*:

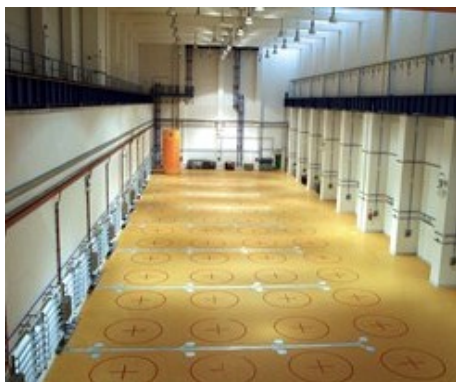
- struktura jaderného paliva – v materiálu pelet se zachycují téměř všechny štěpné produkty,
- pokrytí palivových proutků – hermetické uzavření brání úniku štěpných produktů,
- konstrukce primárního okruhu – tlaková nádoba a potrubí v železobetonové šachtě odolávají tepelnému i radiačnímu zatížení,
- kontejnment – hermetická ochranná obálka ze železobetonu kolem jaderné části, brání úniku radioaktivity do okolí při nehodě a je vybavena havarijním systémem.

Postup likvidace použitého paliva má tři stupně: nejprve se palivové kazety chladí několik let v bazénu použitého paliva vedle reaktoru, pak se na několik desítek let ukládají do meziskladu použitého paliva v elektrárně Dukovany a Temelín a pak na trvalém úložišti. Vzhledem k tomu, že použité palivo obsahuje prvky schopné uvolnit ještě značné množství energie, může se v budoucnu stát cennou energetickou surovinou.

V posledních letech se pracuje na metodě *ADTT*, při které se terč z olova bombarduje urychlenými protony. Terč se stane zdrojem neutronů, které vyvolávají štěpení dalších jader použitého paliva. Radikálně by se snížilo množství jaderného odpadu a získala by se i další, dosud nevyužitá energie.



Obrázek 64. Reaktorová hala JE Dukovany. [Zdroj: O-64]



Obrázek 65. Sklad použitého paliva v JE Temelín. [Zdroj: O-65]

Mezisklad je hala, do níž se umísťují kontejnery naplněné kazetami s použitým palivem. Kontejnery jsou hermetické, nedochází z nich k úniku radionuklidů. V elektrárně Dukovany, je používán kontejner Castor, který má několik funkcí (viz obrázek 67).

V první řadě musí bezpečně oddělit použité jaderné palivo od okolí a odstínit radioaktivní záření vznikající přirozeným rozpadem produktů štěpení. Další funkcí je odvod tepla uvolňovaného při radioaktivním rozpadu. Kontejner zabezpečuje ochranu před vnějšími vlivy, které by mohly způsobit poškození paliva. Kontejnery se v hale chladí přirozeným prouděním vzduchu.



Obrázek 66. Sklad použitého paliva v JE Dukovany. [Zdroj: O-66]



Obrázek 67. Kontejnery Castor. [Zdroj: O-67]

5.9.3 Hlubinné úložiště jaderného odpadu a jeho anatomie

Vzhledem k požadavku dokonalé izolace vysokoaktivních odpadů – včetně použitého paliva – od biosféry, jsou všechny projekty budoucích dlouhodobých úložišť situovány do hlubinných geologických formací v hloubkách několika set metrů. S ohledem na geologické podmínky ČR bude hlubinné úložiště s nejvyšší pravděpodobností vybudováno v žulovém (granitovém) masivu v seizmicky stabilní oblasti. Obdobné žulové formace zkoumají vědci v podzemních laboratořích ve Švýcarsku a v Kanadě. Úložné kontejnery, jejich obložení bentonitem a řešení hlubinného úložiště odpovídá řešením přijímaným ve většině zemí.

Hlubinné úložiště jaderného odpadu je uměle vyhloubený nebo upravený podzemní prostor situovaný do hlubokých stabilních geologických vrstev.

Přednost před úpravou starších důlních děl se dává zbudování úložiště nového, a to v neporušeném geologickém prostředí, v oblasti, kde nehrozí vulkanická činnost, zemětřesení, zaplavení nebo zaledněním. Dlouhodobým uložením se míní časový úsek srovnatelný s geologickými časovými obdobími v měřítku delším než 10 tisíc let, spíše však 40 až 100 tisíc let. Všechny práce směřují k tomu, aby byl znemožněn jakýkoli kontakt budoucích pokolení s uloženým materiálem. Vybudování hlubinného úložiště jaderného odpadu proto předchází finančně i časově náročná a vývojová činnost a průzkumné práce.

První bariérou, která zajišťuje bezpečnost úložiště, je znehybnění radionuklidů v odolné a nerozpustné chemické formě (tzv. matici). Tou může být u vysokoaktivních odpadů borosilikátové sklo nebo keramické materiály, u středněaktivních odpadů hlavně cement nebo bitumen (asfaltová živice). Vyzkoušeny jsou i metody tzv. synroc (synthetical rocks), což je zabudování odpadů do umělé, chemicky vytvořené, velmi trvanlivé horniny.

Druhou bariérou je obal, do kterého se jaderný odpad umístí. U vysokoaktivních odpadů to je silnostěnný ocelový kontejner nebo měděná nádoba, uvažuje se i o nádobách z titanu. Od okolí by tento kontejner měl svůj obsah izolovat po dobu minimálně tisíc let. U nízkoaktivních a středněaktivních odpadů se používají plechové sudy nebo betonové kontejnery. Ty by měly zajistit stínění před zářením po dobu 300 až 600 let. Další bariéru mohou tvořit betonové pakety nebo přebaly, do nichž se ukládají plechové sudy nebo betonové kontejnery. Jako technická bariéra slouží i stavební konstrukce na povrchu, pod terénem nebo v geologických formacích (betony, nepropustné nátěry, asfaltové nebo jílové izolace a drenážní systémy).

Přírodní bariérou je vlastní geologická formace, v níž je hlubinné úložiště umístěno. Geologická formace musí být seizmicky stabilní. Většinou se vybírá hornina, která se prokazatelně nezměnila za posledních několik milionů let a je tedy u ní předpoklad stability i v letech dalších. Hodnotí se především její pevnost, nerozpustnost a tepelná stabilita. Za vhodné geologické formace se považují solná ložiska, jílové sedimenty, tufy, granity (žuly) a rulové horniny. Životnost inženýrských bariér se odhaduje na 300 let, životnost hmoty, ve které jsou radionuklidy znehybněny, je až 1 milion let. Stability geologických formací, do nichž jsou úložiště umístována, je nejméně 70 milionů let.

V roce 1990 vznikl v Rusku projekt ukládání jaderného odpadu – použitého paliva a vysokoaktivních odpadů – do až pětakilometrových vrtů, vyplněných nízkotavitelným a ve vodě nerozpustným materiálem – nejlépe sírou. Odpad se v hermetických pouzdech spustí do vrtu, kde vlastním teplem roztaví síru a zvýší teplotu dna vrtu asi na 500 stupňů Celsia. V důsledku tepelné roztažnosti hornin a chemického působení síry se průměr vrtného otvoru zvětší, celý sloupec nahromaděného odpadu se začne posouvat dolů. Vznikne „kapka“ o teplotě až 1800 stupňů Celsia, síra vytvoří s oxidy železa z okolních hornin pyrit. Za pomalého klesání odpad ztrácí teplotu i radioaktivitu a postup se zpomaluje. Samovolný pokles může postupovat až do 10 km (jeden vrt lze použít až třikrát). Nerozpustný pyrit tvoří matici, která zabrání úniku radionuklidů nejméně po tři miliony let.

5.9.3.1 Zahraněční přístupy k hlubinnému ukládání

V zemích, v nichž se nahromadilo vyhořelé jaderné palivo a vysokoaktivní odpady, probíhá vývoj hlubinného úložiště různými způsoby. Jeden z rozdílů je v odlišném horninovém prostředí, což je do značné míry předurčeno geologickou situací území konkrétního státu. Ve světě se zkoumá několik typů hornin, u nichž lze v konkrétních geologických podmínkách předpokládat, že budou mít požadované vlastnosti. Výběr lokality jsou dlouhodobé, a z technického a ekonomického hlediska náročné práce. Na realizaci prací se podílejí převážně geovědní disciplíny, jako jsou geofyzika, geochemie, inženýrská geologie, hydrogeologie a další.

Jako hostitelské prostředí hlubinného úložiště byly ve světě zkoumány krystalické horniny (hlavně žula) a usazeniny (převážně jíly a solná ložiska). Ve všech těchto horninových prostředích byla ověřena možnost výstavby hlubinného úložiště a byla prokázána jeho bezpečnost. Ve Finsku, Švédsku, ale též v Japonsku se rozhodli pro žulu jako hostitelskou horninu. Ve Spojených Státech slouží v lokalitě Yucca Mountain jako hostitelská hornina tuf, zatímco úložiště WIPP u Carlsbadu je umístěno v solné formaci. O soli jako vhodné hornině pro umístění hlubinného úložiště diskutují v Německu, kde jsou solné formace velmi dobře probádány. Jílové formace přicházejí v úvahu ve Francii, Belgii nebo ve Švýcarsku. V České republice se dnes předpokládá vybudování hlubinného úložiště v žule.

Země, které produkují vyhořelé jaderné palivo a vysokoaktivní odpady, lze rozdělit do tří skupin. Do první skupiny patří země, které svoji koncepci hlubinného ukládání rozpracovaly do té míry, že uvedení úložiště do provozu lze očekávat v horizontu 10 až 15 let, tj. do roku 2035. Jde o země, které již našly lokalitu pro hlubinné ukládání nebo jsou v pokročilém stádiu výběru vhodné lokality. Díky zkušenostem z provozu podzemních laboratoří (obrázek 68) mají zvládnuty otázky geologie, hornických prací, konstrukčního řešení a s tím spojené problémy bezpečnosti. Získaly většinou souhlas příslušných představitelů země a místních obyvatel s výstavbou úložiště. Do této skupiny patří např. Švédsko, Finsko, USA, Francie, Německo, Švýcarsko a Japonsko.

Dále následuje skupina zemí, kde vývoj hlubinného ukládání probíhal pomaleji. V těchto zemích ještě nedošlo k výběru vhodné lokality, neboť se velmi obtížně získává souhlas obyvatelstva s umístěním. Proto probíhá průzkum na studovaných lokalitách pouze v omezeném rozsahu a úložný systém se řeší jen na úrovni předběžného (referenčního) projektu úložiště na smyšlené lokalitě. Sem patří např. i Česká republika, Slovensko, Maďarsko, Belgie, či Španělsko.

Země třetí skupiny se rozhodly odložit konečné řešení na pozdější dobu, většinou po uplynutí 100 nebo více let. Mají k dispozici dostatečné skladovací kapacity anebo se chystají je budovat. Ve většině z nich nebyla ještě stanovena koncepce budoucího zacházení s vyhořelým jaderným palivem a vysokoaktivními odpady. Z evropských zemí zvolily tento přístup Velká Británie, Nizozemsko a země východní Evropy, které provozují jaderné energetická zařízení.



Obrázek 68. Zkoušky v podzemní laboratoři Grimsel ve Švýcarsku. [Zdroj: O-68]



Obrázek 69. Příprava hlubinného úložiště ve Forsmarku, Švédsko. [Zdroj: O-69]

Švédsko

Ve Švédsku se provozuje 10 jaderných reaktorů, které v roce 2008 vyrobily 61 TWh elektrické energie, což představuje zhruba 42 % z celkového množství 146 TWh. Vyhořelé palivo se skladuje v centrálním skladu CLAB v blízkosti jaderné elektrárny Oskarshamn. Koncem roku 2009 se skladovalo více než 5 000 tun vyhořelého paliva.

Vývoj hlubinného úložiště v zemi probíhá již několik desetiletí. V jejich průběhu byla využívána podzemní laboratoř v Äspö, která sloužila k provedení zkoušek potřebných k prokázání bezpečnosti

hlubinného ukládání v žulovém prostředí. Výběr lokality pro úložiště vyústil v detailní průzkum dvou lokalit, a to Forsmark v oblasti Östhammar a Oskarshamn.

Jako konečná lokalita byla v červnu 2009 vybrána Forsmark (viz obr. 69). V roce 2010 byla podána žádost o povolení stavby, se zahájením v r. 2012 podrobnou charakterizací vybrané horniny, přičemž vlastní konstrukce úložiště byla započata v r. 2015. Žádost o povolení k provozu se předpokládala v r. 2019 a po souhlasu mělo dojít v r. 2020 k prvnímu zavážení vyhořelého paliva. Souběžně s výstavbou úložných prostor by se konstruovalo zařízení pro vkládání paliva do úložných kontejnerů. Pokud jde o vyjmutelnost paliva, počítá se s ní v prvních deseti letech po zahájení provozu, poté by měla být situace detailně zhodnocena a následující činnosti by měly mít již charakter „ukládání navěky“.

Finsko

Ve Finsku představuje výroba elektrické energie ze 4 jaderných reaktorů (2,3 GW) celkem čtvrtinu (25,5 TWh) z celkové vyprodukované energie.

Vyhořelé palivo se před uložením do hlubinného úložiště skladuje v mokřích skladech v areálu jaderných elektráren. Jeho množství v roce 2010 bylo 1750 tun a očekává se, k datu uvedení úložiště do provozu v roce 2020 vzroste toto množství – po spuštění nové elektrárny – na 2500 až 2800 tun.

Finské práce na vývoji hlubinného úložiště, které je lokalizováno v žulové hornině v lokalitě Olkiluoto, zahrnovali v období 2010 až 2020 hloubení podzemní laboratoře ONKALO (2010 až 2011, viz obrázek 70), práce v podzemní laboratoři (2010 až 2014), přípravu hlubinného úložiště (2013 až 2014), stavbu zařízení pro umístění paliva do pouzder (2015 až 2018), výstavbu úložiště (2015 až 2018), zkušební provoz (2019) a zahájení normálního provozu HÚ (II. pololetí 2020). Paralelně probíhá schvalování dokumentů. Podání žádostí o povolení výstavby úložiště a souhlas s provozem se předpokládalo koncem r. 2012, resp. koncem r. 2018.



Obrázek 70. Hloubení finské podzemní laboratoře ONKALO. [Zdroj: O-70]

USA

V USA je v provozu 104 energetických reaktorů, které produkují zhruba 20 % elektrické energie vyrobené v zemi. Vedle těchto reaktorů produkují vyhořelé jaderné palivo také reaktory výzkumné a vojenské. Do doby, než bude uvedeno do provozu hlubinné úložiště, se většina vyhořelého paliva z komerčních zdrojů skladuje v areálech jaderných elektráren. Komerční jaderný průmysl vyprodukoval do konce roku 2009 vyhořelé jaderné palivo v množství větším než 60 000 tU (tun uranu), přičemž ročně přibývalo 1 800 až 2 200 tU. Předpokládá se, že do roku 2055 by se mohlo nahromadit okolo 130 000 tU.



Obrázek 71. Vstup do úložiště v Yucca Mountain v USA. [Zdroj: O-71]

Hlubinné úložiště se buduje v lokalitě Yucca Mountain (obrázek 71), stát Nevada. Hostitelským prostředím je pyroklastická hornina – tuf – s velmi příznivými vlastnostmi pro budování úložných prostor. První část úložiště by měla sloužit k uložení 63 000 t komerčního paliva a 7 000 t paliva z vojenských programů. Za předpokladu, že se životnost jaderných elektráren v USA prodlouží o dvacet let, bude dalších 60 000 t paliva ukládáno v druhé etapě.

Počítá se s ukládáním po dobu 50 let a během dalších 50 let bude probíhat kontrola, údržba a monitorování uvnitř a v okolí úložného systému.

Vedle zmíněného úložiště se v USA provozuje hlubinné úložiště WIPP (Waste Isolation Pilot Plant), poblíž Carlsbadu v Novém Mexiku, vybudované v solné formaci pro uložení radioaktivních odpadů s obsahem transuranových prvků. Do srpna 2008 zde bylo uloženo 56 tisíc m³ odpadů.

Francie

Ve Francii je v provozu 58 energetických reaktorů, z nichž polovina používá jako palivo směs kysličníků uranu a plutonia (mixed oxide – MOX). Během první dekády tohoto století se vyrábělo v jaderných elektrárnách ve Francii okolo 420 TWh elektrické energie ročně. Produkce vyhořelého jaderného paliva se pohybovala okolo 1150 tun za rok. Počátkem roku 2010 se ve Francii skladovalo okolo 41 000 tun vyhořelého paliva.

Toto palivo se ze tří čtvrtin přepracovává. V závodech v La Hague a v Marcoulu se zpracuje ročně 850 tun vyhořelého paliva. Získané plutonium v množství okolo 100 t je pak zdrojem směsného MOX paliva. Vyhořelé jaderné palivo se skladuje stejně jako vyhořelé MOX palivo s vyšším obsahem plutonia, které by mohlo být využíváno v budoucnosti v pokročilých reaktorech čtvrté generace. Štěpné produkty obsažené ve vyhořelém palivu se zatavují do skelné hmoty a stejně se upravují i středněaktivní odpady. Výsledkem je 110 až 130 m³ vysokoaktivních odpadů a 120 m³ středně aktivních odpadů ročně.

Vývoj hlubinného ukládání ve Francii pokračoval v souladu se závěry publikovanými ve zprávě „Akta 2005 Jíl“ (Dossier 2005 Argile), která popisuje dosavadní výsledky z provozu podzemní laboratoře v jílové formaci ležící na rozhraní distriktů Meuse a Haute-Marne v hloubce 445 m pod povrchem. V návaznosti na tuto zprávu byla v roce 2006 parlamentem schválena očekávaná koncepce v oblasti vývoje a výstavby hlubinného úložiště. Rozhodlo se, že systém musí být navržen tak, aby jej bylo možno měnit a upravovat a aby bylo možno vyjmát již uložené materiály. Státní agentura pro radioaktivní odpady ANDRA byla pověřena ukončit výzkumné práce do r. 2012, požádat o souhlas s výstavbou do r. 2015 a vybudovat HÚ v letech 2015 až 2020 a uvést je do provozu v letech 2020 až 2025.



Obrázek 72. Manipulace se sudy v úložišti WIPP, USA. [Zdroj: O-72]

Německo

Výroba elektrické energie v Německu dosahuje 650 TWh, z čehož 170 TWh (26 %) připadá na provozované jaderné elektrárny o kapacitě 21 GWe. Tyto elektrárny (včetně odstavených 9) vyprodukovaly 13 600 tun vyhořelého jaderného paliva. Jeho část byla zaslána k přepracování do Francie (5 400 tun) a Velké Británie (850 tun). Zpátky do země se vracejí vysoce aktivní odpady. Přestože odesílání paliva k přepracování do zahraničí bylo v polovině roku 2005 pozastaveno, návrat vysokoaktivních odpadů bude pokračovat až do roku 2020.

Skladování vyhořelého paliva se v Německu uskutečňuje ve třech centrálních skladech (Ahaus, Gorleben a Greifswald) a ve 12 skladech umístěných v areálech provozovaných jaderných elektráren. V centrálních skladech se nalézá přibližně 720 tun, zatímco v areálech jaderných elektráren se skladuje přibližně 2950 tun. V Gorleбену je kromě skladu v provozu závod na úpravu paliva před jeho definitivním uložením.

Hlubinné ukládání v Německu je předmětem debaty na celonárodní úrovni. Podle doplňku atomového zákona z r. 2002 má být hlubinné úložiště vybudováno do r. 2030.

Bylo rovněž rozhodnuto, že do hlubinného úložiště budou ukládány nejen vyhořelé palivo a vysokoaktivní odpady, ale i ostatní odpady z provozu a likvidace jaderných zařízení anebo odpady pocházející z výzkumu, medicínského a průmyslového využití. Atomový zákon v Německu ukládá, aby schvalování úložišť prošlo procesem EIA (posouzením vlivu na životní prostředí) a aby do schvalování byla zapojena veřejnost. Podmínce vyhovělo úložiště v bývalém dolu na železnou rudu Konrad pro odpady nevyvíjející teplo, zatímco průzkum solného dolu Gorleben, vybraného ze 140 lokalit a studovaného v letech 1979 až 2000, byl na 10 let pozastaven.

Švýcarsko

Ve Švýcarsku zajišťuje 5 jaderných reaktorů elektrickou energii z asi 40 % (cca 26 TWh). Ty jsou zdrojem vyhořelého jaderného paliva, jehož množství dosáhlo okolo 2000 tun.

Do r. 2005 bylo vyhořelé palivo odesíláno do zahraničí k přepracování (celkem zhruba 1000 tun), od r. 2006 byla tato praxe zastavena. V závodě na zpracování a skladování radioaktivních odpadů (Zwilag) se skladuje jak vyhořelé palivo, tak vrácené vysokoaktivní odpady po přepracování.

Proces výběru lokalit pro hlubinné úložiště je rozdělen do tří etap. V první etapě, která probíhá, se provádí průzkum šesti oblastí, které by podle geologických, technických a bezpečnostních kritérií mohly být využity pro výstavbu hlubinného úložiště. Ve druhé etapě se předpokládá detailnější průzkum těchto oblastí, v jehož závěru by mělo dojít k výběru nejméně dvou lokalit. Vedle technických a bezpečnostních aspektů by vybrané lokality měly být zkoumány z hlediska oblastního plánování a sociálně ekonomických podmínek v dané oblasti. Zapojeny by měly být širší veřejnost a především obce v dotčených regionech. Třetí etapa je věnována prohloubení geologických, technických a bezpečnostních poznatků o lokalitách s využitím vrtných prací. Na jejím konci, tj. přibližně v roce 2020, by měla švýcarská agentura NAGRA pro nakládání s radioaktivními odpady podat rámcovou žádost o výstavbu zařízení. Předpokládaný termín zahájení provozu ukládání nízko- a středněaktivních odpadů by měl být rok 2030, pro vysokoaktivní odpady a vyhořelé palivo rok 2040.



Obrázek 73. Japonský stroj pro ražbu chodeb. [Zdroj: O-73]

Japonsko

V Japonsku je v provozu 53 jaderných reaktorů, které se na výrobě elektrické energie (1040 TWh/rok) podílejí z jedné čtvrtiny. Vyhořelé jaderné palivo se skladuje v mokřích skladech na sedmnácti různých místech. Před rokem 2001 byla část paliva (celkem 7 100 tU) zasílána k přepracování do francouzského Le Hague a britského Sellafieldu, nyní přepracování zajišťuje vlastní závod v Rokkashu. Z Francie a Velké Británie bylo do země vráceno 1 670 t vitrifikovaných vysoce aktivních odpadů. Tyto (a další z přepracování v Rokkashu) se mají skladovat 30 až 50 let před jejich konečným uložením. Na lokalitě je k dispozici sklad přijímající palivo k přepracování. Celkové množství skladovaného paliva obnáší 29 000 tU.

Výběr lokality pro hlubinné ukládání je v Japonsku rozdělen do tří etap. První etapa je zaměřena na plánování a studium existujících informací. Ve druhé etapě se provede geologický průzkum včetně vrtných prací, ve třetí etapě se ověří bezpečnost a technické aspekty na finální lokalitě a provádějí se detailní průzkumné práce. První etapa byla ukončena v r. 2012, druhá proběhla v letech 2012 až 2017 a třetí by měla být uzavřena v r. 2030. Následovat by měla výstavba (2030 až 2035) a provoz včetně schvalování (od r. 2035).

Důležitou roli při řešení otázek bezpečnosti by měly hrát podzemní laboratoře v Horonobe (jílová formace) a Mizunami (žula).

Belgie

V Belgii se provozuje 7 jaderných reaktorů o celkové kapacitě 6,0 GWe, které se podílejí na celkové výrobě elektrické energie téměř 58 % (78 TWh). Za předpokladu čtyřicetiletého provozu reaktorů by mělo vzniknout v Belgii vyhořelé jaderné palivo v množství okolo 5 tisíc tun. V současnosti toto množství obnáší 3 400 tun a skladuje se dočasně v areálech provozovaných jaderných elektráren. Část vyhořelého paliva byla přepracovávána ve Francii a do Belgie se vrátili vysokoaktivní odpady. Vývoj hlubinného ukládání v Belgii vstoupil již do čtvrté dekády. Během této doby byla na lokalitě výzkumného jaderného střediska v Molu zřízena podzemní laboratoř umístěná v jílové formaci (tzv. Boom clay) v hloubce 220 m pod povrchem.

Její výstavba byla zahájena již v r. 1980 a později byla rozšiřována, přístup k ní zajišťují dvě šachty a spojovací chodba. I když definitivní výběr konečné lokality ještě nebyl uzavřen, uvažuje se o ní jako o vhodné pro vybudování úložného systému, v němž by měly být uloženy jak vyhořelé palivo, tak vysokoaktivní odpady, a to za využití 5 až 6 inženýrských bariér. Podle připravené národní koncepce zacházení s radioaktivními odpady, se očekávalo, že do roku 2015 by byla být vybrána lokalita a na ní provedeny ověřovací zkoušky. Práce by pokračovaly až do r. 2025, kdy by proběhlo schvalování záměru. Po výstavbě úložiště by mohl být v roce 2030 zahájen provoz.

Španělsko

Na výrobě elektrické energie ve Španělsku se podílí 8 jaderných reaktorů o výkonu 7,71 GWe, jejichž podíl dosáhl 18 %. Vyhořelé jaderné palivo, jehož objem v r. 2009 obnášel 3800 tun, se skladuje nejprve v elektrárnách po dobu zhruba 10 let a poté se má převážet spolu s menším množstvím vysokoaktivních odpadů do centrálního skladu. V prosinci 2009 učinila vláda nabídku obcím umístit tento sklad, který představuje investici ve výši 700 milionů eur, na svém území. Zařízení má být schopno skladovat cca 6 700 tun vyhořelého paliva, 2500 metrů krychlových dlouhodobých středně-aktivních odpadů a cca 12 m³ vysokoaktivních odpadů vzniklých přepracováním paliva z likvidované elektrárny Vandellos-1. Jako hostitelské horniny přicházejí v úvahu žula, jíly a solné formace.

Nizozemsko

V Nizozemsku se provozuje jedna jaderná elektrárna o výkonu 482 MWe. Její produkce představuje asi 4 % z celkového vyrobeného množství (100,5 TWh). Vyhořelé jaderné palivo se zasílá do Francie k přepracování podle kontraktu, jehož platnost vypršela v r. 2015. Výjimku tvořilo zbylé vyhořelé palivo po ukončení provozu jaderné elektrárny Dodewaard, které bylo k přepracování odesláno do britského Sellafieldu.

Vyhořelé palivo se před odesláním do zahraničí skladuje při jaderné elektrárně Borsele (celkem 561 tun), ostatní odpady včetně vysokoaktivních ve skladu v průmyslové zóně ve Vlissingen-Oost, provozovaném nizozemskou agenturou pro zacházení s radioaktivními odpady COVRA. Výzkumný program zaměřený na hlubinné ukládání byl zahájen v r. 1995 a v r. 2001 byly zveřejněny poznatky o možnosti vybudování úložiště v solné nebo jílové formaci. Jelikož vláda a parlament založily strategii zacházení s vyhořelým palivem na skladování po dobu minimálně 100 let, ukazuje se, že výběr lokality není v současné době urgentní.



Obrázek 74. Sklad vyhořelého paliva a vysokoaktivních odpadů v nizozemském Vlissingen-Oostu. [Zdroj: O-74]

5.9.3.2 Současná přípovrchová úložiště v ČR

Ukládání radioaktivních odpadů je konečným krokem v posloupnosti kontrolovaných činností, kam patří sběr a třídění odpadů, jejich skladování, zpracování, úprava a doprava. Smyslem všech těchto činností je ochrana člověka a životního prostředí. Proto je třeba radioaktivní odpady izolovat od životního prostředí na tak dlouhou dobu, dokud se v důsledku samovolných procesů radioaktivní látky nerozpadnou na látky jiné, stabilní. Právě tomuto účelu – tedy izolaci radioaktivních odpadů na potřebnou dobu – slouží úložiště radioaktivních odpadů.

V České republice jsou v provozu tři úložiště – největší je úložiště Dukovany v areálu jaderné elektrárny Dukovany, úložiště Richard u Litoměřic na úpatí Bídnice je menší a nejmenší je úložiště Bratrství u Jáchymova na úpatí Krušných hor.

Úložiště Dukovany je svou konstrukcí i bezpečností srovnatelné s podobnými stavbami v západoevropských zemích. Ukládají se zde nízko- a středněaktivní odpady, které vznikají při provozu elektráren Dukovany a Temelín. Institucionální odpady se od roku 1964 ukládají v úložišti radioaktivních odpadů Richard. Je zde uloženo více než 24 tisíc obalových souborů. Celkový objem využívaných prostor přesahuje 17 tisíc m³, kapacita pro vlastní ukládání odpadu je asi poloviční. Zbytek prostoru tvoří chodby nezbytné pro obsluhu a manipulaci s odpady. Do úložiště Bratrství jsou ukládány odpady s obsahem přirozených radionuklidů a v současnosti jsou množství zde ukládaných odpadů malá.



Obrázek 75. Správní budova Úložiště radioaktivních odpadů Richard. [Zdroj: O-75]

V souladu s „atomovým zákonem“ – *Zákon č. 263/2016 Sb.*, jsou náklady spojené s provozem všech úložišť ve Správě úložišť radioaktivních odpadů (dále v textu SÚRaO) hrazeny z tzv. jaderného účtu, do něhož přispívají všichni původci radioaktivních odpadů v Česku. Finanční prostředky shromážděné na jaderném účtu mají sloužit k pokrytí nákladů na zacházení sradioaktivním odpadem – viz „*Narizení vlády č. 35/2017 Sb., kterým se stanoví sazba jednorázového poplatku za ukládání radioaktivních odpadů a výše příspěvků z jaderného účtu obcím a pravidla jejich poskytování.*“

Cílem SÚRaO je, aby informace o radioaktivních odpadech byly snadno dostupné všem zájemcům. Součástí těchto středisek jsou stále expozice, prezentující problematiku radioaktivních odpadů od jejich vzniku až po zneškodnění v úložišti především z hlediska bezpečnosti a dopadů na životní prostředí. K tomu jsou využity panely, trojrozměrné modely, fotografie i řada filmových záběrů, které jsou součástí multimediálního programu. Návštěvníci si mohou prohlédnout i prezentační CD, DVD, internetové stránky SÚRaO apod. Tematicky se výstava jeví jako doplněk výuky ekologie nebo fyziky na základních i středních školách.

Úložiště radioaktivních odpadů Richard – Litoměřice.

Lokalita Richard má zajímavou historii. Pod vrchem Bídnice u Litoměřic se těžil vápenec již od první poloviny 19. století. Vápenec zde tvoří v hloubce 70 až 80 m pod povrchem asi 5 m silnou vrstvu. V letech 1943 a 1944 si Německo vybralo toto místo pro podzemní tovární výrobu firmy Auto Union A. G. Chemnitz (výroba komponentů a součástek k motorům Maybach – typ HL 230) a koncernu Osram. Stavba v podzemí dostala krycí označení Richard.

Na rozsáhlém stavebním projektu pracovali uvěznění horníci, zedníci, betonáři, elektrikáři, instalatéri a další řemeslníci, kteří byli na stavbu dopravováni z pracovního tábora v Litoměřicích, část z nich i z nedalekého Terezína. Zcela dokončit se podařilo jen několik výrobních hal pro koncern Auto Union.

Konec války zastihl podzemí v různém stádiu stavebních úprav. Od dokončených výrobních hal až po chodby, kde probíhaly teprve rozšiřovací hornické práce. Po odvezení veškerého zařízení koncem roku 1945, zde Čížkovické cementárny a vápenky obnovily těžbu vápence. Během dalších 15 let vznikl rozsáhlý komplex chodeb navazujících na důl Richard I. Používaný způsob těžby byl však mnohem dražší než v otevřeném lomu a těžba byla ukončena. Od roku 1964 se upravená část dolu začala využívat pro ukládání radioaktivních odpadů.

Institucionální odpady, které vznikají ve zdravotnictví, průmyslu, zemědělství či výzkumu, jsou od roku 1964 ukládány v úložišti radioaktivních odpadů Richard. Odpady, které mají příliš vysokou aktivitu, než aby mohly být trvale uloženy v úložišti, tzn., že překračují stanovený limit obsahu radionuklidů, jsou do doby, než je bude možné uložit v hlubinném úložišti, přijímány ke skladování do úložiště Richard.

V letech 2005 až 2007 se na úložišti Richard realizoval jeden z projektů EC Phare, jehož cílem bylo ověření způsobu konečného uzavření ukládacích komor s radioaktivními odpady. Pro tento účel byly vybrány odpady z let 1965 až 1985, které byly přemístěny do upravených prostor. V rámci projektu bylo upraveno a přemístěno 15 000 jednotek tzv. „historických odpadů“ a zabetonováno. Každý sud byl vyjmut ze svého uložení, zkontrolován, dle potřeby opatřen novým obalem, umístěn do nově připravené komory a tam zalit do betonové výplně, která zajistí bezpečnou izolaci odpadů. Tento projekt byl financován zhruba 1 milionem EUR z Evropské unie, příspěvek ČR byl cca 450 tisíc EUR. Takto uzavřené komory a použité technologie slouží i k demonstraci a ověřování možnosti bezpečného uzavření úložiště.



Obrázek 76. Chodba Úložiště radioaktivních odpadů Richard – Litoměřice. [Zdroj: O-76]



Obrázek 77. Uložené sudy v Úložišti radioaktivních odpadů Richard. [Zdroj: O-77]

Je zde uloženo přes 25 000 obalových souborů s aktuální aktivitou limitovaných radionuklidů na úrovni $6 \cdot 10^{14}$ Bq. Celkový objem využívaných prostor přesahuje 17 000 m³, kapacita pro ukládání odpadu je zhruba poloviční, zbytek prostoru tvoří chodby nezbytné pro obsluhu a manipulaci s odpady. Předpokládáme-li vyplnění zbývajících prostor úložiště současnou „rychlostí“ v rozmezí 100 až 200 sudů ročně, můžeme odhadnout dobu provozu úložiště do roku 2070. Na této rychlosti je logicky závislý i definitivní termín uzavření úložiště Richard. Areál úložiště zabírá plochu 16 ha. Součástí areálu je provozní budova, informační středisko, laboratoř a akreditovaná zkušebna obalových souborů a radioaktivních látek. Obalové soubory se využívají k přepravě a ukládání radioaktivních látek a také radioaktivních odpadů.

Zkušebna obalových souborů Litoměřice provádí zkoušky obalových souborů pro radioaktivní zásilky typu IP-2, IP-3, A a B a zkoušky radioaktivních látek zvláštní formy, tak jak jsou požadovány pro přepravu nebezpečných látek. Zkušebna provádí zkoušky požadované atomovým zákonem a „Vyhláškou SÚJB č. 377/2016 Sb., o požadavcích na bezpečné nakládání s radioaktivním odpadem a o vyřazování z provozu jaderného zařízení nebo pracoviště III. nebo IV. kategorie“ a to např. zkoušku postřikem vodou, zkoušky volným pádem, zkoušku tlakem, zkoušku průrazem, pádovou zkoušku a pád na tyč, zkoušku drcením, tepelnou zkoušku a zkoušku ponořením.

Úložiště Bratrství v Jáchymově

Úložiště Bratrství v Jáchymově je vybudováno v části opuštěných podzemních prostor bývalého uranového dolu Bratrství. Samotné úložiště tvoří jen nepatrnou část důlního pole Bratrství, které má rozlohu 9,8 km² s více než 80 km štol a překopů. Úložiště je situováno v prostorech okolo bývalé Těžní štoly, kterou byl vyvážen v 50. letech materiál ze slepé jámy „Zdař Bůh“ a okolních dobývek. V roce 1974 byla tato štola s přílehlými komorami adaptována na úložiště radioaktivních odpadů. K ukládání byla upravena Těžní štola a přílehlé komory s tím, že Těžní štola o délce 385 m je obslužnou komunikací. Stěny a stropy komor byly k ukládání radioaktivních odpadů také technicky upraveny. Části chodeb a stropu ve štole jsou zajištěny betonem zakončeným ve stropní části ocelovými nosníky. Podlahy s drenážním systémem a s centrální retenční jámkou jsou taktéž vybetonovány.

Současný systém větrání úložiště je umělý, s osazeným ventilátorem v ústí přístupové štoly. Umělé větrání je v provozu pouze v případě přítomnosti pracovníků v úložišti. Jinak proudí větry přirozeným tahem, v závislosti na ročním období buď směrem ven z dolu (výdušná v letním období) nebo směrem do dolu (vtažná v zimním období).

V úložišti se postupně zaplňují jednotlivé prostory. Ukládání se provádí tak, aby nebyly omezeny přístupy k dalším štolám a technologickým zařízením. Obalové jednotky se do úložných prostor ukládají ve vrstvách. Do tohoto úložiště jsou přijímány pouze odpady, které obsahují přirozené radionuklidy.



Obrázek 78. Pohled do ukládací komory v Úložišti radioaktivních odpadů Bratrství – Jáchymov.

[Zdroj: O-78]

Celkový objem prostoru pro ukládání je asi 1 200 m³. V současné době je zde uloženo více než 2 100 obalových souborů s aktuální aktivitou v úrovni 1,8 TBq. V roce 2008 bylo úložiště Bratrství kapacitně využito z více než 80 %. Definitivní termín i způsob uzavření úložiště je závislý na objemu v budoucnu ukládaných radioaktivních odpadů. V současné době se již pracuje na výzkumných projektech, které se tímto úkolem zabývají.

Úložiště Dukovany

Úložiště Dukovany bylo vybudováno pro zneškodnění radioaktivních odpadů, které vznikají v jaderné energetice a patří do kategorie nízkoaktivních a středněaktivních odpadů. Je to největší moderní úložiště radioaktivních odpadů v České republice a svou konstrukcí i bezpečností odpovídá úložištím v západoevropských zemích. Přijetím atomového zákona (*Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření* – v současné době platí nový *Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon*) převzal zodpovědnost za bezpečné ukládání radioaktivních odpadů stát. V souladu s tímto zákonem je od 1. ledna 2000 úložiště Dukovany ve vlastnictví státu a jeho provoz zajišťuje Správa úložišť radioaktivních odpadů.

Úložiště leží v prostoru jaderné elektrárny Dukovany na katastrálním území obce Rouchovany v okrese Třebíč a zabírá plochu 1,3 ha. Výstavbu úložiště Dukovany zahájila elektrárenská společnost ČEZ, a. s., (tehdejší České energetické závody, s. p.), již v roce 1987. V trvalém provozu je úložiště od roku 1995. Jsou zde ukládány především sudy s provozními odpady z dukovanské i temelínské jaderné elektrárny. Celkový objem úložných prostor 55 000 m³ (zhruba 180 000 sudů) je dostatečný k uložení všech provozních odpadů z obou elektráren, a to i v případě prodloužení jejich plánované životnosti na 40 let.

Vysokoaktivní odpady z energetiky, průmyslu a zdravotnictví se v dukovanském úložišti v žádném případě ukládat nebudou. Rovněž vyhořelé jaderné palivo, o němž se v souvislosti s jadernou energetikou hodně diskutuje, v tomto úložišti určitě neskončí.



Obrázek 79. Jímka se sudy v Úložišti radioaktivních odpadů JE Dukovany. [Zdroj: O-79]

V jaderné elektrárně vznikají dva typy nízkoaktivních odpadů – pevné odpady (například kontaminované ochranné pomůcky, čisticí textilie, balicí materiály, papír, fólie, elektroinstalační materiál, stavební suť a podobně) a odpadní vody.

Kontaminované odpadní vody procházejí několikastupňovou úpravou. Ta spočívá především v odpaření, které vede k zahuštění. Takto vzniklý koncentrát je následně bitumenován. Bitumenace je proces, během něhož se z koncentráту odpadních vod odpaří zbylá voda na bitumenovém (asfaltovém) filmu. Vznikne tak směs radioaktivních látek s bitumenem, v níž obsah pevných látek tvoří asi 30 až 40 hmotnostních procent. Tato směs se ukládá přímo do pozinkovaných dvousetlitrových sudů a poté, co ztuhne, jsou sudy uzavřeny. Ke kapalným odpadům se řadí i kaly a ionexy. Tyto odpady jsou zpracovávány speciálními technologiemi. Pevné radioaktivní odpady jsou tříděny a následně upravovány podle jejich vlastností. Stavební suť a elektroinstalační materiály jsou shromažďo-

vány do 200 litrových sudů, balicí materiály jsou lisovány.

Úložiště Dukovany je tvořeno 112 železobetonovými jímkami uspořádanými do čtyř řad po 28 jímkách. Velikost jímky je 5,3 x 5,4 x 17,3 m, což znamená, že při optimálním využití prostoru jímky se do ní vejde cca 1600 sudů o objemu 200 l. Po jeřábové dráze umístěné na horních hranách jímek pojíždí portálový jeřáb, obsluhovaný z kabiny stíněné proti účinkům radioaktivního záření. Ten umožňuje manipulovat se sudy určenými k uložení i s betonovými panely, jimiž jsou jímky uzavírány.

Poté, co SÚRaO sudy s odpadem převzme, jsou vyskládány na pojízdnou rampu, odkud je jeřáb odveze nad ukládací jímku a uloží na určené místo v ní. Při ukládání je zaznamenána poloha každého sudu. Díky tomu je možné přesně monitorovat, na kterém místě v úložišti se konkrétní sud s odpadem nachází a jak jsou radioaktivní látky v úložišti rozloženy. Když je jímka sudy zcela zaplněna, zalijí se volné prostory mezi sudy betonovou směsí a jímka se překryje silnostěnným polyetylenem, který brání tomu, aby se do ní dostala srážková voda.



Obrázek 80. Betonážní jímka se sudy v úložišti JE Dukovany. [Zdroj: O-80]

Po zaplnění úložiště budou jímky zaizolovány shora izolačními a drenážními vrstvami. Poté bude úložiště uzavřeno a střeženo, přičemž bude monitorován jeho vliv na životní prostředí. Doba kontroly úložiště před uvolněním lokality k jiným účelům je asi 300 let, kdy radioaktivita uložených odpadů poklesne natolik, že nebude ohrožovat životní prostředí.

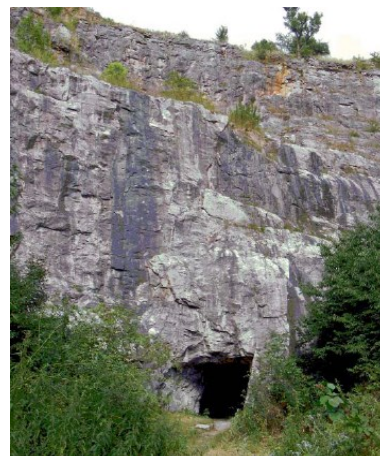
Úložiště radioaktivního odpadu Hostim - Beroun

Úložiště radioaktivního odpadu (dále ÚRaO) Hostim, bylo zřízeno na základě Usnesení vlády ČSR č. 231/1959 a návazných rozhodnutí ministerstva chemického průmyslu.

V provozu bylo v letech 1959 až 1964. Nyní je toto úložiště uzavřeno a jsou monitorovány jeho vlivy na životní prostředí.

Úložiště Hostim, nachází se v opuštěném vápencovém lomu (Hostim I., zvaným též Alkazar) přibližně 3 km východně od Berouna. Lom leží v údolí Berounky nad ústím potoka Loděnice (Kačák), a je zahlouben do skalního ostrohu s pravěkým hradištěm Kozel u Hostimi. Celé území je součástí Chráněné krajinné oblasti Český kras. Těžba vápence v lomu Alkazar probíhala v 1. polovině 20. století. Vápenec z lomů Hostim I a II byl dopravován do Berouna po úzkokolejné dráze, jejíž zbytky se dochovaly podél cesty do Berouna dodnes.

Předmětem těžby byly vysokoprocentní vápence koněpruské a slivenecké, užívané hlavně pro hutnické účely. Systém podzemních prostor, ve kterých je ÚRaO Hostim umístěno, pochází z konce 2. světové války. Provoz úložiště Hostim, byl ukončen 9. 8. 1965. Stalo se tak v souladu s tehdy platnými předpisy a další péči o bezpečnost úložiště převzal stát. Úložiště je uzavřeno od roku 1997. SÚRaO toto úložiště v pravidelných intervalech monitoruje.



Obrázek 81. Uzavřená přístupová cesta k úložišti Hostim – Beroun. [Zdroj: O-81]



Obrázek 82. Skalní útvar lomu Alkazar. [Zdroj: O-82]

ÚRaO Hostim, byl vybudován v roce 1959 ve vápencovém lomu Alkazar u vesnice Hostim adaptací dvou štol vyražených v letech 1942 až 1944. Celkový objem obou chodeb byl cca 1690 m³. V úložišti jsou uloženy nízko a středněaktivní odpady. Provoz byl ukončen v roce 1965. V letech 1991 až 1994 byla

provedena inventarizace uložených odpadů, radiační a báňský průzkum uvnitř obou štol, bylo ověřeno, že zářiče a obaly obsahující odpady s vyšší aktivitou byly v roce 1964 převezeny ze štoly B do úložiště Richard. Z kontrol vyplynulo, že rizika spojená s přepracováním a přepravou odpadů do jiné lokality by byla podstatně vyšší, než rizika spojená s existencí úložiště. A proto bylo rozhodnuto jeho vyplnění betonovou směsí a úložiště uzavřít. Dominantními nuklidy odpadů v úložišti jsou radionuklidy tritium ³H a uhlík ¹⁴C. V průběhu času (asi od roku 2030) bude díky radioaktivní přeměně převládat radionuklid ¹⁴C.

5.9.3.3 Koncept hlubinného úložiště v ČR

Obě české jaderné elektrárny Dukovany a Temelín vyprodukují během své 40leté projektované životnosti dohromady asi 4 tisíce tun vyhořelého paliva. Jen pro srovnání, každý Čech vyprodukuje zhruba 400 kg komunálních odpadů ročně, což celorepublikově činí více než 4 miliony tun. Pokud budou postaveny plánované dva nové bloky v elektrárně Temelín a jeden v elektrárně Dukovany, pak se množství odpadů k uložení zvýší na 9 tisíc tun vyhořelého jaderného paliva a 5 tisíc m³ vysokoaktivních odpadů. Pro představu – toto množství vyhořelého jaderného paliva naplní zhruba 6 tisíc ukládacích kontejnerů a 3 tisíce betonkontejnerů.

Vyhořelé jaderné palivo je v současné době bezpečně skladováno v tzv. meziskladech (mezisklad vyhořelého jaderného paliva v elektrárně Dukovany funguje od roku 1995, v roce 2010 byl uveden do provozu nový mezisklad v areálu elektrárny Temelín).

Vzhledem k tomu, že vyhořelé palivo obsahuje prvky schopné uvolnit ještě značné množství energie, může se v budoucnu stát cennou surovinou. Budoucí využití vyhořelého jaderného paliva, pokud k němu skutečně dojde, ovšem neznamená, že odpadne potřeba vybudovat hlubinné úložiště. Pravděpodobně dojde ke snížení objemu budoucích odpadů nebo snížení jejich rizikovosti, takže využití plánovaného úložiště bude efektivnější. V každém případě i v budoucnu bude jistá míra vyhořelého paliva a jiných vysokoaktivních odpadů vznikat a bude zapotřebí je finálně zabezpečit.

Hlubinné úložiště pro vysokoaktivní odpady a vyhořelé jaderné palivo se bude skládat ze tří částí:

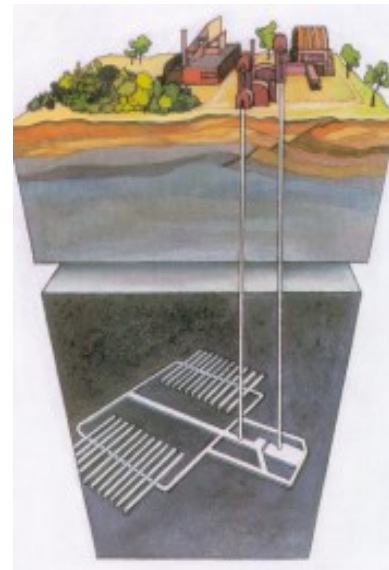
- podzemních prostorů pro ukládání a manipulaci s kontejnery s vyhořelým jaderným palivem a vysokoaktivními odpady,
- přístupových šachet a tunelů,
- nadzemního – povrchového areálu.

Ukládací komory budou vybudovány v hloubce zhruba 500 m (dle charakteristiky horninového podloží) ve stabilní geologické formaci a odpad bude umístěn ve speciálních kontejnerech s dlouhodobou životností. Podzemní chodby se mohou podle množství ukládaného odpadu rozprostírat na ploše několika km² v závislosti na koncepci řešení úložiště (např. jednopatrové nebo vícepatrové, horizontální či vertikální ukládání kontejnerů). Podzemní prostory a v nich probíhající ukládací činnost však nikterak neovlivní ani neomezí dění na povrchu.

Ukládací prostory budou s povrchovým areálem propojeny svislými přístupovými šachtami a tunelem ve tvaru šroubovice. Nadzemní areál úložiště bude zajišťovat nezbytné technické zázemí a jeho rozloha může být jen několik hektarů. Bude zahrnovat provozy a zařízení zabezpečující dodávky elektřiny, větrání úložiště, dílny pro servis důlních zařízení, správní budovy, sociální zázemí, sklady a také informační středisko. Způsob výstavby celého úložiště musí zohledňovat jak hlediska ochrany přírody a krajiny v dané lokalitě, tak oprávněné požadavky obcí. Pro zajištění dlouhodobé bezpečnosti hlubinného úložiště je klíčová role ukládacího kontejneru. Musí vyhovět řadě požadavků, mj. na dlouhodobou těsnost, odolnost vůči chemickému prostředí v úložišti či na odolnost vůči okolnímu tlaku.

Celkové náklady na přípravu hlubinného úložiště včetně výstavby byly v tzv. referenčním projektu vyčísleny na 47 mld. Kč v cenách z roku 1999. Z větší části se tyto náklady vztahují především k průzkumu vhodných lokalit a výzkumu horninového prostředí na vybrané lokalitě. Peníze na výstavbu hlubinného úložiště se postupně ukládají na zvláštním účtu spravovaném Ministerstvem financí ČR, kam každý rok přichází miliony korun od provozovatele jaderných elektráren Skupiny ČEZ a dalších původců radioaktivních odpadů. V roce 2009 bylo na Jaderném účtu uloženo 13 miliard korun a každý rok přibývá částka kolem 1,4 mld. korun.

České koncepční řešení hlubinného úložiště se neliší od obdobných v zahraničí. Představa řešení povrchového areálu je na schématu 3. Takto by areál měl vypadat v době provozu, kdy budou radioaktivní odpady a vyhořelé jaderné palivo současně přijímány, překládány do úložných obalových souborů, transportovány do podzemí a ukládány. Zároveň zde bude probíhat budování dalších úložných prostor v podzemí. Kromě znázorněných objektů obsahuje areál technické zázemí a objekty zajišťující pobyt pracovníků, administrativní budovu, informační služby, komunikace atd. Objekt je situován v neaktivní části areálu, aktivní provoz je soustředěn do vyčleněné části, která je zajištěna samostatnou bezpečnostní ochranou.



*Schéma 2. Hlubinné úložiště.
[Zdroj: S-2]*

Celková **plocha nadzemního areálu** je 29,5 hektarů, z toho část, kde probíhá práce s vyhořelým palivem a vysokoaktivními odpady, zabírá tři hektary. Zbývající rezervní a manipulační plocha bude použita jako staveniště, část bude zabírat železniční vlečka. Z důvodů snazšího ohraničení a jeho uzavření po příjezdu transportního vlaku s vyhořelým palivem je tento areál součástí povrchového areálu, byť se zde nebudou realizovat žádné významné operace.

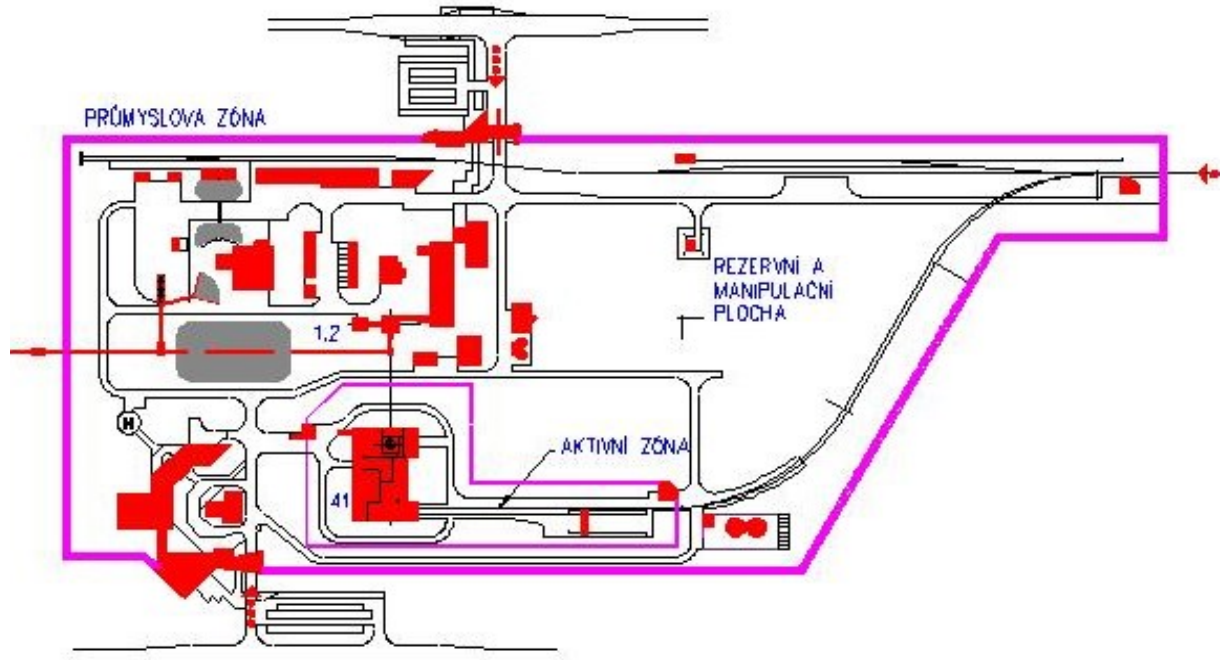
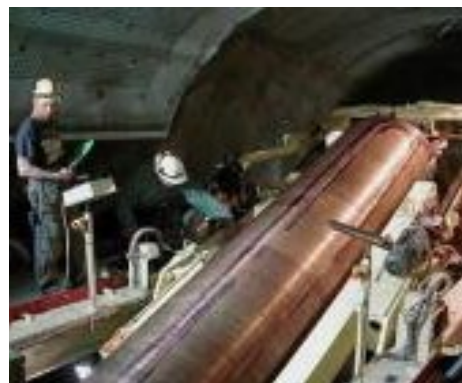


Schéma 3. Povrchový areál hlubinného úložiště. [Zdroj: S-3]

Podzemní část úložiště sestává z přístupových a větracích šachet, tunelů a ukládacích prostor. Největší část podzemních prostor představuje rozsáhlá síť chodeb, v nichž budou ukládána pouzdra (kontejnery) s vyhořelým jaderným palivem. Počítá se jak se svislým umístěním pod ukládací chodbou, tak s bočním vodorovným umístěním dovnitř stěny chodby. Všechny přístupové cesty by měly být postupně utěšňovány tak, aby podzemní prostory s uloženými odpady nemohly komunikovat s biosférou. Pro úložiště je navrhováno několik bariér, které se vzájemně podporují a doplňují. Bezpečnost úložiště musí být i v případě, kdy by jedna z bariér ztratila svou izolační schopnost. Kontejnery s vyhořelým palivem nebo s vysokoaktivními odpady jsou obklopeny tlumicími materiály (bentonitem) a umístěny v hloubce okolo 500 metrů do míst vyhloubených v hostitelské hornině.

Umístování pouzder Švédové zkusili nejprve v podzemní laboratoři Äspö (viz obrázek 83). Tlumicí materiál by měl udržovat kontejner na místě (v úložné jímce) a zabraňovat postupu koroze kontejneru. Po skončení životnosti kontejneru, kdy může dojít k jeho poškození, bude tlumicí materiál omezovat transport radionuklidů z úložiště na povrch země. To platí obzvláště pro prvky s vysokou radioaktivitou a dlouhými poločasy rozpadu, jako jsou americium anebo plutonium.



Obrázek 83. Umístování pouzder v Aspö. [Zdroj: O-83]

Také hornina přispívá k izolaci tím, že skýtá stabilní chemické a mechanické prostředí jak pro kontejner, tak tlumicí materiál. Chemické podmínky v hostitelské hornině mohou ovlivňovat budoucí transport radionuklidů jak směrem k jeho urychlení, tak i zpomalení, či dokonce zastavení.

Proto je jejich znalost jednou z nejdůležitějších pro prokázání bezpečnosti budoucího úložiště. Cílem je nalézt právě takové prostředí, které transport radionuklidů zpomalí a při tom bude poskytovat záruky dostatečné stability podmínky na tisíce let. Jestliže by izolační funkce úložiště byla nějakým způsobem narušena, nebo by došlo k poškození pouzdra, má úložiště ještě druhotnou, zpomalovací funkci. Tím se rozumí, že pohyb radionuklidu z úložiště do biosféry bude dostatečně dlouhý a pomalý, aby jeho radioaktivita mohla mezitím poklesnout na velmi nízké, již přijatelné hodnoty.

Ke zpomalovací funkci úložiště přispívají všechny bariéry. Dokonce i částečně poškozená pouzdra se mohou účinně podílet na zpomalování tím, že zabrání přístupu vody do pouzdra a úniku radionuklidu z pouzdra ven. Jestliže se palivo dostane do styku s podzemní vodou, začíná pomalý proces rozpouštění, neboť mnoho radionuklidů je málo rozpustných ve vodě. Tím se sníží jejich případný pohyb jak tlumivým materiálem, tak puklinovým systémem v hornině. Jílový tlumivý materiál má mít schopnost většinu radionuklidů zadržovat zachycováním na povrchu jílových částic. Hornina bude přispívat k zpomalování tím, že se radionuklidy budou zachycovat k povrchům puklin anebo budou pronikat do mikropórů mezi jednotlivými minerály. K ověření těchto procesů proběhlo ve světě v podzemních laboratořích mnoho výzkumů. I v rámci českého hlubinného úložiště musí být tyto výzkumy provedeny.

Výběr vhodné lokality je jedním ze základních cílů vývoje hlubinného úložiště. Je třeba, aby lokalita splňovala nejen požadavky na vlastnosti horniny, zejména na její schopnost izolovat a zachycovat radioaktivní látky případně uniknuvší z úložiště, ale také řadu „negeologických“ požadavků, mezi něž patří střety zájmů, přijatelnost lokality veřejností, technická možnost vybudování povrchového areálu úložiště a dostupnost lokality. Pokud jde o horninové prostředí samotné, je třeba na počátku výběru zvolit takové, které se na území státu vyskytuje běžně a jehož geologický vývoj a pozice dovoluje předpokládat, že bude mít požadované vlastnosti, které navíc budou stabilní po nezbytně dlouhou dobu.

Počátkem století skončila první etapa přípravy hlubinného úložiště (tzv. etapa výzkumu), která sestávala ze dvou fází – regionálního mapování a výběru nadějných lokalit. Po ní měla následovat druhá, během níž se měly provádět průzkumné práce na vybraných lokalitách. Práce byly vládním usnesením na 5 let přerušeny a v současnosti jsou znovu zahájeny. Během přerušování probíhaly geologické práce na zkušební lokalitě Melechov, při nichž se ověřovaly některé techniky a postupy, které by se později využily při průzkumu vybraných lokalit. Kromě toho byl počet vybraných lokalit rozšířen o vojenské újezdy Boletice a Hradiště. Znovu zahájení prací tak, aby mohly být v souladu s „*Koncepcí ČR v oblasti nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem*“ vybrány dvě lokality k podrobnému průzkumu, vyžaduje splnění jedné podmínky, kterou je souhlas obcí s průzkumnými pracemi.

Vyhledávání vhodné lokality pro hlubinné úložiště se formálně dělí na dvě etapy: *etapu výzkumu* (hledání potenciálně vhodných území a vlastností horninového prostředí) a *etapu průzkumu* (získávání a ověřování údajů o geologických strukturách a podzemních prostorech před zahájením stavebních prací i v jejich průběhu).

Geologický výzkum je analýza archivních map, leteckých a družicových snímků, drobná geofyzikální měření v terénu, studie proveditelnosti povrchového areálu. Vzhledem k charakteru prací není pro jeho provádění zapotřebí souhlas dotčených obcí).

Základním rámcem pro budoucí výběr lokality hlubinného úložiště je vládou schválená „*Koncepce nakládání s radioaktivním odpadem a vyhořelým jaderným palivem*“ z roku 2002, která ukládá nalezení dvou lokalit (hlavní a záložní) s nejlepšími geologickými podmínkami, v souladu se zachováním předpokládaného rozvoje zájmové oblasti. Druhý významný dokument schválený vládou v roce 2008 – „*Politika územního rozvoje ČR*“ – ukládá provedení výběru dvou nejvhodnějších lokalit pro realizaci úložiště do roku 2015, a to za účasti obcí.

Základní principy postavení obcí při výběru lokality:

- průzkum i případná výstavba hlubinného úložiště musí znamenat pro obce přínos,
- obce se dobrovolně účastní výběru vhodné lokality,
- obce musí mít dostatek nástrojů i pravomocí účinně hájit své zájmy,
- proces musí být transparentní a demokratický,
- území s vhodnými vlastnostmi pro vybudování hlubinného úložiště.

Tabulka 36. Zvažované lokality pro výstavbu hlubinného úložiště v ČR. [Zdroj: T-36]

Název lokality	Popis lokality	Počet obyvatel v lokalitě
Kraví hora	Lokalita se nachází na území obcí Bukov, Věžná, Střítež, Moravecké Pavlovice, Drahonín, Olší a Sejrku spadající pod kraj Vysočina a Jihomoravský kraj.	1 121
Čihadlo	Lokalita se nachází na území města Deštná a obcí Světce, Lodhého a Pluhův Žďár v Jihočeském kraji.	2 128
Březový potok	Lokalita se nachází na území obcí Pačejov, Kvášňovice, Olšany, Maňovice, Chanovice a Velký Bor v Plzeňském kraji.	2 507
Hrádek	Lokalita se nachází na území obcí Rohozná, Dolní Cerekev, Cejle, Hojkov, Milíčov a městyse Nový Rychnov v Kraji Vysočina.	3 602
Magdaléna	Lokalita se nachází na území obcí Jistebnice, Nadějkov a Božetice v Jihočeském kraji.	3 132
Čertovka	Lokalita se nachází na území obcí Blatno, Lubenec v Ústeckém kraji a na území obcí Tis u Blatna a Žihle v Plzeňském kraji.	3 482
Horka	Lokalita se nachází na území obcí Hodov, Rohy, Oslavička, Budišov, Nárámeč, Vlčatín, Osové, Rudíkov a Oslavice v Kraji Vysočina.	3 602

Na základě provedených geologických výzkumů jsou na jednotlivých lokalitách vymezována budoucí průzkumná území s potenciálně vhodnými vlastnostmi pro vybudování hlubinného úložiště a uvnitř těchto území jsou vymezeny plochy povrchového areálu (v některých případech ve variantách), kde byly zjištěny vhodné podmínky k napojení veškeré nutné technické infrastruktury pro potenciální hlubinné úložiště.

Geologický průzkum má tři podfáze: *vyhledávací, průzkumnou a podrobně průzkumnou*. Vyhledávání vhodné lokality pro hlubinné úložiště bylo zahájeno v podstatě nedlouho po spuštění prvních jaderných energetických bloků tj. v osmdesátých letech minulého století. V devadesátých letech pak byly zpracovány první studie hodnotící potenciál horninového prostředí v ČR. Geologický průzkum na lokalitách je naplánován následovně – po nalezení vhodné lokality bude třeba vymezit v hloubce cca 500 m pod povrchem prostor pro budoucí úložiště (rozloha 3 až 5 km²).

Průzkumné práce budou prováděny v síti 100 x 100 m v časovém rozsahu 3 měsíců a budou sestávat z odběru vzorků do hloubky 1 až 2 m, případně do 3 až 5 m. Geofyzikální průzkum bude prováděn pouze měřeními z povrchu terénu. Výsledkem by mělo být navržení míst pro vrty do hloubky cca 500 m a pro jeden vrt do hloubky 1000 m. Tyto vrtné práce by se měly uskutečnit během pár měsíců se souhlasem majitelů pozemků.

Mezi předpoklady řešení patří zejména:

- umístění v hypotetické lokalitě s hloubkou uložení okolo 500 m,
- hostitelské prostředí jsou žulové horniny se střední teplotou 10 °C a předpokládaným tlakem na ukládací obalový soubor 20 MPa,
- pro dopravu obalových souborů do místa skladování byla uvažována železniční a jako alternativní silniční doprava,
- předpokládá se uložení obalového souboru s teplotou povrchu cca 100 °C a jeho utěsnění ve vývrtní pomoci bentonitu.

Tabulka 37. Koncept hlubinného úložiště v ČR. [Zdroj: T-37]

Období	Činnost – postup prací
Geologický výzkum	1990-1993 Český geologický ústav na základě několika geologických kritérií navrhuje 27 širších lokalit doporučených k dalšímu výzkumu.
	1990-1998 Ústav jaderného výzkumu Řež vybírá 13 nejperspektivnějších oblastí a provádí shromáždění a analýzu archivovaných geologických informací. Na základě této analýzy se výběr zužuje na 5 oblastí, v nichž je vytipováno 8 lokalit.
	2002-2003 SÚRAO navazuje na předchozí práce a doplňuje je o regionální výzkum dle doporučení Mezinárodní agentury pro atomovou energii; na základě nových kritérií bylo doporučeno 11 lokalit.
	2003-2005 SÚRAO uzavírá úvodní regionální etapu výzkumů výběrem 6 relativně nejvhodnějších lokalit, jež doporučuje do druhé etapy výzkumu s využitím leteckého geofyzikálního průzkumu a družicových snímků. Byly vymezeny oblasti potenciálně homogenního horninového prostředí a navrženy polygony budoucích průzkumných území na každé z lokalit. Byly rovněž zpracovány studie proveditelnosti umístění povrchového areálu budoucího hlubinného úložiště, jeho napojení s podzemím a napojení na technickou a dopravní infrastrukturu.
	2005-2009 Na základě negativních stanovisek dotčených obcí byly další práce v šesti zkoumaných lokalitách rozhodnutím Vlády ČR do konce roku 2009 přerušeny. V roce 2008 je zadán geologický výzkum s cílem vypracovat analýzu archivovaných geologických informací v pěti vojenských újezdech v ČR. Účelem výzkumu je případně rozšířit seznam vhodných lokalit pro geologický průzkum o méně konfliktní území z hlediska postoje veřejnosti.
Geologický průzkum	2010-2015 Vyhledávací fáze geologického průzkumu zahrnuje podrobné geofyzikální a geochemické mapování. Bude vyhotovena podrobná geologická mapa lokality s cílem navrhnout místo pro hluboký vrt (do hloubky 800 až 1 000 m) a především vymežit prostor v hloubce 500 až 600 m relativně homogenního horninového prostředí o ploše cca 3 až 5 km ² pro budoucí vlastní ukládání. Paralelně bude zpracováno technické řešení povrchového areálu, podzemního areálu a jejich propojení (včetně systému dopravy budoucích odpadů do podzemí a jejich uložení). Vhodnost lokality bude potvrzena realizovatelným technickým řešením a předběžným bezpečnostním hodnocením. Výsledkem vyhledávací fáze tak bude návrh na budoucí hlavní lokalitu pro HÚ a lokalitu záložní.
	2015-2025 Ve fázi průzkumu bude charakter a vhodnost vybrané hlavní lokality potvrzena na základě podrobných vrtných prací, výzkumů hornin a dalších probíhajících výzkumných prací. Záložní lokalita bude zkoumána pouze v případě, že hlavní lokalita z nějakých důvodů nebude splňovat původní předpoklady.
	2025-2050 Práce na finální lokalitě přejdou do fáze podrobného průzkumu důlními díly a k výstavbě podzemní laboratoře. Vlastnosti a vhodnost horninového prostředí budou zkoumány přímo na lokalitě v horninovém komplexu. Cílem bude především získat dostatečně věrohodný soubor dat k prokázání bezpečnosti lokality, aby mohlo být zažádáno o povolení k výstavbě hlubinného úložiště.
2050-2065	Výstavba podzemního komplexu i povrchového areálu úložiště, zahájení provozu.

Konečným cílem podle referenčního projektu hlubinného úložiště by měla být výstavba podzemního areálu v ražených kavernách, které by měly být spojeny svislou štolou pro dopravu osob a materiálu. Předpokladem jsou příznivé terénní a geologické podmínky, potvrzené předběžnými bezpečnostními rozbory.

5.9.4 Radiační nehody a radiační havárie

Používání zdrojů ionizujícího záření (dále v textu ZIZ) v odvětvích medicíny, průmyslu, zemědělství a výzkumu stále roste a je zákonitě spojeno s možností vzniku nehod a havárií. Je však málo oblastí lidské činnosti, kde byla zároveň s rozvojem aplikací věnována taková pozornost zajištění jejich bezpečnosti z hlediska ochrany zdraví, jako je používání ZIZ.

Přesto však nelze absolutně vyloučit, že k neplánovanému ozáření lidí dojde. Likvidace radiačních nehod a havárií vyžaduje velmi rychlé operativní rozhodování vedoucí k realizaci opatření na ochranu zdraví pracovníků a obyvatel a opatření na ochranu majetku. Neplánované ozáření či rozptyl radioaktivních látek je mimořádnou situací, vznikající překvapivými a nepředpokládanými mechanismy a končící velmi různorodými následky. Základní rozdělení mimořádných situací je rozdělení na radiační nehody a radiační havárie.

Radiační nehodou rozumíme událost, která má za následek nepřipustné uvolnění radioaktivních látek nebo ionizujícího záření nebo nepřipustné ozáření osob.

Jako *radiační havárii* označujeme potom radiační nehodu, která vyžaduje opatření na ochranu obyvatelstva a životního prostředí. Důsledky radiačních nehod se zpravidla omezují na prostory pracoviště se zdroji ionizujícího záření, radiační havárie pak ovlivňují i jeho okolí zejména únikem radioaktivních látek do životního prostředí.

Na pracovištích se ZIZ mohou vyskytovat jak zdroje způsobující vysoké dávkové příkony, tak při porušení těsnosti systému bariér mohou být uvolněny do životního prostředí vysoké objemové aktivity vedoucí k významným příjmům radioaktivních látek. Ztráta kontroly nad zdrojem může tedy vést nejčastěji k ozáření jednoho nebo několika málo pracovníků, kteří tak mohou být ohroženi akutním lokálním nebo celotělovým poškozením.

Nápravná opatření při radiačních nehodách jsou zaměřena na vyloučení výskytu deterministických poškození u pracovníků. V takové míře bývají jednotlivci z obyvatelstva ohroženi jen v ojedinělých případech, kdy je silný ZIZ ztracen nebo zcizen a dostane se do veřejně přístupného prostoru, kde je nalezen neinformovanými osobami, které s ním nevhodně zacházejí.

Větší skupiny obyvatelstva mohou být ozářeny, či kontaminace ovzduší, vod, zemského povrchu, potravních řetězců může nastat při radiačních haváriích jaderných zařízení spojených s rozptýlením/únikem radioaktivních látek do životního prostředí. S možností deterministických poškození se v těchto případech mimo areál havarovaného zařízení setkáváme jen zcela výjimečně. Ovšem úniky radioaktivních látek zejména do ovzduší představují z hlediska ozáření obyvatelstva riziko (zpravidla je vyšší než pro úniky do hydrosféry) – úniky do ovzduší totiž způsobují vyšší dávky a dostávají se k člověku v kratším čase.

Na rozdíl od regulace ozáření při činnostech, regulace ozáření při zásazích není založena na limitech – použití předem určených limitů jako východiska pro rozhodování o zásazích by mohlo vést k opatřením neúměrným z hlediska jejich přínosu, tedy v rozporu s principem zdůvodnění – nýbrž byly mezinárodně přijaté zásahové úrovně, které převzalo i naše právo:

- „Předpis č. 21/2017 Sb.“ – *Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost o zajišťování jaderné bezpečnosti jaderného zařízení.*
- „Předpis č. 422/2016 Sb.“ – *Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje.*
- „Předpis č. 409/2016 Sb.“ – *Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost o činnostech zvláště důležitých z hlediska jaderné bezpečnosti a radiační ochrany, zvláštní odborné způsobilosti a přípravě osoby zajišťující radiační ochranu registranta.*

Optimalizace zásahu je však vždy omezena nutností zabránit jakýmkoli prostředky vzniku deterministických účinků.

Základní principy havarijního plánování a odezvy jsou shodné pro všechny typy nehod a havárií. Lišit se bude volba jednotlivých opatření a časový sled jejich provádění. Volba ochranných opatření závisí na povaze nehody nebo havárie, délce jejího trvání a zasažené oblasti. Kromě málo pravděpodobných radiačních havárií elektráren, jsou časté radiační nehody, příp. havárie se zdroji ionizujícího záření během jejich výroby, přepravy nebo použití, či nesprávného zacházení, ztráty nebo odcizení, poškození zdroje nebo jeho stínění, apod. Držitelům povolení k provádění radiační činnosti stanovuje požadavky na obsah vnitřního havarijního plánu, na obsah havarijního řádu pro přepravu a dopravu jaderných materiálů a určených radioaktivních látek, pro které se vyžaduje povolení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost a rozsah a způsob jejího provedení – „Předpis č. 359/2016 Sb.“ – *Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost o podrobnostech k zajištění zvládnutí radiační mimořádné události.*

Následky radiační nehody či havárie se mohou velmi lišit v závislosti na typu a povaze události, celkovém množství a složení směsi uniklých radionuklidů a jejich vlastnostech charakteru prostředí, do kterého jsou radionuklidy uvolňovány, mechanismu šíření radionuklidů. *Exposičními cestami* jsou pak zevní ozáření z poškozeného zařízení nebo zdroje mimo kontrolu, zevní ozáření z mraku uvolněného radioaktivního materiálu, inhalace radioaktivních látek z mraku, zevní ozáření z depozitu radioaktivních látek na povrchu terénu, kontaminace povrchu těla a oděvu, požití potravy a vody kontaminované radioaktivními látkami.

Pro jaderné elektrárny musí **vnitřní i vnější havarijní plán** vycházet z konkrétního typu zařízení a potenciálu pro únik různých radionuklidů. Důsledky na okolí vypočítané pro řadu předpokládaných havarijních sekvencí pak tvoří další zdroj pro tvorbu vnějších havarijních plánů. Pro havarijní plánování rozlišujeme dvě základní oblasti – *areál pracoviště* se zdroji ionizujícího záření a jeho *okolí*. V okolí elektrárny je zpravidla na základě bezpečnostních analýz stanovena **zóna havarijního plánování** (ZHP). ZHP se dělí na zónu automatického přijetí neodkladných ochranných opatření po varování (ZPO), zónu, kde se plánují neodkladná ochranná opatření (ZNO) a zónu, kde se plánují následná / dlouhodobá ochranná opatření (ZDO), viz schéma 4.

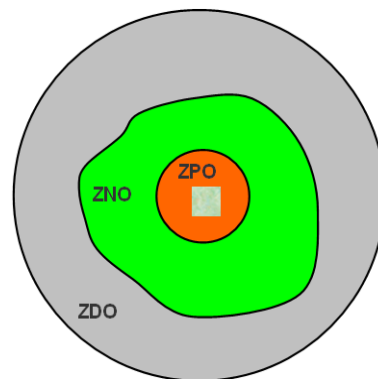


Schéma 4. Zóna havarijního plánování. [Zdroj: S-4]

Provozovatel pracoviště se zdroji ionizujícího záření zodpovídá za plánování a případné zavedení neodkladných opatření zmírňující dopady havárie – ochranu lidí v areálu pracoviště, vyrozumění příslušných úřadů a poskytnutí všech potřebných informací, doporučení a technické pomoci, varování obyvatelstva v okolí pracoviště.

V okolí JE zodpovídá za ochranu obyvatelstva místní státní správa a územní samospráva, na celostátní úrovni pak vláda. Do zodpovědnosti ústředních orgánů a vlády patří zejména organizace následných opatření, která nevyžadují okamžitou implementaci a přesahují svým rozsahem kompetence či možnosti nižších územních správních celků.

Z hlediska časového průběhu radiační havárie se rozlišují v zásadě předúniková a úniková (časná) fáze a fáze podniková (dlouhodobá, následná).

Jestliže v **časné fázi havárie** je většina dostupných informací o možném radionuklidovém složení úniku a jeho velikosti (zdrojový člen) a o pravděpodobném vývoji havárie, jejich následcích zatížena značnou nejistotou a informace jsou založeny prakticky na hodnocení stavu technologie v daném zařízení, rozhodování o ochranných opatřeních bude tedy vycházet ze stavu zařízení a předpovědi jeho změn, na dostupné informaci o radiační situaci v areálu a na meteorologických datech.

Budou známy výsledky monitorování ve ventilačním komíně, v prostorách elektrárny, z teledozimetrického systému a postupně i z okolí JE (měření mobilních skupin, letecké skupiny atd.). V časně fázi lze očekávat vyšší dávkové příkony (ze zevního ozáření a v důsledku vnitřní kontaminace – inhalace a od depozice na zemském povrchu) než ve fázi podnikové.

V **podnikové fázi** lze očekávat již úplný přehled o radiační situaci v dotčených oblastech – dominantní část pokračujícího ozáření je způsobena zevním ozářením z depozitu a vnitřní kontaminací po požití radionuklidů v potravinách. Rozhodnutí o povaze a rozsahu ochranných opatření budou založena na výsledcích monitorování životního prostředí a obsahu radionuklidů v potravních řetězcích. Podobně jako jiné státy i Česká republika provozuje jako jeden z prostředků reakce na radiační havárii – Celostátní radiační monitorovací síť (CRMS), která je řízena Státním úřadem pro jadernou bezpečnost (SUJB) ve spolupráci se Státním ústavem radiační ochrany (SURO).

Monitorování provádí tyto subsystémy – síť včasného zjištění (SVZ), která sestává z cca 60 měřících bodů s automatizovaným přenosem naměřených hodnot, teritoriální a lokální sítě (v okolí obou jaderných elektráren) termoluminiscenčních dozimetrů, síť měřících míst kontaminace ovzduší a laboratoří (vybavených pro gamaspektrometrické případně radiochemické analýzy obsahu radionuklidů ve vzorcích životního prostředí a potravních řetězců), připraveny a cvičeny jsou mobilní pozemní a letecké skupiny. Požadavky na funkci a organizaci celostátní radiační monitorovací sítě způsob přenosu dat stanovuje „*Předpis č. 360/2016 Sb.*“ – *Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost o monitorování radiační situace.*

Z ochranných opatření se pro časnou fázi havárie plánují a příp. realizují **neodkladná ochranná opatření**, jakými jsou *vyrozumění odpovědných institucí, varování obyvatelstva, ukrytí, evakuace, jódová profylaxe, omezení pobytu osob, dekontaminace osob a poskytnutí speciální zdravotní péče ozářeným a kontaminovaným osobám*. V podnikové fázi jsou aplikována **následná a dlouhodobá opatření** jakými jsou *dekontaminace určených kontaminovaných oblastí, budov, zařízení, regulace potravních řetězců, veterinární a zemědělská opatření, příp. i přesídlení osob z nejvíce kontaminovaných oblastí*. Následná opatření se zavádějí až po získání spolehlivých údajů (výsledků monitorování) s ohledem na sociální, psychologické a ekonomické aspekty – společenské a ekonomické ztráty spojené s nepodloženými rozhodnutími mohou být vzhledem k délce trvání následných opatření značné. Je tedy důležité rozhodovat o provedení následných opatření na základě co nejúplnější informace s použitím co nejlepších odhadů dopadů jednotlivých variant.

Při zavádění ochranných opatření jsou vodítkem mezinárodně doporučené a našimi právními normami přijaté zásahové a směrné hodnoty předpokládaných a odvrácených dávek. Tyto hodnoty, jež se vztahují k danému opatření a dané době od úniku radionuklidů stanovuje „*Předpis č. 422/2016 Sb.*“ – *Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje.*

5.9.4.1 Havárie elektrárny Jaslovské Bohunice A-1 (Československo 1976 a 1977)

Elektrárna Jaslovské Bohunice A-1 (označení EBO-A1) byla postavena v letech 1958 až 1972. Jaderný reaktor s označením KS150 byl vyprojektovaný v SSSR a Československu. Nádobu reaktoru a vnitřní komponenty aktivní zóny, kromě palivových elementů, vyrobil závod ŠKODA v Plzni.

Koncepce reaktoru měla ověřit možnost používat jako palivo neobohacený (přírodní) uran. Palivo bylo v reaktoru umístěno v celkem 148 kanálcích, přičemž konstrukce reaktoru umožňovala výměnu paliva za provozu pomocí zavážecího stroje. V reaktoru bylo umístěno 40 regulačních tyčí. Palivové elementy byly vyrobeny z kovového uranu a opatřeny pseudoslitinou hořčíku a beryllia.

Aktivní zóna měla průměr 3,56 metru a výšku 4,0 m. Bylo v ní umístěno 24,6 t přírodního uranu. Celý reaktor byl pak 20,1 m vysoký a měl průměr 5,1 m. Tloušťka stěny byla od 150 do 600 mm. Jako moderátor sloužila těžká voda, které bylo v reaktoru 57,2 t, a reaktor byl chlazen oxidem uhličitým. Chladivo vstupovalo do reaktoru pod tlakem 6,5 MPa a teplotě 112 °C, na výstupu mělo tlak 5,5 MPa a teplotu 426 °C. Reaktorem protékalo 1576 kg.s⁻¹ chladiva.

Projektovaný tepelný výkon jaderné elektrárny byl 560 MW, hrubý elektrický výkon 144 MW, čistý 110 MW (jiné zdroje uvádějí též 104 MW či 127 MW). Pro výrobu elektrické energie sloužily 3 elektrické generátory, každý s výkonem 50 MWe. V Jaslovských Bohunicích jsou v areálu umístěny další 2 jaderné elektrárny označované jako V-1 a V-2.



Obrázek 84. Jaderná elektrárna Jaslovské Bohunice A-1. [Zdroj: O-84]



Obrázek 85. Velín jaderné elektrárny A-1. [Zdroj: O-85]

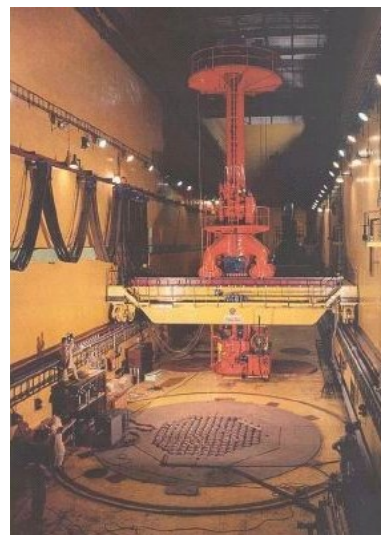
Havárie elektrárny Jaslovské Bohunice A-1 byla nejzávažnější nehodou jaderné elektrárny v bývalém Československu. Dne 22. února 1977 došlo v jaderné elektrárně A-1 k vážné jaderné nehodě. Tato nehoda se odehrála při zavážení čerstvého paliva za provozu reaktoru a byla vyhodnocena stupněm 4 na stupnici INES. V průběhu havárie došlo k poškození jaderného paliva, jeho korozi a úniku CO₂ do prostoru elektrárny.

Havárie

Vzhledem k náročné koncepci elektrárny A-1 a řešení mnoha obtížných problémů docházelo při jejím spouštění a provozu k četným poruchám.

První vážnou událostí byla havárie ze dne 5. ledna 1976. Při výměně palivového souboru došlo k neplnohodnotnému uzamčení těsnicí zátky palivové kazety, která byla po odstýkování zavážecího stroje od reaktoru tlakem chladiva vymrštnuta z reaktoru do prostoru sálu, kde začal unikat CO₂. Později se ukázalo, že vlivem chyby montáže těsnicí zátky v dílně palivových článků v elektrárně nebyl možný úplný pohyb kulišového mechanismu těsnicí zátky a nedošlo k úplnému vysunutí zajišťovacích kamenů v kanále reaktoru.

Na požadavek inženýra řídicího likvidaci havárie, se pracovník transportně technologické části reaktoru Viliam Pačes, jištěný dozimetristou Milanem Antolíkem, s dýchacím přístrojem a v ochranném oděvu vrátil do reaktorového sálu a zavážecím strojem najel zpět na otevřený palivový kanál a uzavřel jej. Protože vystřelený palivový soubor byl čerstvý, nedošlo k významnějšímu úniku radioaktivních produktů štěpení, ani ozáření osob. Uniklý oxid uhličitý (těžší než vzduch) však „zatopil“ spodní prostory reaktorovny, kde se udusili dva pracovníci elektrárny.



Obrázek 86. Reaktorová hala elektrárny A-1. [Zdroj: O-86]

Antolík a Pačes obdrželi v roce 1987 za obětavost od L. Štrougala státní vyznamenání a 1. ledna 2008 i slovenské státní vyznamenání – Kříž Milana Rastislava Štefánika III. třídy – od prezidenta Ivana Gašparoviče.

K problémům elektrárny patřilo i špatné skladování vyhořelého paliva, kdy za jejího provozu docházelo ke korozi skladovaných palivových souborů a trubkovnic parogenerátorů.

K druhé havárii na reaktoru A-1 došlo 22. února 1977, při výměně palivového článku. Při přípravě čerstvého palivového článku si pracovníci dílny palivových článků všimli, že sáček se silikagelem, který se do článků vkládal jako absorbér vlhkosti v době jejich uskladnění, je roztržený a kuličky silikagelu vysypané do palivové kazety. Silikagel povysávali, ale ne všimli si, že část z nich uvázla uvnitř souboru v distančních mřížkách. Po zavezení palivového souboru do reaktoru nemohlo chladicí médium volně proudit a lokální přehřívání způsobilo roztavení palivových proutků a propálení kesonové roury těžkovodní nádoby moderátoru. Tím došlo k průniku moderátoru (těžké vody) do primárního okruhu a v důsledku toho k rychlému nárůstu vlhkosti, které následně vedlo k rychlému poškození pokrytí paliva nacházejícího se v reaktoru. Primární okruh byl silně kontaminován štěpnými produkty, přičemž v důsledku netěsností parogenerátorů byl částečně kontaminován i sekundární okruh. V důsledku této havárie byla jaderná elektrárna A-1 uzavřena a v současné době se provádí její likvidace. Nehoda byla vyhodnocena stupněm 4 na sedmistupňové mezinárodní stupnici INES. Od roku 1979 probíhá postupná likvidace elektrárny EBO A1. Veškeré jaderné palivo bylo na základě mezistátní dohody odvezeno do Ruské federace. V současnosti představují největší riziko nádrže s radioaktivními kalů a pevné radioaktivní odpady.

Většina obyvatel v bývalé ČSSR se o nehodě nedozvěděla, resp. většina obyvatel nemá ani tušení o samotné existenci jaderné elektrárny EBO A1. Skutečný rozsah nehody nebyl zveřejněn a ani v současné době prakticky neexistují veřejně dostupné detailní informace o příčinách, průběhu a důsledcích této havárie.

5.9.4.2 Havárie elektrárny Three Mile Island (USA 1979) – případová studie

Havárie *Three Mile Island* byla havárie jaderné elektrárny ležící na stejnojmenném ostrově v řece Susquehanna u města Harrisburg v Pensylvánii v USA. Došlo k ní 28. března 1979, kdy se částečně roztavil druhý jaderný reaktor. Byla kontaminována provozní budova a došlo k úniku radioaktivity do životního prostředí. Vedla ke zpřísnění regulace jaderné energetiky v USA a ke značnému omezení jejího rozvoje. Negativně ovlivnila i vnímání rizik spojených s jadernou energetikou nejen u americké veřejnosti.



Foto 87. Jaderná elektrárna Three Mile Island.
[Zdroj: F-87]

Popis události:

Hlavní vodní napájecí čerpadla chladicího systému sekundárního okruhu se porouchala kolem čtvrté hodiny ráno 28. března 1979. Tato porucha s mechanickou či elektrickou příčinou způsobila, že generátor páry přestal chladit primární okruh.

- **2 s** – Automaticky se odstavila turbína a regulační tyče byly spuštěny ke snížení výkonu reaktoru.
- **5 s** – Tlak a teplota v primárním okruhu však dále rostla. Otevřel se občas pojišťovací ventil, ale to nestačilo, tlak dále rostl. Reaktor byl odstaven plným spuštěním regulačních tyčí.
- **12 s** – Tlak po odstavení reaktoru začal klesat a pojišťovací ventil, který se měl automaticky zavřít, se nezavřel (malá LOCA havárie).

Kontrolky na řídicím pultu neukazovaly, že zůstal otevřen. Následkem toho klesal tlak v okruhu. K uzavření blokovacího ventilu, což by situaci napravilo, došlo v čase 2 h 22 min. LOCA trvala 2 h 21 min a v prvních 8 minutách byl zhoršen odvod tepla z reaktoru. Docházelo k lokálnímu varu vody v aktivní zóně.

- **2 min** – Zapojil se automaticky vysokotlaký systém havarijního chlazení, aby kompenzoval únik vody z primárního okruhu (zařízení reagovalo správně).

- **4 min** – následkem varu vody došlo ke stoupaní její hladiny v aktivní zóně až k pojišťovacímu ventilu. Operátoři to interpretovali tak, že stoupaní hladiny způsobilo havarijní chlazení, a vypnuli ručně čerpadlo (operátoři předpokládali, že vody je moc, ale ve skutečnosti jí bylo málo).

- **10 min** – z důvodu pokračujícího výtoku vody praskla membrána na barbotážní nádrži. Voda vytékala do prostoru kontejnmentu. Obnovení odvodu tepla z primárního okruhu nastalo až 8 min od havárie. Únik vody dále pokračoval, klesal tlak a pokračoval var vody v aktivní zóně. Var zvedal hladinu a operátorům se zdálo, že je vody dostatek a vše je v pořádku.

- **90 min** – bublinky z primárního okruhu se dostaly až k čerpadlu a po rázech v čerpadle jej bylo nutné odstavit. Chlazení se zhoršilo a voda a pára se separovaly. Důsledkem toho zůstala horní část reaktoru pouze v páře a po přehřátí se horní část aktivní zóny poškodila (kvůli páře nebyla přirozená cirkulace vody již možná).



Foto 88. Pracovníci JE TMI při dezaktivaci v pomocné budově – 1979 jaderná havárie na JE Three Mile Island. [Zdroj: F-88]

- **2 hod** – radioaktivita vody v primárním okruhu i kontejnmentu vzrostla. Informační státní dozor pro jadernou bezpečnost ve Washingtonu vyhlásil na elektrárně radiační poplach.

- **2 h 15 min** – kontejnment nebyl včas izolován od životního prostředí. Byla detekována slabá radioaktivita mimo elektrárnu. Byl vyhlášen radiační poplach i v okolí elektrárny a byl informován guvernér státu Pensylvánie.

- **2 h 22 min** – Operátoři uzavřeli blokovací ventil, skončil výtok vody z primárního okruhu. Voda v primárním okruhu neproudila a chlazení aktivní zóny se stále zhoršovalo.

- **3 h 20 min** – byl obnoven provoz vysokotlakého systému havarijního chlazení. Vstříkovanou vodou byla snížena teplota a k dalšímu ohřevu již nedocházelo. Operátoři i poté provedli několik chybných operací, kdy občas vypouštěli vodu přečerpávacím ventilem a zapínali / vypínali čerpadlo. Řídili se ale jen hladinou vody.

- **4 h 30 min** – Registrovány byly slabé výbuchy v kontejnmentu. Byly způsobeny vodíkem, který se při vypouštění vody z primárního okruhu do kontejnmentu dostal. Kvůli obavám z exploze nařídil guvernér evakuaci blízkého okolí a přípravu všeobecné evakuace.

- **5 hod** – dorazili specialisté ze státního dozoru a převzali řízení provozu. Vysokotlaký systém havarijního chlazení byl uveden do trvalého provozu a začalo postupné odplynění primárního okruhu.

- **12 h** – byl obnoven provoz hlavních cirkulačních čerpadel. Reaktor byl pod kontrolou.

Následky

Z obavy z následků havárie elektrárny rozhodl guvernér státu Pensylvánie o evakuaci asi 3 500 dětí a těhotných žen z okolí elektrárny. Ale v nastalé panice se tisíce lidí rozhodly oblast opustit ve svých autech.

Aby vláda zastavila hromadný útěk obyvatel, přijel 1. dubna 1979 na demonstrativní osobní návštěvu elektrárny americký prezident James Carter a pensylvánský guvernér Richard Thronburgh. Následně byla jmenována komise pro vyšetření havárie. Ta označila za bezprostřední příčinu havárie závadu na bezpečnostním ventilu. Zároveň upozornila na pochybení personálu a jeho nedostatečný výcvik ve zvládání mimořádných situací. Je předpoklad, že do atmosféry uniklo cca 2,5 miliónu curie radioaktivního plynu.

5.9.4.3 Havárie elektrárny v Černobylu (Sovětský svaz, Ukrajina 1986) – případová studie

Černobylská havárie se stala 26. dubna 1986 v jaderné elektrárně na Ukrajině (tehdy část Sovětského svazu). Jde o nejhorší jadernou havárii v historii jaderné energetiky a jednu ze dvou havárií stupně 7, tj. nejvyššího stupně podle mezinárodní stupnice jaderných událostí INES. Srovnatelná je pouze havárie elektrárny Fukušima I v Japonsku v březnu 2011.

Zničení reaktoru

Během riskantního pokusu v Černobylu došlo k přehřátí a následné explozi jednoho z reaktorů. Jádro reaktoru, bezpečnostní systémy a většina konstrukcí nesoucích jádro reaktoru byly zničeny nebo těžce poškozeny. Okolí reaktoru bylo kontaminováno aktivními úlomky jádra a kusy palivových tyčí. Naměřené dávky gama záření byly odstrašující – v reaktoru překročily hodnotu 5 000 R za hodinu, v okolí bloku číslo 4 dosáhlo hodnot 2 000 R za hodinu.

Do vzduchu se uvolnil radioaktivní mrak, který postupoval západní částí Sovětského svazu, Východní Evropou a Skandinávií, do celé severní polokoule. Byly těžce kontaminovány rozsáhlé oblasti Ukrajiny, Běloruska a Ruska, což si vyžádalo evakuaci a přesídlení více než 350 000 lidí. Přibližně 60 % radioaktivního spadu skončilo v Bělorusku. Nehoda zvýšila obavy o bezpečnost sovětského jaderného průmyslu, zpomalila na mnoho let jeho expanzi a zároveň nutila sovětskou vládu přehodnotit míru utajování.

Nástupnické státy po rozpadu Sovětského svazu – Rusko, Ukrajina a Bělorusko dodnes nesou břímě pokračujících nákladů na dekontaminaci a léčení nemocí způsobených havárií. Je obtížné přesně zaznamenat počet úmrtí způsobených událostmi v Černobylu – odhady se pohybují od sto až sto padesáti osob po bezmála milion. Havárie a její dopady jsou stále předmětem zkoumání.

Černobylská elektrárna je umístěna 2 km od města Pripjať, 18 km od města Černobyl, 16 km od hranic s Běloruskem, 110 km severně od Kyjeva. Skládá se ze čtyř reaktorů, každý o výkonu 950 MW elektrické energie (3,2 GW tepelné energie), které v době havárie dohromady produkovaly 10 % ukrajinské elektřiny. Stavba elektrárny začala v 70. letech 20. století, reaktor č. 1 byl dokončen v roce 1977, následován č. 2 (1978), č. 3 (1981) a č. 4 (1983). Reaktory č. 5 a č. 6, každý o kapacitě 950 MW byly v době havárie rozestavěny. Všechny čtyři reaktory byly typu RBMK-1000, tedy chlazené obyčejnou vodou a moderované grafitem. Palivem je obohacený uran na 2 %.

Příčiny havárie

V sobotu 26. dubna 1986 v 1:23:58 místního času se ve čtvrtém reaktoru černobylské elektrárny (známém jako Černobyl-4) odehrála katastrofální exploze, která odtrhla víko reaktoru, vyústila v požár, sérii explozí a roztavení reaktoru.



Foto 89. Čtvrtý reaktor po výbuchu v elektrárně Černobyl. [Zdroj: F-89]

Katastrofa je přisuzována špatné konstrukci reaktoru, jeho kontraintuitivním vlastnostem, nedodržení podmínek, na které byl plánovaný pokus připraven, a obecného nedostatku bezpečnostní kultury. Stejně jako v Three Mile Island byl druhotným faktorem přispívajícím k havárii fakt, že elektrárenští operátoři nebyli dostatečně vyškoleni a obeznámeni s mnoha charakteristikami reaktoru. Jedním z problémů byla špatná komunikace mezi vedoucími bezpečnostními pracovníky a operátory ohledně příkazu vykonat experiment. Navíc kvůli nedostatečnému proškolení operátoři dostatečně nechápali, jak reaktor pracuje pod nízkým stupněm reaktivity.



Foto 90. Zatuhlé vytékající jaderné palivo z reaktoru č. 4 JE Černobyl. [Zdroj: F-90]

V souladu s podmínkami experimentu bylo několik bezpečnostních systémů vyřazeno z provozu. Experiment měl ověřit, jestli bude elektrický generátor (poháněný parní turbínou) po rychlém uzavření přívodu páry do turbíny schopen při setrvačném doběhu ještě zhruba 40 sekund napájet čerpadla havarijního chlazení.

Mnoho technických rysů reaktoru bylo považováno za vojenská tajemství a operátoři o nich neměli ponětí. Reaktor měl především nebezpečně velký kladný dutinový koeficient reaktivity (viz dále). Velmi významnou vadou reaktoru byla také konstrukce jeho regulačních tyčí. Regulační tyče nebyly zcela naplněné – ve chvíli, kdy se zasouvaly, byla

na prvních pár sekund chladicí kapalina nahrazena dutými částmi regulačních tyčí. Jelikož chladicí kapalina (voda) je pohlcovač neutronů, výkon reaktoru v té chvíli stoupl. Toto neintuitivní chování reaktoru při zasouvání regulačních tyčí nebylo operátorům vůbec známo.

Průběh havárie

Na 25. dubna 1986 bylo naplánováno odstavení reaktoru číslo 4 pro pravidelnou údržbu. Bylo rozhodnuto využít této příležitosti k otestování schopnosti turbínového generátoru reaktoru vyrábět patřičné množství elektřiny k napájení bezpečnostních systémů reaktoru (vodních pump) v případě výpadku energie z reaktoru i vnějších zdrojů elektrické energie.

Konstruktér elektrárny počítal s tím, že v takovém případě by měla roztočená turbína poskytnout dostatek energie nutné pro bezpečné odstavení reaktoru. K vyzkoušení, zda je tomu tak skutečně, mělo dojít před spuštěním reaktoru, ale politický tlak na rychlé uvedení elektrárny v činnost způsobil, že byla řada provozních testů odložena.

Podle plánu experimentu měl být reaktor použit k roztočení turbíny, poté měla být turbína od reaktoru odpojena a měla se dál točit jen vlastní setrvačností. Výstupní výkon reaktoru byl snížen z normálního výkonu 3,2 GW na 700 MW tepla, aby test probíhal při bezpečnějším, nízkém výkonu. Během prodlevy na počátku experimentu však skutečný výstupní výkon z neznámých důvodů klesl až k 30 MW. Následkem toho se zvýšila koncentrace neutrony pohlcujícího produktu štěpení – xenonu 135 (^{135}Xe). Tento produkt by se normálně při vyšších hodnotách výkonu v reaktoru ihned přeměňoval dále. Tomuto jevu spojenému s přechodným poklesem reaktivity se říká xenonová otrava reaktoru. Další jev, který obsluze hrozil, je pád reaktoru do stavu tzv. „jódomé jámy“.

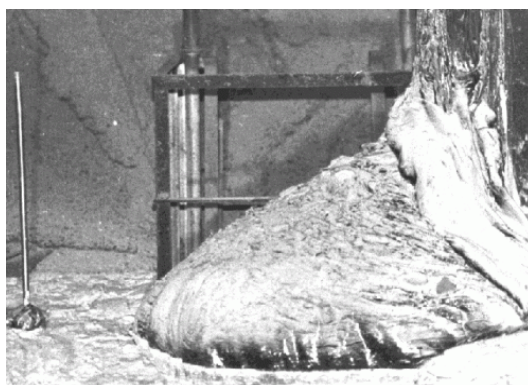


Foto 91. Vytékající jaderné palivo z reaktoru č. 4 JE Černobyl. [Zdroj: F-91]

Vlivem prudkého snížení výkonu nebo náhlého odstavení se výrazně uplatní parazitní radionuklidy, zejména izotop jódu vznikající při štěpné reakci v palivových článcích. Má výraznou absorpci podobně jako xenon. Po dobu mnoha hodin nedovolí obnovit činnost reaktoru, dokud nedojde k samovolnému rozpadu izotopu s možností opětovného zahájení štěpné reakce a zvýšení reaktivity. V experimentu by nebylo možno pokračovat a reaktor by musel zůstat jistou dobu mimo provoz. Obsluha se snažila zvýšit výkon a udržet reaktor v chodu vysunováním regulačních tyčí.

Operátoři přitom měli udržovat tzv. operativní zásobu reaktivity a tento předpis nedodrželi. Nebyli informováni, proč je to důležité, a technicky neměli možnost aktuální zásobu sledovat během experimentu. Přestože se nedařilo dostatečně zvýšit výkon, osádka se rozhodla nezastavit reaktor a pokračovat v experimentu při 200 MW namísto plánovaných 700 MW. Kvůli přemíře neutrony pohlcujícího ^{135}Xe byly regulační tyče vysunuty z reaktoru o něco dále, než bylo při normálním řízení přípustné. Jako součást experimentu byly 26. dubna v 1:05 spuštěny vodní pumpy poháněné turbínovým generátorem



Foto 92. Řídící velín JE Černobyl.
[Zdroj: F-92]

a vodní tok překročil meze stanovené bezpečnostní regulací. Vodní tok se ještě zvýšil v 1:19. Protože voda také pohlcuje neutrony, toto další zvýšení vodního toku si vynutilo odstranění i manuálně ovládaných regulačních tyčí, což vytvořilo nestabilní a nebezpečné provozní podmínky. Přesto žádný předpis nezakazoval, aby všechny pumpy pracovaly naplno.

V 1:23:04 začal experiment. Nestabilní stav reaktoru se nijak neprojevil na kontrolním panelu a nezdálo se, že by se kdokoliv z posádky reaktoru obával nebezpečí. Přívod elektřiny do vodních pump byl vypnut, a protože je poháněl turbínový generátor jen setrvačností, vodní tok se zmenšoval. Turbína byla odpojena od reaktoru a tlak páry v jádru reaktoru se zvyšoval. Jak se chladicí kapalina zahřívala, v jejím potrubí se začaly vytvářet kapsy páry. Návrh RBMK grafitem moderovaného reaktoru v Černobylu se vyznačuje velkým pozitivním dutinovým koeficientem, což znamená, že při absenci neutrony pohlcujícího efektu vody se výkon reaktoru prudce zvyšuje a reaktor se postupně stává nestabilním.



Foto 93. Řídící velín – současnost JE Černobyl.
[Zdroj: F-93]

V 1:23:40 zmáčkli operátoři tlačítko „AZ“ (аварийная защита – havarijní ochrana), které znamená rychlé odstavení reaktoru – kompletní zasunutí všech regulačních tyčí, včetně manuálně ovládaných tyčí, které byly vytaženy dříve. Není jasné, zda šlo o nouzové opatření, či zda to byl rutinní krok zastavení reaktoru po skončení experimentu (bylo naplánováno zastavení reaktoru pro pravidelnou údržbu). Obvykle se předpokládá, že rychlé odstavení bylo spuštěno jako odpověď na neočekávané prudké zvýšení výkonu. Naproti tomu Anatolij Stepanovič Djatlov, provozní zástupce hlavního inženýra Černobylské jaderné elektrárny, který za havárii nepřímo mohl, napsal ve své knize: „Před 01:23:40 systém centrální kontroly nezaregistroval žádné změny parametrů, které mohly ospravedlnit

ské jaderné elektrárny, který za havárii nepřímo mohl, napsal ve své knize: „Před 01:23:40 systém centrální kontroly nezaregistroval žádné změny parametrů, které mohly ospravedlnit

rychlé odstavení. Komise nashromáždila a analyzovala velké množství materiálů a, jak se vyslovila ve své zprávě, nemohla najít důvod, proč bylo rychlé odstavení spuštěno. Není třeba hledat důvod. Reaktor byl po skončení experimentu jednoduše odstaven.“

Kvůli pomalému mechanismu spouštění regulačních tyčí (18 až 20 sekund do ukončení operace), jejich dutým koncům a dočasnému odpojení chladicího okruhu, došlo vlivem rychlého odstavení reaktoru ke zvýšení rychlosti reakce. Zvýšená produkce tepla způsobila deformaci vedení regulačních tyčí. Ty se zasekly poté, co byly zasunuty do jedné třetiny a nebyly proto schopné zastavit reakci.

V 1:23:47 vzrostl výkon reaktoru na asi 30 GW, tj. desetkrát více než normální operační výstup. Palivové tyče se začaly tavit a prudce zvýšený tlak páry způsobil velkou parní expanzi, která odhodila a zničila kryt reaktoru o hmotnosti 1000 t a potrhala chladicí potrubí. Asphalt na střeše, jenž měl chránit okolí před únikem radiace, se vznítil od žhavých trosek vyletujících z reaktoru a střecha se propadla. V důsledku snižování nákladů na výstavbu, nebyla konstrukce jeho protihavarijního pláště – v poměru k velikosti reaktoru – dostatečně dimenzována. Tato úsporná opatření umožnila únik kontaminovaných látek do atmosféry poté, co parní expanze způsobila porušení integrity primární tlakové nádrže. Jakmile byla odhozena část střechy, zahájil příval kyslíku, kombinovaný s vysokou teplotou paliva a grafitového moderátoru reaktoru, hoření grafitu. Tento požár přispěl k rozptýlení radioaktivního materiálu a celkové kontaminaci oblastí.



Foto 94. Bioroboti – vojáci, kteří rukama shazovali radioaktivní materiál ze střechy. Na spodní části fotografie je vidět radiaci. [Zdroj: F-94]



Foto 95. Speciální likvidační čtyři likvidátorů kontaminované zvěře. [Zdroj: F-95]

selhání se musí připsat špatné konstrukci regulačních tyčí, naproti tomu exploze v okamžiku spuštění rychlého odstavení by spíše ukazovala na chybu operátorů. Slabá seismická událost, podobná zemětřesení o magnitudě 2,5, byla v čase 1:23:39 v oblasti Černobylu skutečně zaznamenána. Tato událost mohla být způsobena explozí nebo mohlo jít jen o náhodnou shodu okolností. Situaci komplikuje fakt, že tlačítko AZ-5 (spuštění mechanismu rychlé odstávky reaktoru) bylo stisknuto více než jednou a Alexander Akimov, vedoucí směny, který tlačítko AZ-5 stiskl (zemřel o dva týdny později), řekl těsně před smrtí: „Nevím, jak se to mohlo stát. Vše jsem udělal, jak jsem měl.“

Existují spory ohledně přesného pořadí událostí po 1:22:30 místního času, díky nesrovnalostem mezi zprávami svědků a záznamy z elektrárny. Nejpříjímavější verze byla již popsána výše. Podle této teorie nastala první exploze asi v 1:23:47, sedm sekund poté, co operátoři spustili „rychlé odstavení“. Někdy se prohlašuje, že exploze se stala „dříve“ nebo že následovala okamžitě po aktivaci havarijní ochrany (to byla pracovní verze sovětské komise studující havárii). Rozdíl je důležitý, protože pokud by se reaktor dostal do kritického stavu několik sekund po spuštění rychlého odstavení, jeho

Okamžité řízení krize

Tragédie byla zhoršena nekompetencí místního vedení a nedostatkem vybavení. Dozimetry měly kromě dvou limit 1 mR.sec⁻¹ (milirentgen za sekundu), což je jen 3,6 R.hod⁻¹. Ty měly limit 1 000 R.sec⁻¹, ale přístup k jednomu z nich byl zablokovan explozí a druhý selhal ihned po zapnutí. Proto směna v reaktoru si mohla být jistá pouze tím, že hodnoty radiace ve většině budov reaktoru přesahují hodnoty 4 R.hod⁻¹ (skutečná úroveň byla v některých oblastech více než 20 000 R.hod⁻¹, smrtelná dávka je asi 500 rentgenů po více než 5 hodin). To dovolilo náčelníku směny Alexandru Akimovovi předpokládat, že reaktor zůstal nedotčen. Důkazy opaku, jako např. kousky grafitu a paliva reaktoru ležící kolem budov, byly ignorovány a údaje jiného dozimetru přineseného v 4:30 byly odmítnuty s tím, že přístroj je vadný. Akimov zůstal se směnou v budově až do rána a pokoušel se do reaktoru pumpovat vodu. Nikdo nenosil ochranný oblek. Většina z nich, zemřela na ozáření do tří týdnů po havárii.

Brzy po havárii přijeli hasiči uhasit ohně. Nikdo jim neřekl, že sutiny a kouř jsou nebezpečně radioaktivní. Příčinu požáru neznali, a proto hasili vodou i reaktor samotný, v němž byla teplota asi 2 000 °C. Při této teplotě se voda rozkládala na vodík a kyslík a opětné slučování provázely výbuchy, které dále přispěly k úniku radioaktivity. Otevřené ohně byly uhašeny v 5 hodin a mnoho hasičů bylo ozářeno vysokými dávkami radiace.

Vládní komisař určený k vyšetření havárie přijel do Černobylu ráno 26. dubna. V té době byli dva lidé mrtví a 52 bylo hospitalizováno. V noci z 26. na 27. dubna – více než 24 hodin po explozi – komisař, konfrontovaný s důkazy o vysoké úrovni radiace a s množstvím případů ozáření, musel připustit zničení reaktoru a přikázat evakuaci blízkého města Pripjať.

Aby omezila rozsah katastrofy, poslala sovětská vláda na místo pracovníky, aby je vyčistili. Mnoho „likvidátorů“ (členů armády a jiných pracovníků) tam bylo posláno jako do normálního zaměstnání. Většině se nikdo nezmínil o nebezpečí. Neměli k dispozici ochranné obleky. Nejhorší radioaktivní trosky vyvržené z reaktoru byly posbírány a umístěny do budov. Reaktor sám byl pokryt pytli s pískem shazovanými z vrtulníků (asi 5 000 tun během týdne po havárii), přičemž poškozená střecha nevydržela takové zatížení a část se jí propadla. Tím se uvolnila další radiace a mnoho vojáků bylo těžce ozářeno. Únikům radioaktivního materiálu do ovzduší se podařilo zamezit až po devíti dnech od havárie. Aby byl zapečetěn reaktor a jeho obsah, byl kolem něj vytvořen betonový sarkofág.



Foto 96. Vrtulník vypouští speciální tekutinu zvanou Burba, aby vážala radioaktivní prach k zemi. [Zdroj: F-96]



Foto 97. Základní škola, Pripjať. [Zdroj: F-97]

Okamžité následky

Okamžitě bylo hospitalizováno 203 lidí, z nich 31 zemřelo (28 z nich na akutní nemoc z ozáření). Mnozí z nich byli hasiči a záchranáři snažící se dostat havárii pod kontrolu, ale nebyli informováni, jak nebezpečné je radiační ozáření (z kouře). Z oblasti bylo 135 000 lidí evakuováno, včetně 50 tisíc z města Pripjať. Ministerstvo zdravotnictví předpokládá po následujících 70 let až 2% zvýšení úrovně rakoviny u obyvatelstva, které bylo zasaženo (zdroje se liší) 5 až 12 EBq (5 až 12 × 10¹⁸ Bq) radioaktivní kontaminace uvolněné z reaktoru. Dalších 10 jedinců zemřelo na rakovinu.

Analýza Mezinárodní agentury pro atomovou energii (dále v textu MAAE) z roku 1986 označila za příčinu havárie akce operátorů. V lednu 1993 ale vydala MAAE revidovanou analýzu, v níž vinu přisoudila konstrukci reaktoru a ne operátorům.



Foto 98. Uzavřené zóny v okolí Černobylu.

[Zdroj: F-98]

Černobylský reaktor obsahoval asi 190 tun oxidu uraničitého a produktů štěpení. Odhady množství uniklého materiálu se pohybují mezi 13 až 30 procenty. Kontaminovaný materiál z havárie nebyl jednoduše rozprášen po okolní zemi, ale roztrousil se nepravidelně v závislosti na počasí. Podle zpráv sovětských a západních vědců dopadlo z kontaminace, která postihla území bývalého Sovětského svazu, 60 % na Bělorusko. Byla kontaminována oblast Ruské federace jižně od Brjansku a části severozápadní Ukrajiny.

Černobyl byl utajovanou katastrofou. První důkazy, že došlo k jaderné havárii, nepřinesly sovětské zdroje, ale pocházejí ze Švédska. Dne 27. dubna pracovníci Forsmarkske jaderné elektrárny (asi 1100 km od Černobylu) našli radioaktivní částice na svém oblečení. Pátrání prokázalo, že problém není ve švédských elektrárnách, což ukázalo na jaderný problém v západní části Sovětského svazu. Ještě 1. května se v Kyjevě konaly obvyklé prvomájové manifestace, neboť obyvatelstvo nebylo o katastrofě informováno.

Krátkodobé dopady na pracovníky a likvidátory havárie

Pracovníky účastníci se obnovy a vyčištění po havárii zasáhly vysoké dávky radiace. Ve většině nebyli vybaveni osobními dozimetry pro měření množství obdržené radiace, takže velikost těchto dávek mohli odborníci jen odhadovat. I tam, kde se dozimetry používaly, se dozimetrické procedury lišily. O některých pracovnících se předpokládá, že odhady dávek radiace v jejich případě jsou mnohem přesnější než u jiných. Dle sovětských odhadů se 300 až 600 000 lidí účastnilo vyčištění 30 km evakuační zóny kolem reaktoru, ale mnoho z nich vstoupilo do zóny až 2 roky po havárii. Odhady množství „likvidátorů“ – pracovníků přivezených na řízení krize a práce na obnově se liší.



Foto 99. Opuštěné lodě na řece Pripjat.

[Zdroj: F-99]



Foto 100. Plavecký bazén v opuštěném městě Pripjat. [Zdroj: F-100]

Světová zdravotnická organizace (WHO) uvádí 800 000 lidí, a i Rusko počítá mezi likvidátory některé lidi, kteří v kontaminovaných oblastech nepracovali). V prvním roce po havárii se počet pracujících na vyčištění zóny odhadovalo na 211 tisíc a tito pracovníci obdrželi odhadovanou průměrnou dávku 165 mSv (16,5 Rem).

Krátkodobé dopady na civilisty

Některé děti byly v kontaminovaných oblastech vystaveny vysokým dávkám až 50 Gy, což zvýšilo výskyt rakoviny štítné žlázy, protože přijímaly radioaktivní jód, izotop s krátkým poločasem rozpadu, z místního kontaminovaného mléka.

Několik studií potvrzuje, že výskyt rakoviny štítné žlázy mezi dětmi v Bělorusku, Ukrajině a Rusku prudce vzrostl. MAAE uvádí, že „1800 dokumentovaných případů rakoviny štítné žlázy u dětí, kterým bylo 14 a méně let v době havárie, je mnohem vyšší hodnota než normálně,“ ale neuvádí běžnou úroveň. Vyskytující se typy dětské rakoviny štítné žlázy jsou velké a agresivní, ale podaří-li se je včas rozpoznat, lze je vyléčit. Léčba spočívá v operaci následované aplikací radioaktivního jódu 131 na potlačení metastáz. Léčba se jeví úspěšnou u všech diagnostikovaných případů.

Na konci roku 1995 spojila Světová zdravotnická organizace téměř 700 případů rakoviny štítné žlázy u dětí a adolescentů s černobylskou havárií a mezi nimi asi 10 úmrtí připsala radiaci. Na druhou stranu, ze zaznamenaného výrazného nárůstu rakoviny štítné žlázy vyplývá, že je alespoň částečně důsledkem rentgenování.

Typická čekací doba radiací vyvolané rakoviny štítné žlázy je asi 10 let, ale zvýšení dětské rakoviny štítné žlázy v některých regionech je pozorováno již od roku 1987. Pravděpodobně se toto zvýšení buďto nevztahuje k havárii, nebo jsme dosud mechanismu stojícímu za ním správně neporozuměli.



*Foto 101. Opuštěná vesnice v uzavřené zóně.
[Zdroj: F-101]*



Foto 102. Jeden z pilotů gen. Antoškina, který obdržel vysoké dávky radiace. [Zdroj: F-102]

Dosud nelze rozpoznat žádné zvýšení leukémie, očekává se však, že bude jasně zaznamenáno v následujících letech společně s nárůstem výskytu jiných rakovin, i když možná statisticky nerozpoznatelným. Žádné zvýšení připisatelné Černobyli se nepodařilo prokázat u vrozených vad, nepříznivých výsledků těhotenství ani jiných nemocí způsobených radiací u obecné populace ať už v kontaminovaných oblastech nebo ještě dále.

Brzy po havárii byl největším zdravotním rizikem radioaktivní jód (^{131}I) s poločasem rozpadu 8 dnů. Dnes budí obavy kontaminace půdy izotopy stroncia (^{90}Sr) a cesia (^{137}Cs), které mají poločas rozpadu kolem 30 let. Nejvyšší koncentrace ^{137}Cs byly nalezeny v povrchových vrstvách půdy, kde jsou absorbovány rostlinami, hmyzem a houbami a dostávají se tak do potravního řetězce.

Dřívější testy (kolem roku 1997) ukázaly, že v kontaminovaných oblastech množství ^{137}Cs ve stromech stále vzrůstá. Existují důkazy, že se kontaminace přesouvá do podzemních vod a uzavřených vodních rezervoárů jako jsou jezera a rybníky. Předpokládá se, že hlavním způsobem odstranění kontaminace bude přirozený rozpad ^{137}Cs na stabilní izotop barya (^{137}Ba), neboť vymývání deštěm a povrchovou vodou se ukázalo jako zanedbatelné.

Dlouhodobé a globální dopady

Jak dokládají poznámky MAAE, přestože havárie uvolnila tolik radioaktivní kontaminace jako 400 bomb z Hirošimy, byla její celková velikost asi 100 až 1000 krát menší než kontaminace způsobená atmosférickými testy jaderných zbraní v polovině 20. století. Lze proto tvrdit, že ačkoliv byla havárie lokální katastrofou, nepřerostla v katastrofu globální.

Dle zpráv sovětských vědců na první mezinárodní konferenci o biologických a radiologických aspektech černobylské havárie (září 1990) dosáhla úroveň spadu v 10 km zóně kolem elektrárny až $4,81 \text{ GBq}\cdot\text{m}^{-2}$. Tzv., *Rudý les* z borovic zničený silným radioaktivním spadem leží v této 10 km zóně a začíná hned za komplexem reaktoru. Název lesa pochází z dnů po havárii, kdy se stromy jevíly temně rudé, jak hynuly na následky ozáření. Během vyčišťovacích operací po havárii byla většina ze 4 km^2 lesa srovnána se zemí a spálena. Území Rudého lesa zůstalo jednou z nejvíce kontaminovaných oblastí na světě. Na druhou stranu se ukazuje, že jde o lokalitu bohatou na výskyt mnoha ohrožených druhů.



*Foto 103. Kontaminovaná technika u Černobylu.
[Zdroj: F-103]*



Foto 104. Detail ošetření popáleniny po vystavení těla 900 RTG po dobu 2 minut. Muž, jemuž ruka patří, druhý den zemřel. [Zdroj: F-104]

Sovětské odpovědné činitele zahájili evakuaci obyvatel z oblasti Černobylu 36 hodin po havárii. V květnu 1986, měsíc po havárii, byli přemístěni všichni, kdo žili v okruhu 30 km kolem elektrárny (asi 116 000 lidí).

Dle sovětských vědců bylo $28\,000 \text{ km}^2$ kontaminováno ^{137}Cs o úrovni radiace vyšší než $185 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$. V této oblasti žilo kolem 830 000 lidí. Asi $10\,500 \text{ km}^2$ bylo kontaminováno ^{137}Cs o úrovni vyšší než $555 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$. Z této plochy zhruba $7\,000 \text{ km}^2$ leží v Bělorusku, $2\,000 \text{ km}^2$ v Ruské federaci a asi $1\,500 \text{ km}^2$ na Ukrajině. V této oblasti žije asi 250 000 lidí. Jejich zprávy potvrdil *International Chernobyl Project* Mezi-

národní agentury pro atomovou energii. Dnes je dříve zcela evakuovaná oblast kolem elektrárny rozdělena na dvě zóny. V té první žije asi 600 starších lidí, kteří se do oblasti dobrovolně vrátili a dostávají peněžní příspěvek od státu, který zajišťuje také dovoz jídla a vody z nekontaminovaných oblastí. Do druhé, tzv. mrtvé zóny mají přístup jen vědci a exkurze.

Porovnání s jinými katastrofami

Černobylská havárie byla ojedinělou událostí. Poprvé v historii komerční výroby elektrické energie z jádra nastala při havárii úmrtí přímo způsobená radiací. Pozdější havárie v přepracovacím závodě v japonské Tokaimuře 30. září 1999 vyústila ve smrt jednoho pracovníka na ozáření až 22. prosince téhož roku. Havárie elektrárny A1 v Jaslovských Bohunicích v roce 1976 měla dvě oběti, ale ty zemřeli na udušení oxidem uhličitým a ne na radiaci.

Počtem zabitých je tato havárie srovnatelná s haváriemi přehrad. V Evropě bylo největší havárií přehrady zabito kolem 2 000 lidí vlnou vzniklou po sesuvu půdy do přehrady Vajont v Itálii (9. října 1966). Největší neštěstí se odehrálo v Číně v roce 1975 na řece Jang-c', kde po protržení hrází zahynulo během jednoho dne 80 až 200 000 lidí (přesná čísla byla čínskými úřady utajena). Čínské přehrady mohou posloužit pro porovnání počtu evakuovaných – kvůli stavbě přehrady Tři soutěsky bylo třeba přesídlit asi 700 000 lidí.

Srovnání lze provést i s výrobou elektřiny z uhlí – každý rok zahynou ve světě při důlních haváriích desítky až stovky horníků. Před zavedením technologií na čištění dýmu kyselá dešť a spád mírně radioaktivního popílku jen u nás zničily tisíce km^2 lesů a zasáhly s účinkem nemocí a dřívější smrti statisíce lidí.

Dlouhodobé vlivy na civilisty

Výsledky studií se liší podle toho, kdo je vypracoval. Neoptimističtějšími jsou zprávy vydávané MAAE. S mírným odstupem následuje WHO a UNSCEAR (komise OSN pro studium efektů radiace), které uvádějí větší počty postižených, ale zůstávají řádově stejné. I řádově vyšší počty uvádějí studie postsovětských výzkumníků, studie německé organizace lékařů pro zamezení jaderné války (IPPNW) a německé společnosti pro radiační ochranu (GfS), a studie vypracované pro stranu Zelených, či Greenpeace.

Zpráva SSSR vypracovaná pro Vídeňskou mezinárodní konferenci v srpnu 1986 odhaduje počet lidí, kteří zemřou rakovinou způsobenou izotopy cesia na 30 až 40 000. MAAE označila předpověď za nadhodnocenou a stanovila maximální počet na 25 000, pak 10 000 a nakonec na 5 100. Autor studie, profesor Valerij Legasov byl nalezen oběšený 27. dubna 1988.

Vedoucí zdravotní komise MAAE předložil v roce 1996 psychologický dopad této havárie. V eseji píše, že mnoho adolescentů a mladých dospělých ze zasažených oblastí trpí stresovými symptomy, depresemi, strachem, pocity bezmoci, slabosti a ztrátou životních vyhlídek. Jelikož se o nich referuje jako o obětech, a nikoliv jako o přeživších, ústí to buď k přehnaným obavám o jejich zdraví a sebezpozorování, či k zcela bezohlednému chování vůči nim samým. Příklady jsou: konzumace lesních plodů z vysoce kontaminovaných oblastí, nadužívání alkoholu a tabáku, nechráněná promiskuitní pohlavní aktivita.



Foto 105. Žlutá hmota je prasklá kůže, kterou se prodralo sežehnuté maso s kusy kosti. Foto loketního kloubu. [Zdroj: F-105]



Foto 106. Během prvomájových oslav bylo kontaminováno nejméně 300 000 obyvatel v okolí havárie. [Zdroj: F-106]

zemědělská půda začala být obdělávána, čímž se radioaktivní cesium dostalo do oběhu. Studie byla publikována v roce 2003, v době kdy byl profesor Bandaževský ve výkonu osmiletého trestu za údajné přijetí úplatku. Po 4 letech mezinárodních protestů byl propuštěn.

Hlavní poznatky ze studie:

- koncentrace radioaktivního cesia v místní zelenině, mléku, a zejména lesních plodech roste, a jejich konzumenti jsou těžce kontaminováni,
- děti do 6 měsíců jsou nejpostiženější, aktivita ^{137}Cs je až $11\,000\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ve slinivce, $6250\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ve štítné žláze a v srdci $5333\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. Účinným transportním prostředkem pro radioaktivní cesium je mateřské mléko. Děti zemřely na sepsi, degeneraci mozku, hnisavé krvácení a poruchy srdce – tedy nikoliv na rakovinu,

▪ v tělech 51 dětí do 10 let věku našli 2 až 3 krát větší koncentrace radioaktivního cesia než u dospělých. Nejvyšší úrovně byly ve štítné žláze ($2\,054\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$), nadledvinkách ($1\,576\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$), slinivce ($1\,359\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$). Vzorky byly měřeny ukrajinskými a německými přístroji, pro kontrolu byly vzorky dvakrát přeměřeny ve Francii.

V roce 2005 bylo v studii MAAE množství lidí, kteří zemřou na rakovinu způsobenou katastrofou odhadováno na 9 000 až 10 000. „*Jiná zpráva o Černobylu*“ označuje chyby a vynechané údaje ve zprávách MAAE a WHO. MAAE se dle nich zabývá pouze populací tří států (Bělorusko, Ukrajina, Rusko), zatímco více než polovina radioaktivního spadu skončila na nesovětských územích Evropy. Tudíž lidí, kteří v důsledku radioaktivity zemřeli či zemřou, je mnohem více, dle použitého modelu škodlivosti 18 000 až 60 000.



Foto 107. Pilotům vojenských vrtulníků bylo mezi 18 -25 lety. Ani jeden nepřežil přelety nad černobylským reaktorem. [Zdroj: F-107]

Akademie věd v New Yorku vydala v roce 2009 anglický překlad velmi obsáhlé studie publikované v roce 2007, jejíž zásadní výpovědí je, že do roku 2004 na následky havárie zemřelo již 985 tisíc lidí, z toho 170 000 v Severní Americe. Jen v Bělorusku se mezi lety 1990 až 2004 zvýšila celková úmrtnost o 43 %.

Zvýšení úmrtnosti je ale i důsledkem prudkého zhoršení životní úrovně a životních podmínek v Bělorusku po rozpadu Sovětského svazu. To samé platí i o Ukrajině a Rusku. Tyto dvě věci – vliv radiace a pokles životní úrovně – však žádná studie nerozlišuje. Zcela běžné jsou dnes i předtím spíše výjimečné projevy nedostatečné výživy a podvýživy. Autoři V. Jablovok (ruská akademie věd), A. Nesterenko (běloruský institut radiační bezpečnosti) a prof. V. Nesterenko (bývalý ředitel běloruského jaderného střediska) měli za podklad přes 1000 vědeckých titulů a 5000 jiných publikací týkající se havárie a lékařských záznamů. Autoři upozornili, že tyto zdroje byly MAAE a UNSCEAR ignorovány či zlehčovány. V analyzovaných materiálech byl u lidí v důsledku radioaktivního spadu zjištěn nárůst výskytu:

a) rakoviny:

- štítné žlázy,
- leukémie,
- ostatní rakoviny,

b) nerakovinných onemocnění:

- nemoci
 - dýchacího ústrojí,
 - zažívacího traktu,
 - krevního oběhu,
 - svalů, kostí, a kůže,
 - reprodukčních orgánů,
 - nervové a psychologické,
 - hormonální – způsobující aterosklerózu, cukrovku, obezitu,
- abnormality imunitního systému – alergie, infekce, změny v lymfocytech,
- genetické a chromozomální odchylky,
- předčasné stárnutí,
- postižení smyslových orgánů,



Foto 108. Zmutované sele. [Zdroj: F-108]

Je třeba připomenout, že zaznamenaný zvýšený výskyt zhoubných i nezhoubných forem rakoviny je zčásti i důsledkem jejich cíleného vyhledávání v zasažené populaci – před havárií prostě zůstávalo značné procento nemocných bez zdravotních potíží neodhaleno.

V hlubokém kontrastu k dopadům na lidskou populaci lze říct, že evakuace oblasti kolem elektrárny umožnila vytvoření bohaté a jedinečné rezervace divoké přírody. Není známo, zda bude mít kontaminace spadem nějaký dlouhodobý nepříznivý dopad na flóru a faunu v oblasti, protože rostliny a zvířata se vzájemně významně liší a jejich radiační tolerance je jiná než lidská.



Foto 109. Genetické mutace dětí po havárii v Černobylu. [Zdroj: F-109]

Zdá se však, že se rozmanitost druhů v kontaminované oblasti díky odstranění lidského vlivu zvýšila. Existují zprávy o mutacích některých rostlin v oblasti zvané Ryšavý les (Rudý les), obsahující podivně zmutované rostliny a plodiny a vyznačující se nápadně rezavou barvou jehličí žijících jehličnanů. Podle zpráv je tato oblast tichá, což naznačuje, že ptáci ji dosud znovu nekolonizovali. Rovněž myši a jiní hlodavci se tam nevyskytují. Naopak se vyskytli divočáci, bi-vakující v rozpadlých panelácích mrtvého města Pripjat'.

Bezmála polovina divokých prasat, která byla v roce 2017 odlovena na české straně Šumavy, vykazovala nadlimitní míru radioaktivity. Potíže s radioaktivitou v mase divokých prasat znají i myslivci na německé straně Šumavy. Divočáci vykazují vyšší radiaci kvůli tomu, že požírají podzemní houbu jelenku obecnou. Ta je schopna fixovat radioaktivitu z půdy, která je tam od dob černobylské havárie. Radioaktivní mrak se tehdy podle vědců natříkrát přenesl nad Evropou. „Hodnoty mají během roku výrazné výkyvy podle toho, jak migrují prasata. V dlouholetých průměrech je hladina kolem 40 až 50 procent nadlimitních radionuklidů stabilní. Cesium má poločas rozpadu 30 let, takže jsme zhruba v polovině rozpadu této radioaktivní dávky,“ řekl vedoucí oddělení bezpečnosti potravin Státní veterinární správy Jiří Drápal.

Radioaktivní potrava může pro člověka znamenat nebezpečí vzniku rakoviny. O riziku lze však podle odborníků mluvit až tehdy, kdyby někdo snědl asi 40 kilogramů kontaminovaného masa za rok. Množství radioaktivních látek v mase lze snížit i způsobem jeho úpravy. Při vaření v tlakovém hrnci se sníží na polovinu, při opakovaném nakládání do láku až o 70 procent.

Elektrárna po havárii

Problémy elektrárny katastrofou ve 4. reaktoru neskončily. Ukrajinská vláda ponechala kvůli nedostatku elektřiny tři reaktory v provozu. V roce 1991 poškodil požár kabelové vedení reaktoru číslo 2. Činitelé prohlásili, že je neopravitelně poškozen a reaktor odpojili.

Reaktor číslo 1 byl odstaven v listopadu 1996, jako část dohody mezi ukrajinskou vládou a mezinárodními organizacemi jako je MAAE o ukončení činnosti elektrárny. V listopadu 2000 ukrajinský prezident Leonid Kučma během slavnostního zakončení provozu osobně zmáčkl vypínač 3. reaktoru a odstavit tím definitivně celou elektrárnu.

Sarkofág nedokáže trvale uzavřít zničený reaktor. Jeho chvatná konstrukce, v mnoha případech prováděna na dálku roboty, má za následek jeho rychlé stárnutí, a pokud by se zhroutil, mohl by se uvolnit další mrak radioaktivního prachu.



Foto 110. Vstup do opuštěné černobylské zóny. [Zdroj: F-110]

Bylo diskutováno mnoho plánů na výstavbu trvalejšího pouzdra, jejich realizaci však dosud brzdila korupce. Většina peněz věnovaných zahraničními zeměmi na pomoc Ukrajině byla vyplýtvána neefektivním rozvržením stavebních smluv a celkovým řízením nebo byla jednoduše ukradena. Pod sarkofágem zůstalo po havárii asi 95 % paliva reaktoru, což představuje radioaktivitu $18 \text{ MCi} = 0,67 \text{ EBq}$ ($0,67 \times 10^{18} \text{ Bq}$).

Radioaktivní materiál se skládá ze zbytků jádra reaktoru, prachu a lávě podobných „palivo obsahujících materiálů“ (FCM), které tekly vrakem budovy reaktoru, dokud neztuhly do keramické formy. Podle střízlivých odhadů se pod železobetonovým obalem nachází nejméně 4 tuny radioaktivního prachu. Do betonu pokrývajícího reaktor prosakuje voda a vyplavuje radioaktivní materiály do okolních podzemních vod. Vysoká vlhkost uvnitř krytu přispívá k další erozi jeho ocelové konstrukce a následnému úniku radioaktivity. V reaktoru se vyskytl nový nerost – černobyilit.



Foto 111. Sarkofág čtvrtého reaktoru.

[Zdroj: F-111]

V roce 2001 ale odborníci dospěli k závěru, že je třeba stálejšího řešení. Pod patronací Evropské banky pro obnovu a rozvoj se mezinárodní společenství začalo skládat na unikátní projekt „Úkryt“ – stavbu nového sarkofágu. Na stavbě sarkofágu o hmotnosti 36 tisíc tun za 1,5 miliardy eur, tedy více než 40 miliard korun, se podílelo 45 zemí včetně Česka. Příspěvek Ukrajiny byl zpočátku paradoxně tak malý, že neměla mezi ostatními ani hlasovací právo, poté jej však navýšila a stala se plnoprávným účastníkem.

Dne 29. listopadu 2016 bylo dokončeno největší ochranné zařízení svého druhu na světě. Přesun z místa stavby nad reaktor trval 15 dní. Poničený čtvrtý energoblok jaderné elektrárny Černobyl, by měla nová klenba zcela izolovat na celé století a odolat by měl teplotám v rozmezí od minus 43 stupňů Celsia do 42 stupňů nad nulou. Na jeho výstavbě se v jednu chvíli podílelo až 1200 zaměstnanců z 27 zemí.

„Nechť celý svět vidí, co Ukrajina a mezinárodní společenství mohou dokázat, když se spojí. Jak jsme schopni ochránit svět před radiací a jaderným nebezpečím“, prohlásil podle agentury Reuters ukrajinský prezident Petro Porošenko, během slavnostní ceremonie. Ta následovala poté, co byl přesun sarkofágu nad čtvrtý blok dokončen.



Foto 112. Nový kryt, který zakryl havarovaný energoblok. Autor: ČTK, EPA, REUTERS. [Zdroj: F-112]

Kontrakt na výstavbu nového krytu dostalo konsorcium Novarka, které tvoří francouzské stavební firmy Vinci a Bouygues. Základy začaly být budovány v září 2010, oficiálně byla stavba zahájena v dubnu 2012, napsala ČTK. Aby se zabránilo kontaminaci lidí, byly z oblasti před stavbou odvezeny a nahrazeny tisíce tun radioaktivní půdy.

Konstrukce je dlouhá 162 metrů, široká 260 metrů a vysoká 108 metrů. To je výška srovnatelná s pražským mrakodrapem City Tower. Nový sarkofág je sice už na svém místě, práce však ještě pokračují. V listopadu 2017 se klenba stala vzduchotěsnou. To zajistilo dokonalou izolaci. Součástí prací je i demontáž starého sarkofágu.

5.9.4.4 Havárie elektrárny Fukušima I (Japonsko 2011) – přídatková studie

K havárii jaderné elektrárny Fukušima Daichi I došlo 11. března 2011, když bylo Japonsko zasaženo zemětřesením a tsunami. Na Mezinárodní stupnici jaderných událostí INES byla ohodnocena nejvyšším stupněm 7 (stejným stupněm jako havárie v Černobylu) a je považována za jednu z historicky nejkomplikovanějších.

Informace o rozsahu havárie zveřejňované provozovatelem elektrárny a japonskou vládou byly v některých aspektech neúplné nebo nepravdivé. Havárii se nepodařilo dostat pod kontrolu ani po měsíci. V ochranném pásmu o průměru 30 kilometrů bylo evakuováno přes 200 000 lidí a událost byla celosvětově podnětem k politickým debatám o jaderné energetice.

Průběh havárie

V době havárie byly reaktory 1, 2 a 3 v provozu, zatímco na reaktorech 4, 5 a 6 probíhala pravidelná údržba. Ihned po katastrofě se tři běžící reaktory automaticky zastavily. Poté, co vlna tsunami asi hodinu po zemětřesení zasáhla pobřeží, zastavily se generátory použité pro nouzové chlazení. To způsobilo nárůst teploty a tlaku v reaktorech. Ač se záložním zdrojům podařilo zchladit reaktory 2 a 3, v reaktoru 1 dále klesala hladina vody a stoupal tlak. Pro jeho snížení byla upouštěna radioaktivní pára z kontejnmentu – zvýšená radiace byla naměřena vně i uvnitř areálu.



*Foto 114. Elektrárna Fukušima po nehodě.
[Zdroj: F-114]*

výbuch, který v reaktoru 2, možná poškodil nádobu reaktoru. Navíc se vzňala nádrž s vyhořelým palivem u reaktoru 4. Požár byl brzy uhašen.



*Foto 113. Elektrárna Fukušima před nehodou.
[Zdroj: F-113]*

Pozdější výbuch vodíku v pomocné budově zničil i betonový přístřešek, který chránil reaktor před počasím, ale ocelovou tlakovou nádobu, v níž je reaktor uložen, nepoškodil. Poté byla využita ke chlazení reaktoru i mořská voda.

Dne 13. března chlazení na reaktoru 3 nestačilo – i zde se použilo odpouštění mírně radioaktivní páry a chlazení mořskou vodou. Den poté však vybuchl vodík i zde, opět však nijak nepoškodil nádobu reaktoru.

Dne 15. března se situace zhoršila – další

V noci na středu 16. března, mezi 20:45 a 21:15 UTC, však na reaktoru 4 znovu hořelo, příčina není jistá.

Oficiálně byla japonským úřadem pro jadernou bezpečnost stanovena havárie 12. března 2011 jako stupeň 4 dle INES, týkající se pouze havárie na 1. bloku jaderné elektrárny. Později se havárie na 1. bloku zhoršila a rozšířila se i na další bloky. Proto Japonská agentura pro jadernou bezpečnost překlasifikovala 18. března 2011 stupeň havárie na stupeň 5 pro 1., 2. a 3. blok. S ohledem na zjištění, že objem radiace unikající z reaktorů v průběhu havárie mohl dosahovat hodnoty až 630 000 TBq, byla dne 12. dubna změněna klasifikace této havárie na nejvyšší stupeň INES 7. Požár na 4. bloku byl 18. března klasifikován stupněm 3.



*Foto 115. Blok JE Fukušima po nehodě.
[Zdroj: F-115]*

Následky

Po havárii reaktorů bylo vytvořeno bezpečnostní ochranné pásmo. V okruhu 20 km okolo elektrárny bylo evakuováno 200 000 lidí. V prefektuře Mijagi navrhla MAAE dne 31. března rozšířit bezpečnostní zónu evakuace na 40 km od elektrárny. Dne 11. dubna bylo rozhodnuto o rozšíření zóny na vzdálenost 30 km.



Foto 116. Vodní bazén pro skladování vyhořelého paliva v blocích elektrárny Fukušima I. [Zdroj: F-116]

V prvním týdnu na měřicích stanicích v okolí byly naměřeny zvýšené koncentrace radioaktivního cesia a jódu, zdraví nebezpečné hodnoty však byly zjištěny jen v bezprostředním okolí elektrárny. Ruské meteorologické stanice nezaznamenaly žádné změny od normálního stavu. Po několika dnech bylo měřením zjištěno, že potraviny v okolí elektrárny obsahují nadlimitní množství radioaktivity a byl zakázán vývoz a konzumace. Jednalo se například o mléko, špenát, brokolici, atd. V dalších dnech pak byla v okolí elektrárny naměřena extrémní koncentrace radioaktivního jódu (^{131}I) – podle původních měření byla běžná hodnota překročena deset milionkrát, ale ukázalo se, že došlo

k chybě. V okolí elektrárny byla koncentrace jódu „pouze“ stotisíc krát nad normálem.

V té souvislosti doporučilo japonské ministerstvo zahraničí čističkám nepoužívat dešťovou vodu. V půdě kolem elektrárny byly naměřeny zvýšené hodnoty plutonia. V jímce, v níž se zachycuje radioaktivní voda unikající z reaktoru č. 2, se dne 2. dubna objevila trhлина. Následovaly pokusy o ucpání praskliny betonem a polymery. Nakonec bylo použito „tekuté sklo“. Tím se podařilo zastavit unikání radioaktivní vody do Tichého oceánu.

Přibližně stejné době bylo do oceánu řízeně vypuštěno 11 500 tun mírně radioaktivní vody, aby se uvolnily prostory pro skladování vysoce radioaktivní vody unikající z reaktorů do okolních budov.



*Foto 117. Doplnění vody do bazénu třetího bloku jaderné elektrárny Fukušima I.
[Zdroj: F-117]*

Odčerpání této vysoce radioaktivní vody je nutnou podmínkou pro umožnění pohybu zaměstnanců, kteří pracují na zprovoznění chladicích systémů reaktorů.



Foto 118. Na leteckém snímku JE Fukušima ze srpna 2013 jsou v popředí vidět tanky na kontaminovanou vodu. [Zdroj: F-118]

Likvidace elektrárny

Vzhledem k tomu, že při chlazení přehřátých reaktorů byla použita mořská voda, došlo k poškození chladicích systémů. Navíc byly natavené i palivové tyče v některých reaktorech. Japonský premiér Naoto Kan prohlásil, že elektrárnu bude potřeba odstranit. Japonsko požádalo o pomoc s odstraňováním důsledků havárie francouzské jaderné korporace Areva a EDF. Do likvidačních prací po havárii byli zapojeni i odborníci z dalších států.

Poradce japonského premiéra Keniči Macumoto sdělil 13. dubna médiím, že podle odhadu bude 20 let nejbližší okolí elektrárny neobyvatelné. Japonská vláda však toto prohlášení záhy dementovala. Havárie v jaderné elektrárně Fukushima Daichi I vyvolala mezinárodní politickou diskuzi o využívání jaderné energie. V Německu tato havárie způsobila obrat a vláda neprodloužila provoz jaderné energetiky v Německu. Po bezpečnostních prověrkách bylo dočasně uzavřeno 7 jaderných elektráren, což způsobilo růst cen elektrické energie o 18 %. Bavorský odpor vůči atomu obnovil i snahy o odstavení elektrárny Temelín.

V samotném Japonsku pak došlo ke zrušení některých projektů nových bloků jaderných elektráren a pravděpodobně bude ukončen i japonský projekt rychlého reaktoru Mondžú ve městě Curuga. Tento projekt dlouho provázejí nehody. Reaktor byl v provozu dohromady asi jen rok, přestože byl spuštěn v roce 1995. Zrušení projektu ale bude znamenat velkou ránu pro japonskou energetickou koncepci, neboť s přechodem na „rychlé“ systémy se počítalo.



Foto 119. Stavba nové budovy, v níž budou uskladněné roztavené palivové tyče. [Zdroj: F-119]

Podle zprávy japonské parlamentní vyšetřovací komise katastrofu nezavinila přílivová vlna tsunami, ale člověk. „Šlo o havárii způsobenou člověkem. Bylo ji možné předvídat a měla být předvídána. Dalo se jí zabránit a mělo se jí zabránit,“ uvádí komise. Zpráva kritizuje špatné zákony regulující jadernou energetiku, nedostatečnost bezpečnostních opatření, chyby vedení elektrárny a státního dozoru i špatné reakce po nehodě. Zpráva doporučila posílit dozor vlády v oblasti jaderné energetiky.

5.9.4.5 Radiační nehody se zdroji ionizujícího záření

Vážné radiační nehody se stále objevují i mimo pracoviště se zdroji ionizujícího záření (dále v textu ZIZ) a nejde přitom o zneužití ZIZ. Příčinou nehod byl a je pokles úrovně zabezpečení ZIZ v některých zemích. Dlouho nepoužívané, skladované zdroje, změny vlastníkům těchto zdrojů, či skladů byly příčinou ztráty kontroly nad ZIZ. Radiační nehody tvoří i ty, které byly důsledkem lidské chamtivosti (snahy získat kovové předměty s cílem zpeněžit je ve sběrných šrotů). Obava, že nehoda se ZIZ i mimo prostory pracovišť, kde se s nimi nakládá, může mít rozsáhlé důsledky, se potvrdila již při následujících událostech.

Cuidad Juárez (Mexico 1983)

V tomto případě šlo o ZIZ určený k radioterapii (^{60}Co o aktivitě 30 TBq – zářič tvořilo 6 tisíc kovových pelet o rozměru 1x1 mm² – viz foto 120), který nebyl nikdy použit a prakticky bez kontroly byl 6 let skladován v ozařovací hlavici.



Foto 120. Zářič s tisíci kovovými peletami ^{60}Co .
[Zdroj: F-120]

Cena šrotu vedla techniky skladu k demontáži zařízení a jeho odvozu do sběrný. Při demontáži (nevyloučilo se, že vědomě) došlo k porušení zářiče, který byl uvnitř. V autě, které rozebrané zařízení přepravovalo, zůstalo mnoho pelet (auto v důsledku poruchy řadu dní stálo v blízkosti obydlí a byli ozařováni jejich obyvatelé). Pelety se dostaly do sběrný, zamíchaly se do ostatního šrotu a pak se postupně dostaly do hutí (ztrácely se i po cestě) a zde do taveb. Tak došlo ke kontaminaci kovových výrobků (stavební kovové armatury, základové desky, apod.) a jejich rozšíření do řady míst.

Na nehodu se přišlo po měsíci, když automobil s kontaminovanými výrobky přejížděl kolem jaderných laboratoří v Los Alamos (USA) a monitory laboratoře spustily alarm. Šetření a monitoring (470 km² bylo letecky proměřeno) zjistily, že v důsledku nehody mohlo být ozářeno 4 000 osob, z nichž okolo 80 mohlo obdržet dávku vyšší než 250 mSv a asi 5 lidí dávky mezi 3 až 7 Sv v průběhu dvou měsíců. Bylo vyrobeno 30 tisíc kontaminovaných desek, 6 600 tun armatur, prohlédnuto 17 636 budov, v nichž byl použit kontaminovaný materiál. U 814 budov byla provedena částečná, či úplná demolice.

Tato nehoda ukázala na řadu faktorů, které doprovázejí tento typ nehod – na nedostatečnou kontrolu zdroje, lidské pochybení, náročný proces monitorování, a to jak ozářených osob, tak kontaminovaného životního prostředí, budov, a na nákladnou likvidaci následků nehody.

Goianii (Brazílie 1987)

V Goianii vyřazený, nedostatečně hlídáný terapeutický zářič ^{137}Cs (práškový chlorid cesia o aktivitě 51 TBq) si nelegálně odvezli domů dva lidé. Při neodborné demontáži kontejneru se dostali k zářiči, který nechtěně destrukovali. Demontáži přítomné / přihlížející osoby si kontaminovaly, netušíc, že jde o silný radionuklidový ZIZ, nejen svá těla, ale i svá obydlí. I když se u několika z nich začaly projevovat příznaky nemoci z ozáření, lékař, kterého postižení nejprve navštívili, tyto příznaky jako důsledek ozáření nediagnostikoval.

Pozdní stanovení diagnózy a tím i pozdní zahájení záchranných a likvidačních prací měly za následek mimořádné škody – 4 osoby zemřely (obdržely dávky 4,5 až 6 Gy), 249 osob bylo kontaminováno, 112 tisíc jich bylo monitorováno, což si vyžádalo nasazení značných zdravotnických kapacit, 67 km² bylo letecky monitorováno, 159 domů v okolí nehody bylo proměřeno, 42 z nich muselo být dekontaminováno, některé zbourány (viz foto 121). Likvidace vzniklého kontaminovaného odpadu (kontaminováno až 35 tisíc m³ materiálu) si vyžádala výstavbu speciálního dlouhodobého skladu, kde přibližně 3 000 m³ odpadů bude skladováno až 300 let. Celkové náklady na likvidaci události se odhadují na desítky milionů US \$.



Foto 121. Likvidace kontaminovaných obydlí ^{137}Cs v brazilské Goianii. [Zdroj: F-121]

Istanbul (Turecko 1998) a Samut Prakarn (Thajsko 2000)

V obou těchto případech šlo o vyřazené, dlouhodobě skladované (ve stínících krytech) a nezabezpečené zářiče kobaltu ^{60}Co (jednotky až desítky TBq), které se dostaly do rukou osob, jež stínící kryty likvidovaly jako kovový šrot, aniž by tušily, že obsahující zářiče.

Již v průběhu těchto manipulací někteří ze zúčastněných cítili příznaky nemoci z ozáření, která, podobně jako v případě nehody v Goianii, nebyla včas diagnostikována. Šetření a náročný monitoring vedly v obou případech však k závěru, že zářiče při manipulaci naštěstí nebyly poškozeny a tím nedošlo ke kontaminaci životního prostředí.



Foto 122. Radiační popáleniny rukou ^{60}Co v thajském Samut Prakarnu. [Zdroj: F-122]

Při nehodě v Istanbulu bylo vážně ozářeno a léčeno 10 osob, které se podílely na manipulaci se šrotem (dávky v rozsahu 1 až 4 Gy byly odhadnuty na základě klinických projevů a hematologického vyšetření), 404 osob bylo podrobena klinickému a hematologickému vyšetření.

V Samut Prakarn bylo rovněž 10 osob léčeno – 4 obdržely dávky větší než 6 Gy (odhad na základě klinických projevů), tři z nich zemřely do 2 měsíců (první již 23. den po ozáření). Ostatní zúčastnění obdrželi dávky kolem 2 Gy (viz foto 122). Celkem bylo vyšetřeno 1872 lidí.

Tyto dvě nehody díky tomu, že při nich nedošlo ke kontaminaci budov a životního prostředí, neměly za následek tak rozsáhlé likvidační práce jako v Goianii, přinesly však řadu poznatků v oblasti léčby letálně ozářených lidí.

Tammik (Estonsko 1994)

Několik mužů vniklo do nedostatečně chráněného úložiště radioaktivních odpadů (v době nehody se v něm nacházely zářiče o celkové aktivitě 76 TBq, převážně ^{137}Cs a ^{90}Sr) a odneslo i kontejner, který obsahoval zdroj ^{137}Cs . Při manipulaci s kontejnerem z něj vypadl zářič a jeden z mužů si lesklý váleček vložil do kalhot. Po návratu domů jej dal do zásuvky v kuchyni, kde zůstal asi měsíc, než došlo k identifikaci nehody. Muž již v průběhu prvních hodin po návštěvě úložiště pocítil nevolnost a zvracel. Po 4 dnech byl hospitalizován pro vážné poranění nohy (nepřiznal, že vnikl do úložiště) a lékař nepoznal, že jde o radiační popáleninu.

Po týdnu v důsledku ozáření zemřel. Na nehodu se přišlo po několika týdnech, když nevlastní syn mrtvého byl hospitalizován a u něho již bylo identifikováno radiační popálení na ruce (zjistilo se, že po určitou dobu držel zářič v ruce). Bylo prokázáno, že 5 lidí obdrželo dávky mezi 0,3 až 2,7 Gy.

Lilo (Gruzie 1997)

Mezi dubnem až srpnem roku 1997 se u vojáků výcvikového střediska pohraničních vojsk v gruzínském městě Lilo, objevily kožní poškození, které byly z počátku diagnostikovány jako popáleniny (klasické), nebo alergie. Teprve později (v prvním případě po více než 9 měsících léčení) se za příčinu poškození označilo ozáření. Rozběhlo se rozsáhlé šetření, které se soustředilo jak na původ ozáření, tak na diagnostiku a terapii postižených osob.

Postupně se na různých místech našlo 12 zářičů ^{137}Cs a jeden ^{60}Co – jeden zářič v kapse zimní vojenské bundy, jiné v budově, v krytu vojenského zařízení, na bývalém vojenském vrakovišti (viz foto 123), u plotu a v okolí zařízení (odhadnuté aktivity se pohybovaly od 0,02 do 164 GBq).

Nebyla zjištěna kontaminace terénu, či osob. U 11 osob trvalo ozáření podle následných šetření a analýz přerušovaně 60 až 300 dnů (počátek nebyl zjištěn) a bylo silně heterogenní. U postižených byla diagnostikována chronická lokální nemoc z ozáření (postupně se rozvinula v radiační popáleniny až 4. stupně). Odhady celotělových dávek se pohybovaly v intervalu od 0,2 do 5,9 Gy. Po 2 letech od ozáření bylo konstatováno, že z 11 pacientů, tři budou i nadále vyžadovat léčbu (chirurgické zákroky, rekonstrukce odejmutých svalů a kůže, plastiky, atd.), v důsledku čehož u nich byly diagnostikovány trvající depresivní stavy.

Kromě uvedených událostí, byly a jsou nadále hlášeny další nálezy opuštěných ZIZ a manipulace s nimi, které vedly k vážným ozářením, či dokonce úmrtí osob (v letech 2001 až 2003 byly takové případy řešeny např. na několika místech v Rusku, opět v Gruzii, v Egyptě a dalších zemích), což svědčí o tom, že systémy zabezpečení ZIZ od jejich výroby, případně dovozu do dané země, přes různé způsoby nakládání až po jejich konečné zabezpečení – likvidaci – uložení jsou stále nedostačující a je jim třeba na národních a mezinárodních úrovních věnovat stálou pozornost.



Foto 123. Radiační průzkum v gruzínském Lilo.

[Zdroj: F-123]

Česká republika

I u nás v posledních letech dochází ke krádežím vík kanálů, části zabezpečovacích systémů na železnicích, drátů rozvodných sítí s cílem zpeněžit je ve sběrnách kovového šrotu a jen systém důsledné kontroly nad používanými ZIZ může minimalizovat riziko vzniku podobné nehody u nás. V roce 1996 Státní úřad pro jadernou bezpečnost řešil případ, kdy byl v Itálii zadržen vagón se železným šrotem dovezeným z ČR a vrácen zpět s tím, že obsahuje ZIZ. Po příjezdu na hranice byl vagón zadržen a pod dohledem specialistů z resortu SÚJB rozebrán. Byl izolován a postupně identifikován zářič ^{137}Cs o celkové aktivitě 1,79 TBq, jehož ztrátu nahlásila několik dnů před tím jedna česká firma. Bylo zjištěno, že zářič je neporušený, tzn., že nedošlo ke kontaminaci životního prostředí. Šetřením pohybu zářiče se neprokázalo ozáření osob, které by mohlo zdravotní následky. Co však chybělo k tomu, aby se tak stalo?

5.9.4.6 Doporučení závěry při řešení radiačních nehod

V případě vzniku radiační havárie se předpokládá, že radioaktivní látky unikají do životního prostředí zpravidla v delším časovém období. K velkým únikům může dojít řádově za několik minut až hodin od vzniku radiační havárie a únik může trvat 30 minut až několik dní. Z hlediska časového průběhu havárie jaderně energetického zařízení (JEZ) a ohrožení obyvatelstva, rozlišujeme 3 fáze radiační havárie (platící obecně i pro všechny radiační havárie).

1. Časná fáze

- představuje radiační ohrožení obyvatelstva přímým ozářením z jaderného zařízení, vnějším ozářením radionuklidy z procházejícího mraku a usazenými na povrchu, vnitřní kontaminací vdechováním a povrchovou kontaminací pokožky a oblečení, trvá několik hodin po havárii,
- pro ochranu obyvatelstva jsou v této fázi rozhodující tato neodkladná opatření:
 - *varování obyvatelstva* (prostřednictvím sirén, rozhlasových a jiných systémů, které varují signálem „Všeobecná výstraha“ – kolísavý tón o délce 140 sekund, případně při využití elektronických sirén doplněný o hlasovou informaci „radiační havárie“ nebo jinými informacemi pro obyvatelstvo). Tento signál vyžaduje od osob nacházejících se v zóně havarijního plánování, aby se okamžitě ukryli v budovách a zapnuli TV nebo rozhlasový přijímač, ze kterých obdrží další informace,

- *ukrytí* (realizuje se ihned po varování obyvatelstva využitím improvizovaných úkrytů např. vlastní byty, kina, tělocvičny, atd.) Obyvatelé zůstanou ukryti po dobu, která je jim oznámena ve sdělovacích prostředcích,
- *jodová profylaxe* (občané žijící v zóně havarijního plánování musí po varování požit tablety jodidu draselného v množství uvedeném ve sdělovacích prostředcích). Tím, že štítnou žlázu nasýtíme normálním jodem, zabráníme usazování radioaktivního jódu ve štítné žláze,
- *individuální ochrana osob* (vybavení/použití prostředků individuální ochrany),
- *evakuace obyvatelstva* (organizované přemístění osob z ohrožených míst do předem vybraných oblastí mimo zónu havarijního plánování, provádí se z území do 5 až 10 (20) km od radiační havárie v případě JE Dukovany a 5 až 13 km u Temelína).

Tato opatření se také provedou i v oblastech ležících mimo zónu havarijního plánování dle vyhodnocení vývoje radiační havárie a jejího předpokládaného vlivu na okolí.

2. Střední fáze

- představuje radiační ohrožení obyvatelstva zevním ozářením radionuklidů z kontaminovaného terénu a jejich vdechováním při rozvíření kontaminovaných povrchů, spotřebou kontaminovaných potravin a pitné vody nebo příjmem kontaminovaných zemědělských produktů jako je mléko a zelenina,
- může trvat několik dnů až měsíců,
- pro ochranu obyvatelstva tato následná a doplňující opatření:
 - *speciální hygienická očista osob* (dekontaminace osob využitím individuálních nebo improvizovaných prostředků),
 - *zdravotní péče* (léčebně preventivní, hygienická a protiepidemická opatření),
 - *regulace používání kontaminovaných potravin, vody a krmiv*,
 - *zákaz činnosti ohrožující zdraví obyvatelstva*,
 - *regulace pohybu osob* (zákaz vstupu osob do ohroženého prostoru, zajištění průjezdnosti komunikací pro monitorovací skupiny, pro evakuaci a přesun sil a prostředků provádějící záchranné a likvidační práce),
 - *přesídlení osob* (smyslem je zabránit pobytu obyvatelstva v nepřístupně kontaminovaných oblastech),
 - *monitoring* (měření, analýza a vyhodnocování radioaktivního spadu).

3. Pozdní fáze

- nepředstavuje bezprostřední nebezpečí pro obyvatelstvo,
- období postupného odvolávání zavedených ochranných opatření,
- přechod k běžnému způsobu života,
- může trvat i několik let.

Mimo zónu havarijního plánování:

Je především prováděna dozimetrická kontrola (měření) vody, půdy, vzduchu, potravin a krmiv atd.). V případě, že by byly zjištěny nepřijatelné limity dávkového ekvivalentu ionizujícího záření nebo obsahu radionuklidů, jsou přijímána účinná opatření, obdobná svým obsahem opatřením realizovaným v zóně havarijního plánování.

Aby nedošlo k ohrožení obyvatelstva, a kontaminaci okolí mimo zónu havarijního plánování jsou na výjezdech ze zóny havarijního plánování plánovány, zajištěny a případně realizovány regulační místa, kde by se mj. prováděla dozimetrická kontrola osob, vozidel a materiálů vyvážených ze zóny havarijního plánování. V blízkosti regulačních míst se zřizují místa pro provádění dekontaminace.

Jde zpravidla také o veřejné či podnikové umývárny nebo „sprchárny“ a místa speciální očisty budovaná polním způsobem vojenskými jednotkami Armády ČR (samostatné záchranné roty nebo jednotky chemického vojska) a jednotkami požární ochrany Hasičského záchranného sboru ČR (dekontaminační jednotky, chemická služba, zásahové jednotky).

Jaderná bezpečnost

Jaderná bezpečnost je stav a schopnost jaderného zařízení a jeho obsluhy zabránit nekontrolovatelnému rozvoji štěpné řetězové reakce a nedovolenému úniku radioaktivních látek a ionizujícího záření do životního prostředí. Jako červená nit se táhne jadernou energetikou automaticky chápaná povinnost zabezpečit všechny procesy související s uvolňováním energie tak, aby nemohlo dojít k poruše ani havárii technologických systémů. Toto je sice přání, ale technologický problém nelze nikdy vyloučit.

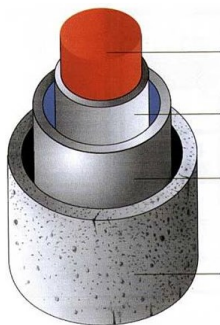
Přijátá filosofie jaderné bezpečnosti nekončí jen u požadavků na kvalitní a bezpečné zařízení, ale zahrnuje i opatření na maximální omezení důsledku poruchy či havárie nebo na její likvidaci. Tato filosofie je zakotvena v projektu elektrárny. Kromě toho, že jaderná elektrárna musí odolat všem nepříznivým vnějším vlivům (zemětřesení, pád letadla, teroristický útok...), musí vlastními silami zvládnout všechny myslitelné a představitelné poruchy a havárie. Hodnotí se především, co vše špatného (tedy jaká porucha) se může stát. Na každý takto definovaný problém se vymyslí řešení, které zamezí buď přímo vzniku problému, nebo následným účinkům. To se uplatní v projektu a následně při výrobě zřízení elektrárny. Filosofie zajištění jaderné bezpečnosti směřuje k maximalistickému výsledku – je definován stav, kterému odborníci říkají „*maximální představitelná nehoda*“. Představme si to jako diskusi o vymýšlení toho „co ještě horšího“ se může stát. Ani nemá smysl zdůrazňovat, že právě proto musí být elektrárna zkonstruována tak, aby tuto nehodu dokázala eliminovat a zajistit, aby se neprojevila navenek.

Největším nebezpečím pro pracovníky jaderně energetických zařízení a pracovišť s ionizujícím zářením i pro obyvatelstvo v jejich okolí, je únik radionuklidů a ionizujícího záření z paliva, reaktoru i elektrárny. Úniku radionuklidů a ionizujícího záření je kladeno značné množství překážek.

Vždy je nutno překonat stále více složitějších a odolnějších překážek a bariér:

- 1. *bariéra* – palivo je hermeticky uzavřeno v kovových palivových proutcích, obalených speciální slitinou ze zirkonia, sestavených do palivových článků,
- 2. *bariéra* – primární okruh, který je konstruován jako mimořádně těsný tak, aby nedošlo k úniku chladicí vody mimo tento okruh,
- 3. *bariéra* – speciální hermetické obestavení primárního okruhu a ochranná obálka. Reaktory elektrárny Dukovany jsou umístěny v barbotážní hale a v elektrárně Temelín, jsou chráněny modernějším kontejnmentem.

V České republice jsou v provozu dvě jaderné elektrárny – Dukovany (dále v textu JEDU) a Temelín (v textu JETE). Projekt a technické řešení elektráren, dodržování stanovených podmínek provozu a odborná, zdravotní i psychická způsobilost personálu těchto elektráren možnost vzniku havárie v podstatě vylučuje a jejich vznik je velmi nepravděpodobný.



Palivová tableta

- I. bariéra – pokrytí paliva – obal palivového proutku ze speciální slitiny Zircaloy
- II. bariéra – konstrukce primárního okruhu z nerezové oceli, která je odolná vůči mimořádnému tlakovému, dynamickému, teplotnímu i radiačnímu zatížení
- III. bariéra – železobetonová obestavba primárního okruhu a ochranná obálka o tloušťce 1,2 m s ocelovou výstelkou – tzv. kontejnment

Obrázek 87. Průřez palivového článku do jaderného reaktoru.

[Zdroj: O-87]

Obě elektrárny provozují jiný typ reaktorů (VVER), než ty, které byly provozovány v Černobylu. V případě nepravděpodobného selhání obsluhy nebo řídicích systémů reaktorů by i přes zvýšení tepelného výkonu reaktoru došlo k samovolnému potlačení štěpné reakce a tím k postupnému odstavení reaktoru (inherentní systém). Nemůže dojít k radiační havárii jako v Černobylu, kde se použité reaktory typu RBMK vyznačují tzv. kladnou reaktivitou a nestabilitou při menších tepelných výkonech reaktoru.

Zajištění havarijní připravenosti

Přes všechna bezpečnostní opatření mají obě naše jaderné elektrárny (JE) pro případ vzniku mimořádné události, která má nebo může mít za následek porušení ochranných bariér, vypracován systém ochranných opatření zaměstnanců a obyvatelstva. Tento systém je rozpracován v rámci havarijní připravenosti, která je důležitým faktorem k zajištění ochrany lidí při radiační havárii a realizována ve zpracovaných *havarijních plánech*. Opatření k ochraně obyvatelstva uvedená v těchto havarijních plánech musí být zabezpečena povolanými a odborně zdatnými osobami, materiálem a technikou. Způsob zajištění havarijní připravenosti je stanoven – „*Předpisem č. 359/2016 Sb.*“ – *Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost o podrobnostech k zajištění zvládnutí radiační mimořádné události*. Postupy k řešení havarijních situací je nutno pravidelně nacvičovat, procvičovat a prověřovat.

V případě elektrárny Dukovany, sahá zóna havarijního plánování do vzdálenosti 20 km kolem elektrárny, a u elektrárny Temelín sahá do vzdálenosti 13 km, včetně města Týn nad Vltavou. Všichni obyvatelé žijící v těchto zónách pravidelně dostávají „*Příručku pro ochranu obyvatelstva v případě radiační havárie*“.

Ukazuje se, že v případě, kdy došlo k destrukci radionuklidového zářiče, je nezbytným doprovodem takové nehody nejen ozáření a kontaminace osob, ale i kontaminace nemalého území, obydlí v okolí nehody, což má za následek, že likvidace nehody pak představuje, vedle významných nákladů na zdravotní / léčebnou péči, rekonstrukci ozáření, na dozimetrii, i velké náklady na dekontaminaci a likvidaci radioaktivních odpadů.

Ukazuje se (nemáme-li na mysli radiační havárie JE), že radiační nehody mimo pracoviště se ZIZ mohou být závažnější než nehody na pracovištích s nimi. Mnohdy prvotní diagnóza zdravotních následků ozáření, zpravidla provedená praktickými lékaři, někdy specialisty jiných oborů – dermatology, či specialisty na infekční nemoci, není správná. Zejména u nehod mimo pracoviště se ZIZ se toto potvrdilo – zdravotní příznaky byly posuzovány jako běžné popálení, infekce (bodnutí hmyzem), dietetická chyba, viróza a takto i dlouhodobě léčeny.

Základní dokumentaci havarijní připravenosti tvoří:

1. Vnitřní havarijní plán:

- je zpracován pro případ radiační havárie pro provozovatele jaderné elektrárny,
- popisuje zajištění vnitřní havarijní připravenosti provozovatele JE a popisuje zabezpečení ochrany zaměstnanců a osob v areálu JE v případě velmi vážných mimořádných událostí a v případě vzniku radiační havárie.

2. Vnější havarijní plán:

- je zpracován pro okolí jaderné elektrárny ležící v zóně havarijního plánování a popisuje zabezpečení havarijní připravenosti v okolí JE,
- popisuje ochranná opatření pro obyvatelstvo (vyrozumění a varování, monitorování radiační situace, ukrytí, jodovou profylaxi, evakuaci, regulaci pohybu osob, dozimetrickou kontrolu a dekontaminaci, regulaci využívání potravin, pitné vody a jejich zdrojů a zdravotní péči),
- jsou zde stanoveny postupy pro zabezpečení a řízení činností, které jsou spojeny se zajištěním ochrany obyvatelstva, životního prostředí a majetku v případě vzniku radiační havárie (vyrozumění, varování, monitoring radiační situace, ukrytí, atd.).

MAAE v roce 2000 publikovala dokument „*How to recognize and initially respond to an accidental radiation injury*“, ve kterém shrnuje zásady, jak rozpoznat radiační nehodu a jaké činnosti provést v první fázi po jejím zjištění, aby se snížilo riziko špatné diagnózy. Bohužel, radiační nehody, ukazují na to, že není obtížné získat ZIZ (i o vysoké aktivitě) a případně jej zneužít. Dalším zjištěním je velmi nízká úroveň znalostí mezi běžnými obyvateli o riziku ozáření při manipulaci se ZIZ. Tyto skutečnosti volají po účinné a trvalé osvětě v dané oblasti.

Jistě negativní je i fakt, že za cenu získat peníze, roste počet nehod souvisejících se snahou ať legální či nelegální cestou získat kovový šrot (v podobě kontejnerů, ozařovacích hlav, apod.), kdy tyto odložené / skladované, nedostatečně zajištěné obaly v řadě případů obsahují opuštěné ZIZ o nemalých aktivitách. Naopak, nezanedbatelným přínosem proběhlých nehod je vývoj, zlepšování a ověřování nových metod a postupů detekce, dozimetrie, rekonstrukce ozáření, vyšetřování stavu pacienta a konečně jeho léčení.

V terapii bylo např. doporučeno neprovádět transplantace kostní dřeně pro dávky menší než 2 až 4 Gy. Zdůrazňován je vliv psychického faktoru při léčbě ozářených osob (recidivy, dlouhodobé léčení). V případě některých nehod bylo konstatováno, že přes všechno úsilí léčby, byla příčinou smrti ozářené osoby sekundární infekce v záření oslabeném organismu (otevřené rány, radiační popáleniny), proto v mezinárodních doporučeních se vyskytuje požadavek (ve vyspělých zemích již léta naplňovaný) léčit ozářené pacienty ve speciálních izolovaných / sterilních boxech („*life islands*“).

Metody sloužící k odhadům dávek ozářené osoby:

- *metody biologické dozimetrie* (odhad dávek na základě hodnocení klinického stavu, morfologických změn, použití komplexních biochemických, mikrobiologických, hematologických a cytogenetických vyšetření),
- *kombinace fyzikálních a biologických metod* (rekonstrukce lokálních dávek byla provedena pomocí metody Monte Carlo, kdy simulace transportu fotonů v postižené tkáni byla porovnána se stupněm poškození této tkáně na základě biologické dozimetrie),
- *fyzikální metody* (fantomová měření, dozimetrická rekonstrukce, např. využití metody elektronové paramagnetické resonance k odhadu dávek od zevního ozáření v zubní sklovině).

V případě vzniku radiační havárie je každý občan, který může být ohrožen jejím důsledkem, povinen se chovat dle těchto **obecných zásad**:

- správně reagovat na varovné signály (jednotný systém varování a vyrozumění),
- sledovat informace v hromadných sdělovacích prostředcích, pokyny sdělované místním rozhlasem, rádiovozy a chovat se dle podle pokynů záchranných jednotek a orgánů veřejné správy, ke kterým mít důvěru, (chtějí Vám pomoci),
- pokud je osoba na otevřeném prostranství, je povinna okamžitě vyhledat nejbližší dům (pokud možno sklepní prostory nebo suterény v domě), uzavřít dveře, okna, vypnout ventilaci, utěsnit ventilační otvory, potraviny uložit do igelitových nebo alespoň papírových obalů a uložit je do ledniček, mrazáků nebo uzavřených prostor,
- zdržovat se ve středové místnosti domu v přízemí, suterénu nebo ve sklepě, místnost by měla mít minimum oken (v panelových domech to mohou být předsíně nebo chodby),
- připravit si improvizované prostředky individuální ochrany,
- uhasit otevřený oheň v kamnech, vypnout plynové spotřebiče atd.,
- zabezpečit domácí zvířata krmením, vodou a uzavřít je,
- byt, dům opouštět až na základě pokynů složek IZS nebo oficiálního sdělení,
- připravit si evakuační zavazadlo a ukrytí nebo evakuaci provést až po základě pokynů složek integrovaného záchranného systému nebo oficiálního sdělení,
- jódové přípravky (tablety jodidu draselného) budou osobám v případě potřeby vydány i s instrukcí, jak je používat.

Pokud by došlo ke vzniku radiační havárie jaderné elektrárny Dukovany nebo Temelín, se obyvatelé, žijící v zóně havarijního plánování, řídí pokyny provozovatelů jaderných elektráren a orgánů státní správy a samosprávy.

V případě dopravní nehody spojené s přepravou radioaktivních látek (vozidla přepravující tyto materiály jsou označena výstražnými symboly):

- je nutné okamžitě místo havárie opustit (zvážit možnost poskytnutí první pomoci zraněným osobám),
- pokud není o havárii nikdo informován, podat o této havárii informaci.

V případě nálezu podezřelých předmětů označený symbolem radioaktivní látky:

- s tímto předmětem nemanipulovat, místo nálezu urychleně opustit,
- zabránit přístupu osobám a nález okamžitě oznámit Polici ČR nebo HZS.

I když radiačním, podobně jako i jiným, nehodám nelze zcela zabránit, je třeba se snažit riziko jejich vzniku omezovat – zvyšováním kvality zajištění / zabezpečení ZIZ, s nimiž se nakládá, zvyšováním úrovně znalostí, jak se k těmto zdrojům chovat, a to nejen mezi radiačními pracovníky, ale i mezi obyvateli, a konečně, využíváním / zaváděním poznatků z průběhu a likvidace následků těchto nehod do systému radiační ochrany a havarijní připravenosti.

6. Chemické zbraně

6.1 Historie a současnost

Chemické zbraně společně se zbraněmi jadernými a biologickými vytvářejí kategorii prostředků hromadného ničení. Jejich historický počátek by se mohl datovat první světovou válkou, ale není tomu tak. Kořeny využití toxických látek jsou podstatně starší. Byl to již předhistorický člověk, který se snažil vypudit zvěř z úkrytů dráždivým dýmem ze syrového dřeva a který později začal využívat tyto zkušenosti z lovu i proti nepřítelům.



Obrázek 88. Kulčiba jedodárná (*Strychnos toxifera*) je liána, z Jižní Ameriky, z povodí řek Orinoko a Amazonka. Používá se pro jed kurare. [Zdroj: O-88]



Foto 124. Indián z amazonské oblasti Brazílie. K lovu indiáni používají jed kurare. [Zdroj: F-124]



Foto 125. *Phylllobates terribilis* – pralesnička strašná. Jedna z nejedovatějších žab čeledi Dendrobatidae. [Zdroj: F-125]

Počáteční používání chemických látek proti lidské síle je však přece jen více spojováno s ohněm, který se používal při ochraně před útokem zvířat i lidí, později při obraně či dobývání měst a opevnění. Jako komponenty k tomu sloužily lehce zápalné dostupné látky, jako např. oleje, pryskyřice apod. Dochované prameny hovoří o tom, že již asi 2000 let př. n. l. se používaly toxické dýmy obsahující i vyluhované extrakty z rostlin, které vyvolávaly hromadný spánek. Tyto dýmy jsou často popisovány v čínských pramenech z doby dynastie Sun.

Z doby kolem roku 600 př. n. l. pocházejí zprávy o tom, že Řekové a Asyřané kontaminovali vodní zdroje „čemeřicí“ způsobující těžké průjmy a „námelem“. První doklad o použití dýmu ze síry a smoly pochází z roku 428 př. n. l. z Peloponéské války (431 až 404 př. n. l.), při Spartanském obléhání Plataje, jak uvádí řecký dějepisec Thukydides.

Chemické zbraně nebyly poprvé použity během I. světové války, ale už ve III. století, tvrdí archeolog Simon James z univerzity v Leicesteru. Tato bitva proběhla v antickém městě Dura-Europos, který se nacházel na území dnešní Sýrie. Založen byl v roce 300 př. n. l. a ve III. století n. l. patřil Římanům. Dějiny městské pevnosti byly završeny v roce 256, kdy byla obsazena Peršany (Sasánovci), zapomenuta a zasypana pískem. Bitva o město byla krutá. Kromě toho, že Peršané navezli velký val, aby mohli hradby brát útokem, kopali také podzemní chodbu. Římsí vojáci také kopali tunel. Proto zápas probíhal i v podzemí. V důsledku toho, v „labyrintu“ pod městskými hradbami zůstalo mnoho těl Římanů. Ostatky asi 20 těl, objevených pod hradbami, ale i řada jiných nálezů, které podrobil analýze, mu dovolili sestavit zajímavou verzi události.

Je známo, že Peršané prováděli výkopové práce, aby narušili hradby a věže (to se jim ale nepovedlo, hradby jen trochu sesedly), navíc se pokoušeli vtrhnout do města z podzemí (ale ve vysvětlení, jak opravdu padl Dura-Europos, doposud zůstává hodně bílých míst). Římané kopali protichodby ve snaze situaci útočníkům zkomplikovat. A právě tady, jak si myslí archeolog z Leicesteru, Peršané použili novou zbraň – zapálili asfalt a krystaly síry, aby se jedovaté plyny, jako kominem, vydaly za Římány (čemuž napomohl způsob výkopu – viz obrázek 89). Podle Simona Římané, kteří právě byli v tunelu, ztratili vědomí během několika sekund a zemřeli za pár minut.

Známým se stal řecký oheň, jehož vynález je přisuzován Kallinikovi ze Sýrie. Šlo o směs ledku, síry, antimonu, mízy egyptského fikovníku, dehtu a páleného vápna. Řecký oheň byl oblíben nejen jako zápalná směs, ale i proto, že při svém hoření vyvíjel dusivé plyny a hořel i na vodní hladině. Směs využívalo bitevní loďstvo, kde se využívaly jako plamenomety speciální hmoždíře.

Jako skutečně první chemickou zbraní lze považovat spojení přírodních toxinů a šípů. Tyto, tzv. šípové jedy používali válečníci všech kontinentů. Účinek šípových jedů byl zaměřen na vznik paralýzy nervové soustavy, na ochrnutí srdečního svalu a dýchacího ústrojí.

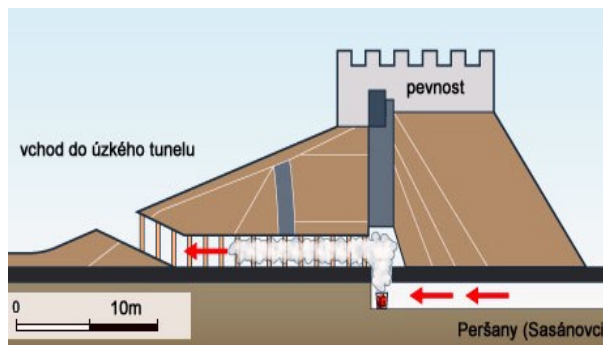
Toxickými látkami se zabýval i Leonardo da Vinci, který sestrojoval zápalné rakety s arsenikálními dýmy, které se používali při dobývání pevností. Při dobývání hradů, tvrzí a měst se velmi často kontaminovali zdroje vody rozkládajícími se těly zvířat i padlých bojovníků. Zajímavá je i informace z Nového světa, kdy indiáni proti španělským obyvatelům používali dráždivé látky vznikající házením pepře na žhavé uhlí.



Foto 126. Leonardo zkonstruoval dělo, které bylo pohyblivé a umožňovalo nastavení úhlu a výšky výstřelu. Z děla bylo možné střílet i klastrovou (kazetovou) municí, která se během letu rozdělí na řadu střel. [Zdroj: F-126]

nou látku zavedla fosfor. Za napoleonských válek navrhli angličtí chemici používat granáty s kyanovodíkem. V roce 1855 bylo admirálem Thomasem Cochranem navrženo použití oxidu siřičitého při dobývání Sevastopolu.

Z pohledu existenčních dopadů na lidskou společnost lze toto historické období chápat jako „nicotnost“ v porovnání s tím pravým „peklem“, které nastalo poté, co byly chemické zbraně nasazeny masově.



Obrázek 89. Použití jedovatého dýmu Peršany ve 3. století n. l. [Zdroj: O-89]

S použitím chemických látek se setkáváme i vnaší historii. Dle českých letopisů z dob husitských válek bylo při obléhání Karlštejnu v roce 1422 vrženo z katapultů Pražany vedených Zikmundem Korybutovičem na obránce hradu 1822 ks soudků (asi po 25 litrech) s fekáliemi a hořícím materiálem. Sirovodík z fekálií způsobil otravy i obráncům, kterým vypadaly vlasy, dostavily se střevní potíže jako typické příznaky otravy, přesto obléhání nebylo úspěšné.

Se získáváním nových poznatků o možnostech chemických látek narůstá i jejich význam při využití ve vojenství. Na konci 18. století použila Francie ve válkách několikrát chemikálie ke zvýšení účinnosti dělostřelecké munice a jako novou zápal-

Proto, za skutečné použití chemických zbraní je historicky považováno až jejich vojenské masové nasazení v první světové válce. Období let 1915 až 1918 je „prakticky“ jediné, kdy byly chemické zbraně použity jako zbraně hromadného ničení (více v kapitole 7 – průmyslové látky jako sekundární chemická zbraň).

6.1.1 Vznik chemické války

Ačkoli existuje všeobecné mínění, že v 1. světové válce byl bojový plyn použit poprvé Němci, není to tak. Bojové plyny použily všechny hlavní válčící mocnosti. V té době se používala poměrně velká škála bojových chemických látek (dříve nazývaných otravné látky nebo bojové otravné látky). V období od srpna 1914 do jara 1915 byly sporadicky použity bez většího efektu dráždivé látky.

Na západní frontě použila francouzská armáda v srpnu 1914 v puškových nábojích ráže 26 mm s obsahem 19 ml *ethylbromacetát* a *xylylbromid*. Němci, na oplátku 2. října 1914 u francouzského města Nueve-Chapelle použili dělostřelectvem látku *o-dianisidin*, když 3000 granáty ráže 105 mm (Ni-schrapnell) zasypali francouzské postavení. Francouzská odpověď přišla v listopadu 1914, když v ručních a puškových granátech použili *chloraceton*.

Na východní frontě byl slzný plyn v nových německých granátech ráže 150 mm označených 12T použit 31. ledna 1915 v bitvě u Bolimova 50 km na západ od Varšavy. I když bylo německou stranou vystřeleno 18 000 ks nábojů obsahujících směs *xylyl- a xylylen- bromid*, bylo vlivem nízké teploty (mínus 20 °C) použití plynu neúspěšné. Při dalším použití granátů Němci v březnu 1915 u Nieuport ve Flandrech byl vzhledem k vyšší teplotě účinek větší. V létě pak v granátech s vyšší trhavou náplní k zachování střepinového účinku, byl použit *chlorovaný mravenčan methylnatý*.



Obrázek 90. Vojáci s nasazenými plynovými maskami při plynovém útoku. 1. světová válka.
[Zdroj: O-90]

Tyto příklady ukázaly vojenským odborníkům, že k tomu, aby se dosáhlo vysokých bojových koncentrací a tím dostatečného otravného účinku, bylo nutné použít daleko většího množství otravné látky. Německý generální štáb proto uvítal návrh německého chemika prof. Fritze Habery (v té době hejtmana), který doporučil použít *chlór* pro vlnový útok, který pak znamenal podobný předěl v dějinách válek jako svržení atomové bomby na Hirošimu.

Za počátek „chemické války“ je všeobecně považována válečná událost ze dne 22. dubna 1915, kdy německé vojsko vypustilo na francouzské vojenské jednotky plynný chlór z připravených tlakových láhví. Tento velmi jedovatý plyn zasáhl kolem 15 000 francouzských vojáků, z nichž do 3 dnů 5 000 zemřelo. Je pochopitelné, že to způsobilo velké zděšení na francouzské straně. Naopak na německé straně nebyl tento „vojenský úspěch využít“ a rozvíjen, protože německé velení tomuto druhu válčení nedůvěřovalo a proto nemělo připraveny dostatečné vojenské zálohy k jejich nasazení.

V tento den 1. světové války byly chemické zbraně poprvé masově nasazeny na bojišti.

6.1.1.1 Co předcházelo prvnímu masovému chemickému útoku?

Teoretické podklady pro plynový útok vypracoval fyzikální chemik Walter Nernst se svým vědecko-technickým štábem (R. Wilstätter, J. Franck, W. Westphal) v „*Institutu Fyzikální Chemie a Elektrochemie Císaře Wilhema*“ v Berlíně-Dahlemu. Samotný návrh přednesl výše zmíněný prof. F. Habera.

Císař Vilém II váhal se souhlasem k použití chemických látek vzhledem obavám zporušení mezinárodních závazků Německa. Byl však prof. Haberem přesvědčen, že k porušení Haagské konvence (1907) nedojde, čímž byly námitky smeteny se stolu. Konvence zavazovala smluvní strany nepoužívat chemické střelivo, ale s vypouštěním plynu z tlakových láhví a větrem, který přinese otravnou látku k nepříteli, nikdo nepočítal.

Po velkých testech na stádech ovcí pod krycím názvem „*Desinfektion*“ v lednu 1915 na cvičišti Köln-Wahnzim mělo k nasazení chemických zbraní dojít na východní frontě. Avšak již 25. ledna 1915 byl vybrán úsek západní fronty u belgického města Ypres v prostoru 4. armády mezi Bixschoote a Poelkapelle, severně od města Ypres. Pro použití chloru bylo v Německu vyrobeno 24 000 ks ocelových láhví a dalších 6 000 ks bylo zabaveno armádou.



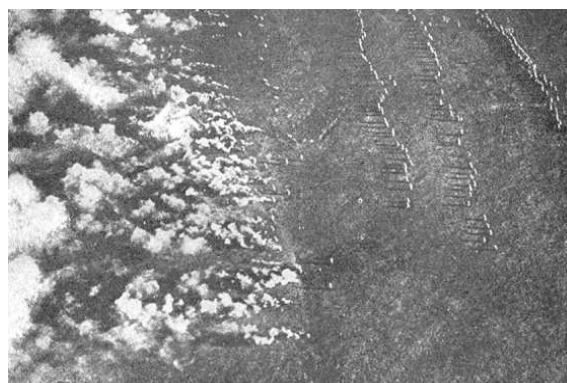
Obrázek 91. Němečtí vojáci uvolňující plyn během vojenského testu v použití jedovatého plynu. [Zdroj: O-91]

Přípravou první operace bojového použití chloru, výcvikem a organizací byl pověřen chemický inženýr plukovník Otto Peterson. První jednotka v počtu 500 záložníků pod oficiálním názvem „*Pionier Kommando*“ nebo také „*Desinfektion gruppe Peterson*“, neoficiálně „*Gasregiment Peterson*“ anebo „*Stinkpioniere*“ (Páchnoucí zákopníci) se rozrostla na 1 600 mužů a dostala označení „*Pionier Rgt. 35*“ (zasazen na západní frontě), který se skládal ze dvou plynových praporů „*gasbataillonů*“ po třech rotách a zabezpečujícími jednotkami (parková, telefonní a povětrnostní rota). Byla vybavena kyslíkovými přístroji Dräger-Tübben 1914. Velitelem byl jmenován major von Zingler od kavalérie. Brzo následoval „*Pionier Rgt. 36*“ (zasazen na východní frontě).

V únoru 1915 do Flander přijel plukovník Peterson s úkolem rekognoskace a instalace nádob s plynem. Od 30. března 1915 začíná XV. armádní sbor nedaleko Zillebeku (nedaleko Ypres) instalovat tlakové bomby do linie zákopů. Sklad a plnicí stanice byl v Cortemarcku, odkud se láhve dopravovaly dráhou na jednotlivá místa. Dopravu do zákopů obstarávali nosiči. První vypouštěcí linie byla připravována v prostoru kanadské divize. K ochraně vlastních jednotek, byly vydány ochranné prostředky. První tzv. „maska“ vydaná německým vojákům v dubnu 1915 byla známa jako dechový nebo ústní chránič nebo „maska AOK Gent“.

6.1.1.2 Den „D“ – Den zrodu chemické války

Vzhledem k nepříznivému větru, který převážně vál od západu a severozápadu, nebylo možné zahájit plynový útok. Proto se velitel 4. armády rozhodl vybudovat další vypouštěcí linii v severní části fronty nad městem Ypres v prostoru XXVI. armádního sboru a XXVI. rezervního armádního sboru. V období od 5. do 10. dubna 1915 položil „*PionierRgt. 35*“ na vypouštěcí linii Langemark-Poelkapelle severně od Ypres pod vedením prof. Habery 1 600 ks velkých (40 kg chloru) a 4 130 ks malých (20 kg chloru) tlakových láhví se 146,6 tunami kapalného chloru. Příprava na útok pár set metrů od nepřítele nešla utajit, ale setkala se s nezájmem jak nepřítele, tak německého velení.



Obrázek 92. Německý plynový útok chlorem na východní frontě, byl fotografován ze vzduchu ruským letcem. Fotka byla nazvána „Německý děs ze vzduchu“. [Zdroj: O-92]

Již 14. dubna vypovídal o chystaném plynovém útoku německý zajatec August Jäger, ale nevěnovali tomu pozornost. Dokonce kanadské jednotky vystrčily ze svých zákopů na pozice „gasbataillonu“ plakát s nápisem: „*Můžete dlouho čekat, než povane správný vítr.*“

Původně měl být útok proveden v ranních hodinách 14. dubna, dále pak 19. a 21. dubna 1915. Všechny byly odvolány vzhledem nepříznivého větru. Potřebný vítr o rychlosti 2 až 3 m.s⁻¹ začal vát k večeru v úseku Bikschot-Langemark severně od Ypres. Rozkaz byl vydán 22. dubna 1915 v 17:24 s časem útoku v 18:00. Zpráva o otevření láhví přišla v 18:05 spolu s hlášením, že plynový oblak postupuje dobře.

Vojska Dohody nic takového nečekala a zelenožlutý oblak valící se na ně považovala za prostředek, kterým se německé jednotky snažili zamaskovat svůj postup a tak byl vydán rozkaz připravit se do střeleckých pozic. Chlor měl za následek silné poškození zraku a dýchacích orgánů. Útok rozvrátil linie 45. alžírské divize, 87. teritoriální divize a 90. brigády. Bylo zasaženo 7 000 až 15 000 vojáků, z nichž se většina stala nebojeschopnými, a zbytek z linií uprchl. V průběhu dvou dnů měl dosáhnout počet mrtvých 350 až maximálně 2 500 vojáků (dle britské statistiky, francouzská uváděla 15 000 zasažených a 5 000 mrtvých). Ti, co přežili, si více či méně nesli poškození zdraví na celý život.

Dokonalý úspěch byl překvapující jak pro napadené, tak pro německé velení. Už 10 minut po vypuštění chloru vyšly německé jednotky na zteč a postoupila na frontě široké 6 km do hloubky 4,5 km bez jediného výstřelu. Dle německého dobového tisku bylo zajato 2 740 Francouzů a Angličanů, ukořistěno 34 děl z toho 4 anglická těžká děla. Německé velení však nebylo připraveno na takovýto úspěch. Operační zálohy nebyly připraveny a tak se útok zastavil a průlom první linie nebyl využit k větší ofenzivě.

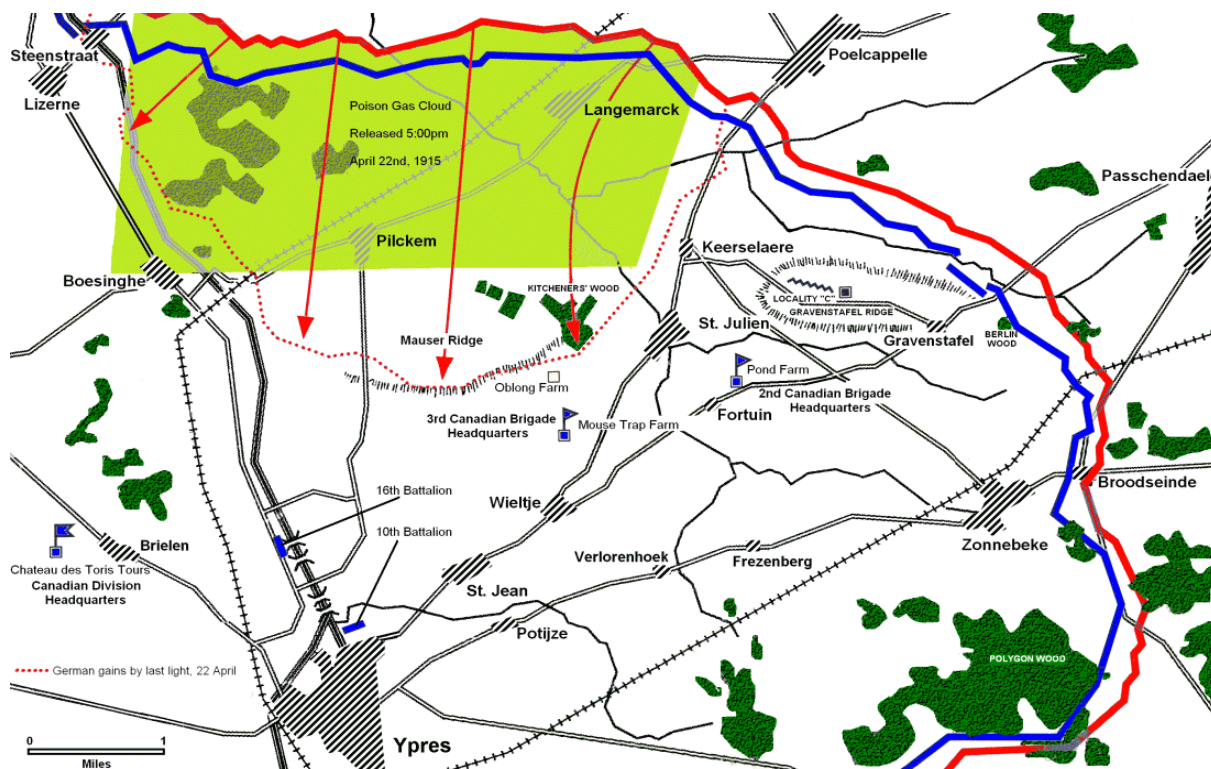


Schéma 5. Německý útok chlorem 22. dubna 1915. [Zdroj: S-5]

6.1.2 Použití chemických zbraní v 1. světové válce

Přehled o použití všech druhů otravných látek na bojištích 1. světové války je značně rozsáhlý.

Na bojištích bylo použito asi 45 druhů otravných látek, z nichž 18 bylo smrtících a 27 v různé míře dráždivých. Některé otravné látky po vojenské stránce zklamaly a jiné se ukázaly jako velice účinné. Nejnebezpečnějšími byly především chlor, fosgen, difosgen, kyanovodík a yperit.

Množství otravných látek použitých oběma stranami dosáhlo 110 000 až 120 000 tun. Ve válce zahynulo cca 8 540 000 vojáků, raněno bylo cca 21 220 000 vojáků, nemluvě o raněných a mrtvých civilistech. Chemickými zbraněmi bylo zasaženo 1 297 000 osob (do 6 týdnů se 70 % vojáků vrátilo do zákopů), z nichž 91 200 zemřelo. Tato početní statistika vychází z knihy amerického plukovníka Augustina M. Prentisse (Chemicals in War z roku 1937).

K používání chemických zbraní v období 1. světové války postupně sáhly všechny významné válčící strany: Německo, Rakousko-Uhersko, Rusko, Francie, Anglie, Itálie a Spojené státy americké. Nicméně to bylo právě Německo, které mělo největší předpoklady pro nasazení chemických zbraní. Zde je možno uvést jen jeden zásadní fakt, a to, že v období před 1. světovou válkou (1914) vyrábělo Německo celých 85 % světové chemické výroby, v té době zaměřené především na průmyslová barviva.



Obrázek 93. Britská chemická jednotka připravuje plynové lahve u Loos. [Zdroj: O-93]

Efektivnost chemických zbraní ve srovnání s klasickou municí byla zřejmá – jestliže 1 tuna klasických výbušnin způsobila 4,9 zdravotnických ztrát, potom 1 tuna otravných látek způsobila více než dvojnásobek (11,5). Otravné látky tedy byly nejméně dvakrát účinnější, a když vezmeme jako příklad jen látky zpuchřující, které se udržely v arzenálech armád až do současné doby, pak 1 tuna těchto látek způsobila 36,4 ztrát, tj. byly sedminásobně účinnější. A to šlo o látky, jejichž efekt je ve srovnání se současnými typy mnohonásobně nižší. Na vyřazení

jednoho vojáka z boje bylo zapotřebí 250 kg výbušnin, ale „pouze“ 96 kg bojových chemických látek. Chemické otravné látky se do výzbroje armád zaváděly postupně, tak jak státy vyráběly chemickou municí:

- 1914 – ethylbromacetát, xyllylbromid, o-dianisidin, chloraceton,
- 1915 – benzylbromid, xyllylbromid, chlor, fosgen,
- 1916 – difosgen, dibrommethylethylenketon, chlorpikrin, kyanovodík, sirovodík, chlorid cíničitý, akrolein, bromaceton,
- 1917 – difenylchlorarsin (*DA – Clark I*), bis-(2-chlorethyl)sulfid (*yperit*),
- 1918 – difenylchlorarsin (*DA – Clark II*), ethyldichlorarsin, dichlormethylether, 2-chlor-vinyldichlorarsin (*lewisit*).

Tabulka 38. Použití bojových chemických látek v 1. SV v tunách. [Zdroj: T-38]

Stát /rok	1915	1916	1917	1918	Celkem
Německo	2 900	700	15 000	28 000	52 900
Francie	300	3 500	7 500	15 000	26 300
Anglie	200	1 600	4 900	7 700	14 400
Rakousko-Uhersko		800	2 700	4 400	7 900
Itálie		400	2 500	3 400	6 300
Rusko	200	1 800	2 700		4 700
USA				1 000	1 000
CELKEM	3 600	15 100	35 300	59 500	113 500

První světová válka byla jediným a doufejme, že posledním obdobím, kdy byly otravné látky použity ve strategickém měřítku a způsobily velký počet úmrtí (nenávratné zdravotnické ztráty) a zranění tzv. otrav (zdravotnické ztráty). Faktem zůstává, že zoufalý protivník může k získání převahy použít chemické látky bez ohledu na mezinárodní smlouvy. Jde také o to, že chemické látky jsou běžně ve světě vyráběny k hospodářským účelům a řadu z nich lze uzpůsobit k usmrcování lidí (např. binární systémy). Dost na tom, že mnoho neštěstí způsobily toxické chemické látky při haváriích ve výrobě, dopravě nebo při špatném skladování.

6.1.3 Použití chemických zbraní po 1. světové válce

Po skončení 1. světové války se ve světě vedly lokální válečné konflikty, ve kterých se používaly chemické zbraně, i když v menším rozsahu. Např. v roce 1918 použila chemické zbraně anglická intervenční vojska, která se vylodila v Murmansk a Archangelsku.



Obrázek 94. Německé chemické dělostřelecké granáty. Různé symboly byly použity pro různé chemické látky. Granát označený jako 1 byl prvním chemickým granátem použitým během 1. světové války. [Zdroj: O-94]

Dne 23. května 1919 byly chemické zbraně použity námořním dělostřelectvem při ostřelování Kerče. V období srpen až září 1919 použily Bělogvardějci s intervenčními vojsky na jednotky Severního frontu granáty s *adamsitem*. V srpnu 1920 byly proti části 16. armády v prostoru Baranovičů použity Bělogvardějci chemické granáty s *fosgenem*, které dostali od Angličanů.

Dělnicko-rolnická Rudá armáda použila chemické granáty plněné fosgenem k potlačení rolnických povstání v roce 1918 v Jaroslavl, 18. března 1919 dělostřelectvem Zaaurského pluku k potlačení povstání na Horním Donu a 13. července 1921 proti povstalecké armádě Antonova v Tambovské gubernii, kde dělostřelectvo Zavolžského vojenského okruhu použilo granáty s *fosgenem* a láhve s *chlorem*. Aby akce nebyla promarněna, zúčastnili se jí i posluchači Moskevských kurzů vojenské plynové techniky.



Schéma 6. Povstání v Tambovské gubernii 1920 – 1921. [Zdroj: S-6]

Uvádí se, že ve 30. letech vzdušné síly Rudé armády použily yperit ve formě leteckého postřiku proti basmačům – loupeživým tlupám ze Střední Asie podnikajících ozbrojené nájezdy na území Sovětského svazu.

Španělsko používalo chemické zbraně ve 20. letech v Maroku proti domorodcům. Itálie použila yperit v roce 1930 v Libyi a v roce 1936 proti Habešanům (Etiopie) – ze 700 tun tvořily zpuchýřující 60 % a dusivé látky 40 %. Odhadované ztráty byly 10 000 vojáků a 5 000 civilistů z odhadovaného počtu 250 000 zasažených osob.

6.1.4 Použití chemických zbraní ve 2. světové válce

V období 2. světové válce nebyly chemické zbraně prakticky použity na exponovaném evropském válčišti, přesto byly v arsenálech válčících stran udržovány ve vysoké pohotovosti značné kapacity chemických zbraní. Na konci války zásoby bojových chemických látek představovali asi 400 tisíc tun, což je dvojnásobek celkového množství vyrobených v první světové válce. Největší podíl představovali zpuchýřující látky, yperit a lewisit.

Německo při realizaci plánů na dobytí Velké Británie počítalo i se začleněním leteckého chemického arzenálu. Luftwaffe počítalo s nasazením 76 000 kusů bomb KC-250 plněných yperitem, 5 000 bomb s fosgenem a difosgenem a 8 000 bomb s dráždivými látkami. Mimo chemických pádových bomb se uvažovalo i s použitím leteckých rozstříkovacích zařízení. Naštěstí se v bojích Británie chemické látky nepoužily.

Dostupné materiály potvrzují, že od května 1940 do dubna 1941 vyrobily německé továrny 13 052 tun bojových chemických látek (6 212 tun yperitu, 2 230 tun difosgenu a 1 985 tun chlora-cetofenonu). Vše nasvědčovalo tomu, že německá armáda se připravovala na vedení války za použití chemických zbraní. Útoky na Sovětský svaz se zúčastnily čtyři speciální chemické pluky Weferregimen a každý z nich měl 324 kusů chemických zbraní a byl schopen jednou salvou odpálit až 6 tun bojových chemických látek.

Tabulka 39. Stav německé chemické munice k 1. 6. 1941. [Zdroj: T-39]

Chemická munice	Množství v kusech
Granáty pro těžké polní dělostřelectvo	401 000
Granáty pro lehké houfnice a pěchotní granáty	1 293 500
Střely do vrhačů Werfergeschosse	248 600
Chemické miny	822 500
Chemická munice tvořila 18 % z celkového množství munice.	



Obrázek 95. Hořící americká obchodní loď typu Liberty SS John Harvey s yperitem, 2. 12. 1943, Bari, Itálie. [Zdroj: O-95]

Náhe poblíž Jasla k použití dělostřeleckých granátů s yperitem. Zahynuli dva němečtí vojáci a 12 jich bylo zraněno.

Američané po vstupu do války utajovaně přesunovali po světě chemické zbraně. Itálii po kapitulaci v roce 1943 Němci pohrozili použitím chemických zbraní.

Spojenci hrozbu brali vážně, a proto do Itálie přesunuli také své chemické zbraně. Obchodní loď typu Liberty o výtlaku 10 000 tun „SS John Harvey“, přepravující z Baltimoru náklad 2 000 ks leteckých bomb M47A1 obsahujících celkem 55 tun yperitu, připlula 28. listopadu 1943 do spojenci přeplněného italského přístavu Bari a čekala na vykládku materiálu. Německý letecký útok provedený 2. prosince 1943 v 19:30 počtem 105 letouny JU-88 byl překvapením. Po 20 minutách bylo 17 lodí potopeno a 8 dalších poškozeno.

Loď s yperitem po zásahu hořela, a když se posádka lodi snažila oheň uhasit, došlo k explozi munice, přičemž se část yperitu dostala do vzduchu a do vody. V této smrtící koupeli plavali námořníci ze zasažených lodí. Bylo zabito 2 000 vojáků, námořníků a civilistů a přístav byl na měsíc vyřazen, což mělo přímý vliv na evropské válčiště. Spojenci se zprvu domnívali, že Němci použili chemické zbraně, ale nakonec se vše vysvětlilo.



Obrázek 96. Kontaminování námořníci motorovým olejem s yperitem po bombardování Bari 2. 12. 1943, Itálie.

[Zdroj: O-96 a O-97]

Dodnes z důvodu utajení není veřejnosti známo, kolik bylo zasaženo lidí. Podobná situace nastala na druhé straně fronty, kdy 8. dubna 1945 americké bombardéry zaútočily na německé nádraží Lossa (mezi Sömmerdou a Naumburgem). V té době tam byl vlak, převážející letecké bomby s tabunem (180 tun) do skladu Luftwafe. Řada bomb byla poškozena, ale kolik lidí zahynulo, není z hlášení známo.

Dne 20. května 1942 po druhém obsazení krymského poloostrova Kerč Němci, se v labyrintech Adžimuškajských kamenolomů ukrylo na 15 000 obránců, žen, starců a dětí. Německé jednotky na tyto obránce, kteří vzdorovali 170 dní mnohonásobné přesile, provedli masívní plynový útok, při kterém mělo na následky plynu zahynout 5 000 lidí.

Přestože na frontách 2. světové války nebyly bojové chemické látky použity, zabil smrtící plyn statisíce lidí v „autech smrti“ působením výfukových plynů (*oxid uhelnatý*) a v „plynových komorách“ koncentračních táborů usmrcením „Cyklonem B“. Pod obchodním označením Cyklon B se skrýval *insekticid* německé firmy IG Farben (*kyanovodík*).



Foto 127. Plynová komora v koncentračním táboře Mauthausen. [Zdroj: F-127]



Foto 128. Plechovka a substrát Cyklon B. [Zdroj: F-128]

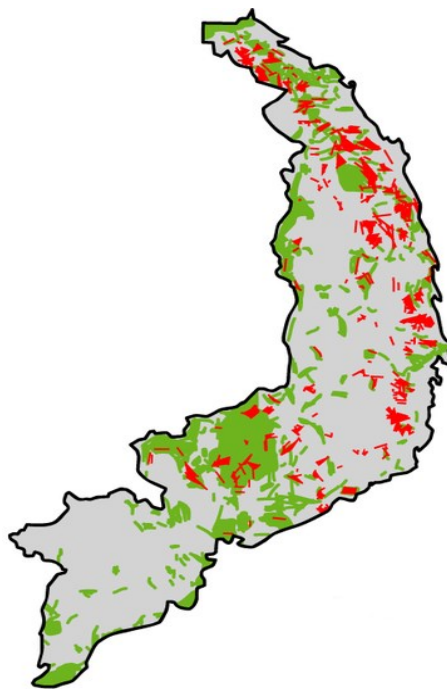
Byla to granulovaná křemelina nasycena *kyanovodíkem*, používaná k zabíjení vši ve švech vězeňských šatů. Od srpna 1941 se Cyklon B používal v koncentračních táborech (prvně použit v Osvětimi – Brzezince).

Jen v letech 1942 až 1943 bylo dodáno jednotkám SS 195 tun smrtícího Cyklonu B (výroba v německém Desau a v českém Kolíně nad Labem). Vyráběl se zde i „Cyklon A“, jako směs *methylkyanomravenčanu* a *methylchloromravenčanu* (90:10).

6.1.5 Použití chemických zbraní po 2. světové válce

Chemické zbraně však byly také několikrát použity v lokálních konfliktech. USA při konfliktu v jihovýchodní Asii v letech 1961 až 1973 vyzkoušely 15 různých chemických látek, *defoliantů* a *herbicidů* ke zničení vegetace, lesů a polí. Bylo použito celkem 90 000 tun chemických látek z toho 10 000 tun otravných látek typu BZ a CS a kolem 80 000 tun *defoliantů* a *herbicidů* (*ky-seliny di- a tri- chlorfenoxyoctové*).

V průběhu války bylo zaznamenáno kolem 18 tisíc případů úmrtí osob, 200 000 osob s příznaky otravy a kolem 300 000 kusů otráveného dobytka. Přibližně u 40 tisíc bývalých vojáků USA, Austrálie a Nového Zélandu byly zaznamenány příznaky otravy (těžká poškození kůže, trávicí potíže, rakovina jater a dědičné následky na dětech). Součástí herbicidů byl totiž i *Dioxin*, který byl obsažen až v 60 % z nich. Skupinou dioxinů se označuje skupina chlorovaných organických sloučenin s podobnými vlastnostmi a působením na živé organizmy. Patří sem polychlorované bifenyly (PCB), polychlorované dibenzofurany (PCDF) a polychlorované dibenzodioxiny (PCDD). Nejtoxikčtější je *2,3,7,8-tetrachlor-dibenzo-p-dioxin* (TCDD). Dle výpočtů bylo s herbicidy ve Vietnamu rozprášeno 170 až 200 kg dioxinu. Bylo postiženo 12 % lesů a 5 % zemědělské půdy, z postižených lesů zmizela většina savců a 3/4 ptáků, zničeny byly i pobřežní mangrovové porosty (návrat k normálu za 100 let).



● použití na zemědělské plodiny
● použití v zalesněných oblastech
Schéma 7. Místa leteckých postřiků herbicidy provedených americkou armádou v Jižním Vietnamu v letech 1961-1971. [Zdroj: S-7]

V letech 1964 až 72 bylo Američany v Indočíně použito 7 000 tun dráždivé chemické látky CS (*o-chlorbenzmalonodinitril*), kterou generátory foukaly do podzemních chodeb, což ve vysoké koncentraci mělo za následek i smrt bojovníků Vietcongu.

Tabulka 40. Objednávka US Army ve válce ve Vietnamu (látky CS v tunách). [Zdroj: T-40]

Látka	Rok						
	1964	1965	1966	1967	1968	1969	Suma
CS	112	46	188	220	362	1 009	1 929
CS-1	71	80	605	480	1 625	80	2 941
CS-2	0	0	0	0	145	1 950	2 095
Suma	183	126	783	700	2 132	3 039	6 965

Ve větším měřítku byly chemické zbraně použity v konfliktu mezi Irákem a Iránem. Iráčané v letech 1983 až 1988 použili 11 000 ks střeliva a 16 000 ks leteckých bomb obsahujících *yperit*, *tabun* a *sarin*, což si vyžádalo smrt asi 20 tisíc osob a zranění dalších 80 000 osob.

Saddám Husajn použil stejné chemické zbraně v roce 1988 i proti iráckým Kurdům na severu země. Známým je útok na město Halabža (Halabja) s 80 000 obyvateli. Úder uskutečnilo irácké letectvo ve dvou vlnách ve dnech 16. až 17. března 1988 a zahynulo v něm 5 000 lidí a dalších 16 000 bylo zraněno a má dodnes následky poškození plic, očí a kůže. Událost lze hodnotit jako *první historický případ použití zbraní hromadného ničení na vlastním území a proti vlastnímu obyvatelstvu*. Ani skutečnost, že šlo o akci opozičního charakteru vůči vládě, nemění nic na barbarství tohoto aktu.

Nepotvrzené údaje jsou o použití otravných látek v konfliktu mezi SSSR a Čínou v roce 1972, pak v Kambodži, kde Vietnamci používali kromě známých otravných látek k dočasnému vyrazení živé síly (BZ a CS) i nový typ pod označením CR – *dibenzo-(1,4)-oxazepin* a nervové plyny pod označením „*modrý plyn*“ a „*žlutočervený plyn*“ a také, že v Afghánistánu používal Sovětský svaz nový druh nervově paralytických látek a povstalci používali otravné látky americké a čínské výroby.

Při konfliktu v Perském zálivu v r. 1991 bylo zaznamenáno několik případů použití chemických zbraní Iráčany s otravnými látkami *sarin* a *yperit* na vojska protiráčské koalice, i když oficiální místa to tajila. Ve dnech 19. ledna a 23. ledna 1991 byly československou samostatnou protichemickou jednotkou zjištěny nízké koncentrace *yperitu* a *sarinu* u měst Hafr Al Baten a King Khálid Military City (KKMC) vzdálených 40 až 80 km od irácko-kuvajtských hranic.

Tabulka 41. Rozsah použití fyto-toxických látek ve Vietnamu. [Zdroj: T-41]

Rok	Zasažená plocha (km ²)	Počet osob	
		otrávených	mrtvých
1961	6	180	-
1962	110	1 120	38
1963	3 200	9 000	80
1964	5 002	11 000	120
1965	7 000	14 640	351
1966	8 765	258 000	-
1967	9 033	279 700	233
1968	9 893	302 890	-
1969	10 870	342 886	500
1970	4 150	185 000	300
Celkem	58 029	1 536 016	1 620



Foto 129. Následky použití iráckých chemických zbraní, Halabje, 1988. [Zdroj: F-129]

Oficiální místa tvrdila, že jde o oblak otravných látek z vybombardovaných iráckých skladů chemických zbraní. Americkými vojáky bylo potvrzeno, že při sestřelu iráckých raket SCUD americkou protiraketovou obranou PATRIOT, sami na sobě pocítili zdravotní potíže, které mohly ukazovat na otravu. Americký seržant Fischer, po průzkumu iráckého palebného postavení dělostřelectva dne 1. března 1991 v poušti u irácko-kuvajtsko-saudskoarabských hranic, po době na sobě zpozoroval příznaky zasažení *yperitem*. Americký lékař podezření potvrdil. Položme si otázku: „*Kde se tam yperit vzal?*“ Dodnes je kolem použití chemických zbraní ve válce nejasno.

Posun významu chemických zbraní pro činnost nestátních organizací signalizovaly v letech 1990 až 1995 v Japonsku akce náboženské skupiny Oum Shinrikyo, která provedla útoky chemickými (*sarin*, *VX*, *kyanovodík*) a biologickými (*botulotoxin*, *anthrax*) zbraněmi. Nejznámějšími jsou útoky z června 1994 a března 1995. K prvnímu útoku došlo ve městě Matsumoto, kde zemřelo 7 osob, a postiženo bylo 500 dalších.



Foto 130. Následky použití iráckých chemických zbraní. [Zdroj: F-130]



Foto 131. Útok sarinem v tokijském metru, 20. 3. 1995, Japonsko a Šóko Asahara – zakladatel náboženské sekty Oum Shinrikyo. [Zdroj: F-131]

Dalekovážnější byla následující akce, provedená v březnu roku 1995 v tokijském metru, při které bylo usmrceno 12 osob a 5500 zasaženo (viz foto 131). V obou případech šlo o provizorně zhotovené zařízení rozptylující otravnou látku *sarin*.

Tabulka 42. Použití otravných látek sektou Oum Shinrikyo v Japonsku. [Zdroj: T-42].

Datum	Místo	Látka	Výsledek	Cíl	Motiv	
11. 1993	Tokio	Sarin	-	náboženská skupina	eliminace konkurence	
12. 1993			1 raněný			
1993/94	Yamanashi		1 raněný	soudce (žalobce)	likvidace nepřátel	
06. 1994	Matsumoto		7 mrtvých, 144 raněných	soudci	zastavení soudního procesu	
12. 1994	Tokio		VX	1 raněný	(starší města)	likvidace nepřátel
12. 1994	Osaka			1 mrtvý	úředník	
01. 1995	Tokio	1 raněný		protisektářští aktivisté		
03. 1995	Tokio – metro	Sarin	12 mrtvých, 3 938 raněných	policie, civilní osoby	zastavení policejního vyšetřování, vyvolání zmatku	
05. 1995		kyanovodík	4 ranění	civilní osoby		
07. 1995			-			

V současnosti se jeví jako nejpravděpodobnější použití chemických zbraní při útoku z 21. srpna 2013 v Sýrii. Organizace „*Lékaři bez hranic*“ potvrdila 355 mrtvých, kteří dle syrské opozice zemřeli při útoku chemickými zbraněmi (*sarin*). Povstalci tvrdí, že zahynulo 1700 lidí. V nemocnicích bylo dle Lékařů bez hranic ošetřeno kolem 3600 pacientů s příznaky, které mohou ukazovat na otravu. Použití chemických zbraní však výslovně nepotvrdila.



Foto 132. Chemický útok v Syrské Ghútě. [Zdroj: F-132]

Dle zpráv o porušování lidských práv v Sýrii byly chemické zbraně použity 19. března 2013 v Chán al-Asalu v severosyrské provincii Halab, v týž den v Utajbí nedaleko Damašku, 13. dubna ve čtvrti Šajcha Maksúda v Halabu a 29. dubna ve městě Sarákib. Dle amerických zpravodajských služeb při použití těchto zbraní zahynulo v témž roce 100 až 150 Syřanů.

6.1.6 Zákaz chemických zbraní

Již 90 let existuje globálně platný právní dokument „*Protokol o zákazu užívání ve válce dusivých, otravných nebo podobných plynů a prostředků bakteriologických ze 17. června 1925*“. V ČR vyhlášen pod č. 173/1938 Sb. zákonů. Všem odborníkům byla zřejmá jeho malá účinnost a řada možností obcházení. Slabinou byla malá možnost mezinárodní kontroly. Reálně existující nebezpečí šíření chemických zbraní si začaly uvědomovat státy s vyspělým chemickým průmyslem a s produkty využitelnými k výrobě chemických zbraní.

V roce 1985 vznikla z iniciativy Austrálie – v reakci na porušení Ženevského protokolu (z roku 1925) použitím chemických zbraní v iránsko-iráckém konfliktu – *Australská skupina*, která stanovila režim vývozních kontrol u chemických látek, které by mohly být zneužity pro výrobu chemických zbraní. Tento režim byl v roce 1990 rozšířen i na biologické zbraně a na klíčové položky chemických a biologických zařízení a technologií. Základním dokumentem této skupiny se stala „*Úmluva o zákazu vývoje, výroby, hromadění zásob a použití chemických zbraní a jejich zničení*“.

Česká republika podepsala úmluvu 14. ledna 1993, ratifikovala ji 6. března 1996 a závaznou se stala 29. dubna 1997.

Jedná se o vůbec první globálně platný dokument, který jednoznačně a všestranně zakazuje celou jednu jasně definovanou kategorii zbraní hromadného ničení a zároveň disponuje i odpovídajícím systémem kontrolních i motivačních opatření, včetně donucovacích.

V souvislosti se vstupem tohoto dokumentu v platnost byla vytvořena mezinárodní instituce „Organizace pro zákaz chemických zbraní (OPCW)“ se sídlem v Haagu, která má poměrně rozsáhlé inspekční pravomoci a slouží jako konzultační fórum smluvních států. V roce 2013 jí byla udělena Nobelova cena za mír.



Foto 133. Sklad zbraní s uskladněnými 780 000 náboji s celkem 2600 tuny yperitu v Coloradu.

[Zdroj: F-133]



Foto 134. Sklad zbraní s uskladněnými 780 000 náboji s celkem 2600 tuny yperitu v Coloradu. [Zdroj: F-134]

i patříčné instrukce protichemických opatření k ochraně polních vojsk, případně i vlastního civilního obyvatelstva.

Stále ještě existence zásob amerických a ruských chemických zbraní, reálná hrozba chemického terorismu a reálné případy chemických havárií jsou jasným důvodem pro existenci a rozvíjení protichemických opatření k ochraně obyvatelstva i vojsk.

Přes přísný mezinárodní zákaz chemických zbraní a bojových chemických látek řada vyspělých států a jejich armád počítá s možností vedení chemické války. Svědčí o tom polní vojenské předpisy těchto armád, které obsahují základní principy a zásady

6.2 Základní pojmy

Bojové chemické látky (BCHL) – je možno definovat jako toxické látky všech skupenství, které jsou použitelné ve válečných konfliktech a svými účinky jsou zaměřeny na živé organismy nebo na jejich normální funkci. Za živý organismus je považován člověk, hospodářské zvíře a rostliny, ať již se jedná o kulturní plodiny nebo o rostliny volně žijící.

Za útok proti normální funkci živého organismu je chápán jakýkoliv zásah chemickými prostředky, který následně naruší normální funkci organismu tak, aby útočník dosáhl bez většího odporu svého bojového úspěchu. Bojové chemické látky mohou být použity i k znehodnocení potravin, vody, ke snížení nebo znemožnění pohybu v kontaminovaných prostorech, ke snížení použitelnosti různých materiálů a objektů a ke snížení bojeschopnosti živé síly dlouhodobým používáním prostředků individuální a kolektivní ochrany.

„Úmluva o zákazu chemických zbraní“ nepoužívá pojmu bojová chemická látka, ale toxická chemická látka. Podle definice Úmluvy, znamená pojem toxická chemická látka, že svým chemickým působením na životní procesy může zapříčinit smrt, dočasné ochromení anebo trvalou újmu na zdraví lidem a zvířatům. V této definici jsou zahrnuty veškeré chemické látky nezávisle na jejich původu či metodě výroby a nezávisle na tom, zda vznikají v objektech, v municích či jinde.

Tabulka 43. Významné události ve 20. století, týkající se chemických zbraní. [Zdroj: T-43]

Desetiletí		první dekáda a dříve	10. léta	20. léta	30. léta	40. léta	50. léta	60. léta	70. léta	80. léta	90. léta
Událost											
Nové druhy otravných látek	dusivých	chlor	fosgen, difosgen, chlorpikrin							PFIB	
	dráždivých	chlor- acetofenon	arziny (adamsit, Clark aj.)					CS	CR		kapsaicin
	všeobecně jedovatých	kyanovodík chlorkyan					přírodní toxiny				
	zpuchýřujících		sulfidické yperity	lewisit	dusíkaté yperity					recidiva yperity	
	nervově paralytických					tabun, sarin	soman DFP, GF, VX		IVA (GV)	recidiva - tabun, sarin, GF	novičok
	psychoaktivních							BZ			
prostředky a způsoby napadení			vlnové útoky, dělo- střelectvo		letectvo	dělo- střelectvo rakety	řízené střely	-	binární munice		
použití chemických zbraní v ozbrojeném konfliktu			I. sv. válka – většina front		válka Itálie v Etiopii	II. sv. válka Japonsko		Indočína jv. Asie	Afgha- nistan	Irák proti Íránu	Irák, Perský záliv
jiný způsob použití chemických zbraní						nacistická genocida					terorismus Japonsko
mezinárodně právní omezení CHZ		Haagská ujednání		Ženevská úmluva		Ženeva 1949 Civilní ochrana			Ženeva Dodatky I, II	Australská skupina	Úmluva o zákazu CHZ

Poznámka autorů:

Souhrn z textu, časové údaje je nutno brát orientačně, není důležité, kdy byla látka objevena, podstatnější je, kdy se s ní seznámila alespoň odborná veřejnost.

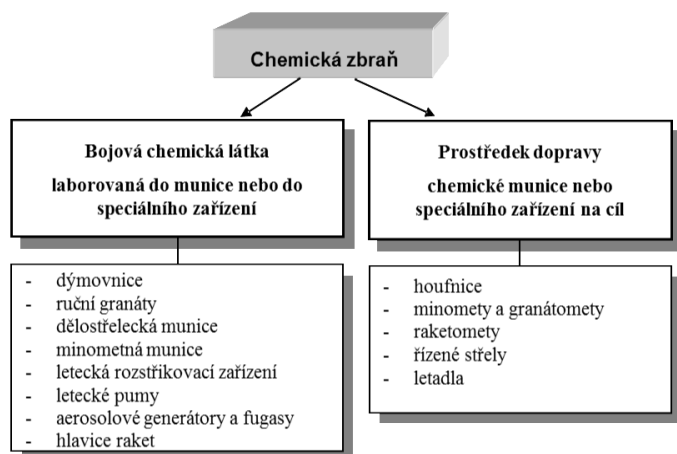


Schéma 8. Klasifikace chemické zbraně. [Zdroj: S-8]

Pokud dojde nějakým způsobem k naplnění zařízení bojovou chemickou látkou, sloužící k jejímu převedení do bojového stavu v prostoru cíle, hovoříme o *chemické munici*. Toto převedení bojové chemické látky do bojového stavu se může dít pomocí výbušných prostředků – letecké pádové, skříňové nebo kontejnerové pumy, dělostřelecká munice, raketové hlavice, ruční granáty, miny apod. nebo pomocí speciálních nevýbušných zařízení – letecké rozstřikovací zařízení, aerosolové generátory, fugasy a dýmovnice.

Chemická munice či speciální zařízení musí být dopraveno na cíl. Nosný systém nebo prostředek dopravy chemické munice na cíl je neodmyslitelnou součástí využití bojových chemických látek a celý tento komplet je nazýván *chemickou zbraní* – viz schéma 8.

6.3 Rozdělení bojových chemických látek

Z velkého množství známých toxických látek je jen nepatrný počet využit jako vojensky významné bojové chemické látky. Každá perspektivní bojová chemická látka musí totiž splňovat řadu požadavků, mezi něž patří zejména:

- vysoká toxicita,
- dostatečná stálost při skladování,
- surovinová a technologická dostupnost výroby,
- realizovatelné převedení látky do bojového stavu s využitím jejího toxického účinku,
- možnost zavedení látky do chemického zbrojního arsenálu bez extrémních investic,
- obtížné zjišťování jejich přítomnosti (pokud možno alespoň do té doby, než se projeví příznaky),
- obtížná možnost ochrany jednotek protivníka a zároveň známý způsob ochrany (mechanismus účinku) pro vlastní vojska,

Látek, splňujících alespoň výše uvedené požadavky není naštěstí relativně mnoho. Z celé široké škály známých toxických látek zůstává jen několik desítek látek, které se již buď uplatnily na světových bojištích anebo byly, či jsou pro takové účely vyráběny a skladovány. U většiny těchto látek jsou fyzikální, chemické a toxikologické vlastnosti prozkoumány do značných podrobností.

K dělení bojových chemických látek se užívá několik způsobů dle různých hledisek:

1) *podle vztahu k průmyslové a ekonomické bázi:*

- *tabulkové bojové chemické látky* – jsou cílevědomě vyráběny k vojenským účelům ve speciálních zařízeních a laborovány do chemické munice,
- *záložní bojové chemické látky* – nejsou vedeny jako tabulkové (jsou postupně vyřazovány z výzbroje, protože již nesplňují některý z rozhodujících požadavků), avšak jsou doposud skladovány (většinou v menších objemech) a v případě potřeby je možnost jejich použití,
- *náhradní bojové chemické látky* – látky průmyslově běžně vyráběné ke komerčním účelům, které lze v případě potřeby použít jako otravné látky (insekticidy atd.).

2) *fyzikální klasifikace:*

- *z hlediska skupenství:*
 - látky pevné (látka CS, látka BZ, chloracetofenon apod.),
 - látky kapalné (tabun, sarin, soman, látka VX, látka IVA, yperity apod.),
 - látky plynné (chlór),
- *z hlediska stálosti na terénu:*
 - látky stálé (yperity, lewisit, látka VX apod.),
 - látky polostálé (soman, látka IVA apod.),
 - látky prchavé (sarin, kyanovodík apod.),

3) *chemická klasifikace* – je dokonalejší, než klasifikace fyzikální, neumožňuje však posoudit toxické vlastnosti příslušné látky. Látky člení do jednotlivých skupin, podle jejich charakteristických vlastností:

- *deriváty kyseliny uhličitě H_2CO_3* (fosgen, difosgen),
- *kyanidové sloučeniny a nitrily* (kyanovodík, chlorkyan, brombenzylkyanid, látka CS),
- *halogenitrosločeniny* (chlorpikrin),
- *halogenketony* (chloracetofenon, bromacetofenon),
- *cyklické étery* (látka CR, dioxin apod.),
- *halogensulfidy* (sulfidické yperity),
- *aminy:*
 - alifatické (dusíkaté yperity),
 - heterocyklické (adamsit, alkaloidy),
- *organofosfátové sloučeniny:*
 - deriváty kyseliny fosforečné H_3PO_4 (tabun, látka IVA),
 - deriváty kyseliny methylfosfonové (sarin, soman, VX),
- *sloučeniny arsenu:*
 - primární
 - *alkylované* (lewisit, DICK)
 - *arylované* (fenyldichlorarsin),
 - sekundární
 - *aromatické* (difenylchlorarsin),
 - *heterocyklické* (adamsit),
- *organokovové arsenové sloučeniny* (arsiny),
- *další.*

4) *klasifikace takticko-operační (vojenská):*

- *látky se smrtícím účinkem* – jsou takové, které po použití v bojových koncentracích vyvolávají těžká poškození organismu nebo popřípadě i smrt,
- *látky dočasně zneschopňující* – při použití v bojových koncentracích vyvolávají časově omezenou poruchu některých důležitých fyziologických funkcí a to nejčastěji nervové a psychické poruchy,
- *látky se speciálním určením* – patří sem kromě látek dráždicích sliznice, také diverzní a sabotážní jedy, cvičné a náhradní látky, herbicidy a policejní plyny.

5) *toxikologická klasifikace* je v současné době nejpoužívanější. Dělí bojové chemické látky podle fyziologického působení na organismus celkem do 6 skupin:

- *dusivé* (fosgen, difosgen, difosgen, chlorpikrin),
- *všeobecně jedovaté* (kyanovodík, chlorkyan, arsenovodík),
- *zpuchýřující* (sulfidický yperit, dusíkaté yperity, oxolový yperit, sesquický yperit, lewisit),

- *nervově-paralytické* (tabun, sarin, soman, VX, IVA),
- *dráždivé* (brombenzylkyanid, chloracetofenon, adamsit, látky CS a CR, CLARK I, CLARK II),
- *psychoaktivní* (látka BZ, LSD-25).

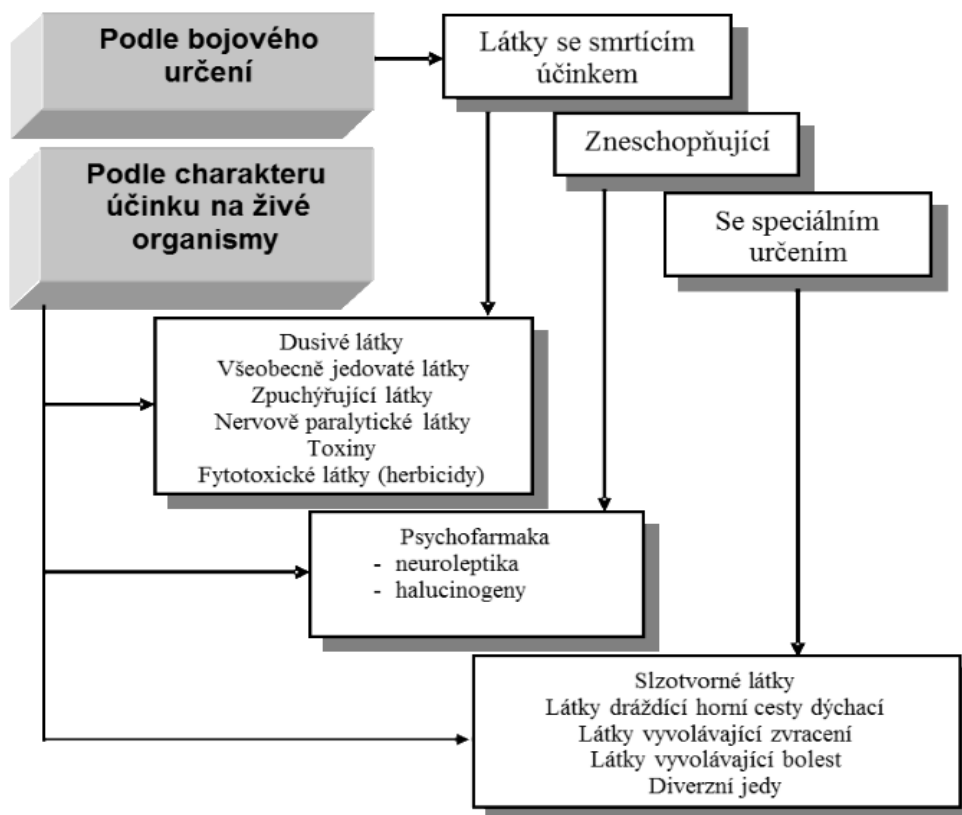


Schéma 9. Klasifikace bojových chemických látek. [Zdroj: S-9]

Při posuzování bojových chemických látek z chemického hlediska se hodnotí zpravidla nejdříve jejich odolnost vůči chemickým činidlům, vlastnímu přírodnímu prostředí, jinak řečeno posuzuje se schopnost bojových chemických látek účastnit se chemických reakcí, zejména takových, které ovlivňují jejich stálost v terénu, schopnost reagovat s detoxikačními činidly, uplatňující se při jejich odmořování, či dalšími chemickými látkami z hlediska možnosti jejich detekce, skladování apod.

6.4 Vlastnosti bojových chemických látek

6.4.1 Fyzikální vlastnosti

Fyzikální vlastnosti charakterizují danou látku, ale zejména kvantitativně ilustrují míru vhodnosti pro použití určité látky jako bojovou chemickou látku. Patří sem zejména:

Hustota – podíl hmotnosti a objemu. Důležitá hodnota pro manipulaci s bojovými chemickými látkami, zejména při dekontaminaci (odmořování) a pro posouzení stálosti aerodisperzních systémů (např. rychlost sedimentace částic).

Hutnota (relativní hustota) par – podíl hustoty par bojových chemických látek k hustotě vzduchu. Pro použití ve formě parovzdušné směsi je výhodné, aby hustota par bojových chemických látek byla vyšší při porovnání s hustotou vzduchu, k vytvoření účinné bojové koncentrace v přízemní vrstvě atmosféry.

Povrchové napětí – hodnota povrchového napětí kapalných receptur bojových chemických látek hraje významný vliv při dekontaminaci (odmořování) i při převodu bojových chemických látek do bojového stavu, aerosolu nebo kapek.

Relativní molekulová hmotnost (M_r) – součet relativních atomových hmotností všech atomových prvků tvořících molekulu bojové chemické látky.

Rozpustnost bojových chemických látek – má význam při detekci a stanovení bojových chemických látek, jejich použití a skladování a zvláště pak je důležitá pro účinnost dekontaminačních (odmořovacích) procesů.

Tepelná roztažnost – při plnění munice kapalnými bojovými chemickými látkami může v důsledku tepelné roztažnosti látky dojít k poškození těla munice. Proto bylo zavedeno kritérium nazývané minimální teoretický expanzní prostor, tj. minimální objem, který musí být v munici ponechán, aby nedošlo k roztržení munice (ani automobilové nebo vlakové cisterny se nesmí plnit na 100 % objemu průmyslovými látkami v rámci převozu – poznámka autorů viz přeprava ADR, RID, ADN nebo IATA).

Teplota tání, tuhnutí a varu (body zvratu) – charakteristické fyzikální veličiny, které mají význam pro kvalifikovaný odhad (výpočet) stálosti bojových chemických látek na terénu (persistence). Důležitá pro rozhodnutí o použití chemické látky jako bojové chemické látky. Teplota tuhnutí je důležitá pro laboraci munice a při jejím použití v polních podmínkách.

Teplota termické destrukce – teplota, kdy dochází k rozkladu bojových chemických látek (ilustruje tepelnou stálost). Tepelná stálost je určující pro způsob rozšiřování bojových chemických látek v prostoru cíle a tím i konstrukci munice a efektivnost dekontaminace teplem.

Teplota vzplanutí – teplota, kdy se páry bojových chemických látek při styku s plamenem vznítí, důležité pro konstrukci munice.

Tlak nasycených par – nad pevnou nebo kapalnou fází je vždy určitý podíl látky v plynném stavu (tenze par dané látky). Tenze par je mírou schopnosti uvolňovat molekuly látky do plynné fáze, vzrůstá s teplotou. Na tenzi par závisí rychlost vypařování (doba kontaminace povrchů eventuálně doba života částic aerosolu).

Viskozita – viskozita kapalných bojových chemických látek ovlivňuje převod do bojového stavu, perzistenci a dekontaminaci (odmořování).

Výparnost – maximální koncentrace neboli těkavost. Koncentrace par bojových chemických látek při dané teplotě a tlaku dosáhne v uzavřeném systému po určité době rovnovážné maximální hodnoty. V intervalu 0 až 30 °C dochází se zvýšením teploty o 10 °C zhruba ke zdvojnásobení výparnosti bojových chemických látek. Toto platí pro uzavřený systém, kde je možné dosáhnout s časem rovnovážného stavu a tím i příslušné koncentrace. V reálných polních podmínkách v závislosti na stabilitě atmosféry v přízemních vrstvách bude hodnota výparnosti dosahovat jedné setiny až jedné desetiny teoretické hodnoty. Pro použití určité bojové chemické látky ke kontaminaci atmosféry parami je nezbytné, aby její výparnost dle okolností přesahovala o 1 až 2 řády, za obzvláště nevýhodných podmínek o 3 řády fyziologicky účinné koncentrace. Výparnost výrazně ovlivňuje perzistenci bojových chemických látek.

Tabulka 44. Perzistence nervově paralytických látek a yperitu. [Zdroj: T-44]

chemická látka	slunečno, slabý vítr +15 °C	vítr, déšť +15 °C	slunečno, sníh -10 °C
sarin	¼ – 4 hodiny	¼ – 1 hodina	1 – 2 dny
tabun	1 – 4 dny	½ – 6 hodin	1 den – 2 týdny
soman	2,5 – 5 dní	3 – 12 hodin	1 – 6 týdnů
yperit	2 – 7 dní	½ – 2 dny	2 – 8 týdnů
látka VX	3 – 21 dní	1 – 12 hodin	1 – 16 týdnů

6.4.2 Chemické vlastnosti

Hydrolyza bojových chemických látek – základní chemická reakce, ilustruje stálost při skladování a schopnost bojových chemických látek kontaminovat vodní zdroje. Je důležitou dekontaminační reakcí. Podle prostředí, v němž hydrolyza bojových chemických látek probíhá, rozlišujeme kyselou hydrolyzu, hydrolyzu v neutrálním prostředí a alkalickou hydrolyzu. Největší význam pro dekontaminaci bojových chemických látek má alkalická hydrolyza.

Oxidace – je proces, který má za následek zvyšování kladného mocenství, v užším slova smyslu ji chápeme jako zavádění kyslíku do molekuly chemické látky. Schopnost bojových chemických látek podléhat oxidačním procesům charakterizuje stálost bojových chemických látek při skladování a na terénu.

Halogenace – chlorační reakce patří k nejvýznamnějším dekontaminačním (odmořovací) reakcím bojových chemických látek.

Polymerace – u bojových chemických látek spíše výjimkou, důležitou roli hraje při jejich skladování. Přísady stabilizují bojové chemické látky a zabraňují také polymeraci.

Cyklizace – není příliš častou reakcí pro všechny bojové chemické látky, ale je charakteristická například pro yperity.

Desalkylace – reakce se využívá pro dekontaminaci (odmořování) i analýzu bojových chemických látek.

Eliminace – eliminační reakce probíhají při některých dekontaminačních (odmořovacích) pochodech.

Tvorba oniových solí – dominující postavení mají oniové soli odvozené zejména od amidického dusíku, řady sirných sloučenin, výjimečně pak kyslíkatých sloučenin.

6.4.3 Toxické vlastnosti

Stupeň a rozsah poškození organismu, vyvolaný určitou bojovou chemickou látkou, a rychlost, s jakou tyto funkční a morfologické poruchy probíhají, je závislý na mnoha faktorech. Fyzikální a chemické vlastnosti bojových chemických látek mají podstatný význam i pro rozvoj vlastního patologického procesu v exponovaném organismu. Neméně důležitými faktory toxického účinku je množství bojové chemické látky, dávka působící na organismus, nebo koncentrace bojové chemické látky ve vnějším prostředí, a doba působení (expozice).

Významným faktorem, ovlivňujícím konečný toxický efekt bojových chemických látek, jsou brány vstupu (cesty pronikání bojových chemických látek do organismu). Do organismu se bojové chemické látky dostávají z vnějšího prostředí z kontaminovaného vzduchu, terénu, vody, potravin, výstroje a techniky. Toxický efekt bojových chemických látek bude záviset na tzv. bráně vstupu a na proniklém množství.

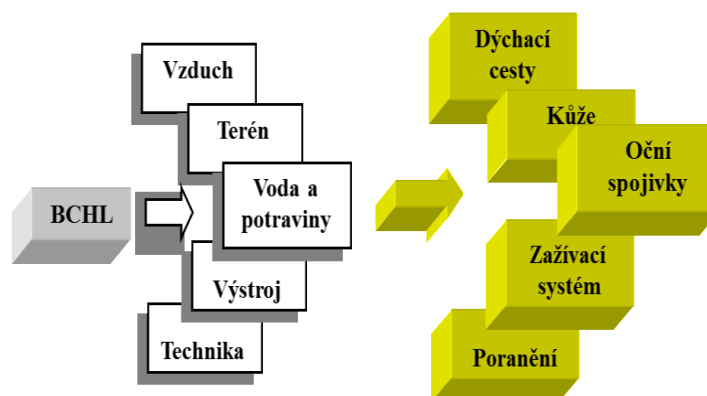


Schéma 10. Cesty pronikání bojových chemických látek do organismu. [Zdroj: S-10]

Mezi nejčastější brány vstupu bojových chemických látek patří kůže, dýchací cesty, oční spojivky, zažívací trakt, poranění a výjimečným vstupem je podání formou injekce (viz schéma 10).

Podle stupně poškození organismu může bojová chemická látka do organismu pronikat zejména:

- a) *perkutánně* – zasažením nechráněné neporušené kůže často po kontaktu s kontaminovanou technikou a materiálem,
- b) *inhalačně* – pronikání přes dýchací orgány u nechráněné živé síly, kdy bojové chemické látky pronikají do organismu ve formě par a jemných aerosolů, obvykle spojené se zasažením oční spojivky,
- c) *parenterálně* – intoxikace při poranění střepinami chemické munice, nebo častěji průnikem přes poškozenou kůži následkem odření, poranění, popálení, poleptání apod.,
- d) *perorálně* – zasažením zejména zažívacích orgánů po požití kontaminovaných potravin nebo vypití kontaminované vody.

Brána vstupu je významným faktorem, který ovlivňuje distribuci a metabolismus bojových chemických látek v organismu. Má vliv na rychlost jejich absorpce a zasažení životně důležitých orgánů, na způsob a rychlost detoxikace bojových chemických látek v organismu. Příznaky (symptomy) zasažení bojovými chemickými látkami se podle rychlosti rozvoje klinického obrazu otravy (syndrom) projevují buď bezprostředně po vzájemném kontaktu organismu s kontaminovaným prostředím, nebo až za delší dobu (doba latence).

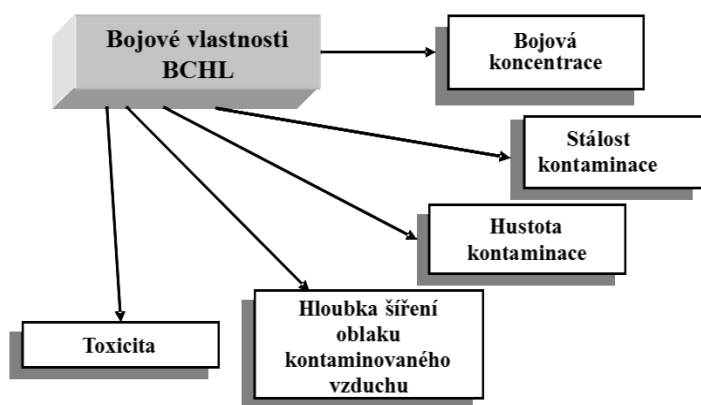


Schéma 11. Bojové vlastnosti bojových chemických látek.

[Zdroj: S-11]

Chemické látky účinkují na živý organismus okamžitě po kontaktu, nebo za velmi krátkou dobu. Rychlý rozvoj klinických příznaků otravy vyžaduje provést účinná neodkladná ochranná a záchranná opatření ke snížení účinku a k zabránění smrtelného vyústění otrav. V těchto případech lze včasným podáním antidot v časově krátkém úseku po zasažení snížit objem zejména nenávratných zdravotnických ztrát.

6.4.4 Bojové vlastnosti bojových chemických látek

Pod pojmem bojové vlastnosti bojových chemických látek je chápána jejich *toxicita*, která je *charakterizována bojovými koncentracemi, toxickými dávkami, hustotou a stálostí kontaminace a hloubkou šíření oblaku kontaminovaného vzduchu*.

Bojové chemické látky obvykle podléhají v organismu změnám, které vedou ke vzniku nových, pro organismus relativně málo škodlivých látek. Rychlost detoxikace, vyjadřovaná množstvím bojové chemické látky, kterou organismus v časové jednotce je schopen převést na méně škodlivé produkty, je důležitá s ohledem na nebezpečí opakovaného napadení živé síly bojovou chemickou látkou. Některé bojové chemické látky mají tzv. kumulativní účinek – efekt kdy se účinky bojové chemické látky po opakovaném zasažení sčítají. Odpovídají tak jednorázovému vystavení účinků s úhrnnou koncentrací bojové chemické látky.

Pomalou působící bojové chemické látky nevyvolávají bezprostředně poškození organismu při jeho zasažení, rozvoj klinických příznaků je pomalý a je charakterizován obdobím, během něhož se zasažení neprojevuje zjevným poškozením. Doba latence, po které se teprve projevují příznaky otravy, trvá v závislosti na typu bojové chemické látky obvykle několik minut až hodin, jen výjimečně delší dobu.

Rychle působící bojové chemické

6.4.4.1 Toxicita

Pro vzájemné porovnání účinnosti jednotlivých bojových chemických látek v polních podmínkách mají mimořádný význam údaje o toxických vlastnostech. Toxický efekt bojové chemické látky je závislý především na dávce, bráně vstupu do organismu, rychlosti působení, stavu organismu a na dalších faktorech.

Toxické vlastnosti bojových chemických látek použitých ve formě par nebo aerosolu, bývají nejčastěji charakterizovány:

- *střední prahovou koncentrací PCt₅₀* – je koncentrace bojové chemické látky, která vyvolá u 50 % zasažených jedinců po čase *t* rozvoj nevýrazných prvních tzv. prahových příznaků poškození,
- *střední zneschopňující (inhalační) koncentrací ICt₅₀* – je koncentrace bojové chemické látky, která po čase *t* vyvolá u 50 % zasažených osob dočasné zneschopnění,
- *střední účinnou (efektivní) koncentrací ECt₅₀* – je koncentrace bojové chemické látky, která vyvolá u 50 % zasažených po čase *t* plný toxický efekt a vyřadí je z činnosti,
- *střední letální (smrtelnou) koncentrací LCt₅₀* – je koncentrace bojové chemické látky, která po čase *t* usmrtí 50 % exponovaných jedinců.

Hodnoty středních PCt₅₀, ICt₅₀, ECt₅₀ a LCt₅₀ vyjadřují formální přepočtení na 1 minutu (tzv. toxicitní součin) obvykle příslušnou inhalační zátěž organismu, vyjádřenou součinem koncentrace BCHL a expozičního času, v jednotkách mg.min.l⁻¹ nebo g.min.m⁻³. Vzhledem k průměrné dechové frekvenci se neprovádí formální přepočtení na vteřinu.

Při použití bojové chemické látky kdy je možné určit množství látky, které resorbovalo do organismu, se toxický účinek vyjadřuje:

- *střední prahovou dávkou PD₅₀* – je dávka bojové chemické látky, která u 50 % zasažených jedinců vyvolá rozvoj prahových příznaků poškození,
- *střední zneschopňující (inhalační) dávkou ID₅₀* – je dávka bojové chemické látky, která u 50 % zasažených jedinců dočasně zneschopní,
- *střední účinnou (efektivní) dávkou ED₅₀* – je dávka bojové chemické látky, která u 50 % zasažených vyvolá plný toxický efekt a vyřadí tak zasažené jedince z činnosti,
- *střední letální (smrtelnou) dávkou LD₅₀* – je dávkabojojové chemické látky, která usmrtí 50 % zasažených.

Hodnoty PD₅₀, ID₅₀, ED₅₀ a LD₅₀ jsou obvykle vyjadřovány v hmotnostních jednotkách na jednotku tělesné hmotnosti (např. v mg.kg⁻¹) nebo na osobu (70 kg). Ze zřejmých důvodů je pro různé bojové chemické látky s usmrcujícím a neusmrcujícím (zneschopňujícím) účinkem, prahové kritérium zaměňováno za zneschopňující a to naopak za účinné. U bojových chemických látek, které v organismu podléhají detoxikaci, jsou jejich patofyziologické účinky při opakovaném zasažení nižší a neodpovídají účinkům jednorázového zasažení sumární dávkou.

6.4.4.2 Bojová koncentrace

Množství bojové chemické látky v jednotkovém objemu vzduchu potřebná k dosažení určitého efektu, např. vyřazení živé síly nebo snížení její bojeschopnosti. Vyjadřuje se v jednotkách mg.l⁻¹ nebo g.m⁻³.

Bojovou koncentrací je nazývána koncentrace bojové chemické látky ve vzduchu, která je nutná k vyřazení živé síly nebo ke snížení její bojeschopnosti na určitou dobu. Bojová koncentrace představuje hmotnostní množství bojové chemické látky v určitém objemu vzduchu, proto se nejčastěji vyjadřuje jednotkami mg.l⁻¹ nebo g.m⁻³. Například sarin o koncentraci 0,0002 mg.l⁻¹ způsobuje do dvou minut první příznaky zasažení a smrt při 24 hodinovém pobytu. Koncentrace sarinu 0,1 mg.l⁻¹ by způsobila smrt během několika minut při jednominutovém pobytu v kontaminované atmosféře.

6.4.4.3 Hustota kontaminace

Udává hmotnost bojové chemické látky, která se nachází na ploše povrchu. Nejčastěji je vyjadřována jednotkami $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$, $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, $\text{t}\cdot\text{km}^{-2}$.

Hustota kontaminace udává hmotnostní množství bojové chemické látky na plochu zájmového objektu. Například hustota kontaminace látkou typu V, která je určena ke zničení živé síly chráněné obličejovou maskou činí 0,02 až 0,1 $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

6.4.4.4 Stálost kontaminace

Na stálost kontaminace lze pohlížet dvěma způsoby:

1) dobou, po kterou si chemická látka zachová ničivý účinek – v tomto případě je to doba, po kterou se chemická látka nachází na terénu v nezměněném stavu a také doba, po kterou kontaminuje atmosféru v důsledku vypařování z půdy a povrchů nebo zvířením prachu,

2) dobou existence bojové chemické látky na terénu nebo v atmosféře – v prvním případě je možné tento pojem chápat jako dobu existence bojové chemické látky na terénu, povrchu nebo v atmosféře v určitém bodě. Nebo se může stálost kontaminace vyjádřit jako součet doby, po kterou se nachází na terénu nebo povrchu v nezměněném stavu a doby, po kterou kontaminuje vzduch v důsledku vypařování z půdy a povrchu nebo zvířením prachu,

6.4.4.5 Hloubka šíření oblaku kontaminovaného vzduchu

Celková hloubka šíření oblaku závisí na:

- počáteční koncentraci bojové chemické látky,
- na druhu vertikální stálosti přízemní vrstvy atmosféry (konvekce, izotermie, inverze),
- rychlosti a stálosti větru,
- členitosti a pokrytosti terénu.

Hloubka šíření oblaku kontaminovaného vzduchu je důležitá charakteristika z hlediska varování vlastních jednotek a civilního obyvatelstva. V závislosti na způsobu použití chemické zbraně a na vlastnostech bojové chemické látky mohou být kontaminované atmosféra nebo terén, nebo současná kontaminaci obojího. Oblak, který se vytvoří ihned bezprostředně v okamžiku požití chemické zbraně, se nazývá *prvotní oblak, neboli primární* a je příčinou okamžitého zasažení osob či zvířat. Oblaku, který se vytvoří v důsledku vypařování bojové chemické látky z různých povrchů a terénu, říkáme *druhotný, neboli sekundární*. Oba oblaky se šíří v závislosti na síle a směru větru do různých vzdáleností od místa použití. Celková hloubka šíření oblaku závisí na počáteční koncentraci bojové chemické látky, na druhu vertikální stálosti přízemní vrstvy atmosféry, rychlosti větru a členitosti a pokrytosti terénu.

6.5 Symptomy zasažení a první pomoc po zasažení BCHL

6.5.1 Látky dusivé

Látky této skupiny vyvolávají celkové onemocnění organismu s nejvýraznějšími změnami v dýchacích orgánech. Nejzávažnějším projevem otravy je toxický otok plic. Do organismu vstupují dusivé látky dýchacími cestami ve formě plynu nebo aerosolu. Představitelé těchto látek jsou fosgen, difosgen a chlorpikrin, který je v řadě zemí, ne zcela oprávněně, řazen mezi dráždivé látky.

Chlorpikrin se dříve všeobecně používal pro své slzné účinky k výcviku a testování ochranných prostředků. Fosgen a difosgen patří v současné době do kategorie záložních bojových chemických látek. Z ostatních látek, které za určitých okolností mohou vytvořit nebezpečné koncentrace a vyvolat toxický otok plic je perfluoroisobuten, který je toxickým produktem pyrolýzy umělých hmot na bázi teflonu.

Tabulka 45. Vlastnosti dusivých otravných látek. [Zdroj: T-45]

Název	Kódové označení	Fyzikální vlastnosti	Základní chemické vlastnosti	Stálost v terénu	Dekontaminace	Ochrana
Fosgen	CG, D-stoff, Palite, P-IO	bezbarvý plyn zápach pokoseného sena	rychle se rozkládá vodou, špatně se rozpouští ve vodě, dobře v organ. rozpouštědlech	v létě 5 -10 min. v zimě do 20 min.	z místností a oděvů je dostatečné odvětrání	obličejová maska je dostačující
Difosgen	DP, Superpalite, Perstoff	bezbarvá, čirá, lehce těkavá olejovitá kapalina ovocná vůně	špatně se rozpouští ve vodě, dobře v organ. rozpouštědlech, rozkládá se vařící vodou	1 až 3 hodiny	využít vodných roztoků amoniaku, amoniů nebo louhů	obličejová maska je dostačující
Chlorpikrin	PS	bezbarvá až nažloutlá olejovitá kapalina, zápach po myšíně	hydrolyza je neměřitelná, ve vodě se téměř nerozpouští, dobře se rozpouští v org. rozpouštědlech a v yperitech	v létě 1 až 4 hod. v zimě až týden	využít povrchově aktivních látek, vodně-alkoholový roztok sulfidu sodného	obličejová maska je dostačující
Perfluoroisobuten	není známo	bezbarvý plyn, bez výrazného zápachu	hydrolyza je velmi pomalá	několik minut	z místností a oděvů je dostatečné odvětrání	obličejová maska s filtry pro nízkovroucí kapaliny

Symptomy akutní otravy dusivými látkami

Reflexní období – bezprostředně po intoxikaci dochází k mírnému dráždění dýchacích cest, tlak na hrudníku, případné zvracení a podráždění kůže. Spolu s bolestí hlavy a slabostí tyto příznaky ustupují po jedné hodině ukončení vystavení intoxikaci.

Období latence – 3 až 6 hodin. Postižený se cítí zdánlivě zdrav a bez příznaku. Je možná mírná cyanóza rtů (modráni) a v případě vyšší tělesné aktivity dochází k dušnosti a zrychlení tepu krve.

Období narůstání klinických příznaků – postupně začíná narůstat dušnost, kašel a cyanóza. Charakteristické je zrychlování dechu.

Období plného rozvoje příznaků – nastává po 6 až 12 hodinách a trvá 2 až tři dny. Je to kritická fáze, v níž dochází k největšímu počtu úmrtí. Může probíhat dvěma způsoby:

- *modrý typ hypoxie* – zasažený trpí silnou dušností, kůže nabývá viditelně modrého odstínu a zřetelně nabíhají viditelné žíly. Postižený dýchá značně obtížně, povrchně a vykašlává velké množství tekutiny (více jak litr za prvních 24 hodin). Tep je rychlý, krevní tlak normální – prognóza tohoto typu je relativně dobrá, je to ta lepší varianta.

- *šedý typ hypoxie* – Kůže zasaženého nabývá šedavých odstínů a je pokryta lepkavým studeným potem. Tep je kriticky rychlý (130 až 160 tepů za minutu), je nitkovitý a značně nepravidelný. Krevní tlak naopak výrazně klesá a hladina kyslíku v krvi prakticky mizí. Selhává periferní krevní oběh, dochází k otoku plic za stále povrchnějšího dýchání. V případě šedé hypoxie nastává smrt takřka z pravidla do jednoho až dvou dnů.

Období regrese patologických změn – V případě přežití kritických prvních tří dní začíná docházet ke vstřebávání tekutiny v plicích. Příznaky jako dušnost a namodralost mizí, vrací se chuť k jídlu a celkový stav se obecně zlepšuje. Možnou komplikací je sekundární infekce.

Při první pomoci je nutno postiženého izolovat od dalšího pronikání noxy (látky) do organismu, nasazením obličejové masky a vnesením z kontaminovaného prostředí (atmosféry). Při transportu nesmí být zasažený vystaven žádné fyzické zátěži, nesmí mluvit a přemísťován může být jenom v ležícím stavu. Postiženého je nutno svléknout z důvodu zabránění desorpce par z oděvu a teple jej přikrýt. Je povoleno postiženému podávat teplý čaj a kávu. Při zástavě dechu je možné provést přímé umělé dýchání z plic do plic. Základním terapeutickým opatřením je bohatý přísun kyslíku do plic, nejlépe pod tlakem, proto je nutné, aby transportní sanitní vůz byl vybaven kyslíkovým dýchacím přístrojem. Další léčebné postupy stanoví lékař.



Obrázek 97. Auxilon® Dosier Spray pro terapii při akutní otravě kouřem s požárů a plynným chlorem, amoniakem, nitrosními plyny, fosgenem a výparů těžkých kovů. [Zdroj: O-97]

6.5.2 Všeobecně jedovaté látky

Ne příliš přesný termín „všeobecně jedovatý“ je ve vojenské toxikologii konvenčně používán pro látky, které účinkují jako inhibitory dýchacího řetězce. U podskupiny tak zvaných krevních jedů je toxický zásah zprostředkován převážně prostřednictvím abnormálního hemoglobinu, což je příznačné pro oxid uhelnatý, nitrily, nitráty, deriváty anilinu a dalších látek. Další možnost pak představuje přímá inhibice enzymů respiračního řetězce. Tak účinkují zejména kyanidy a sulfidy, které jsou důležité především v průmyslové sféře, případně v klinické toxikologii a toxikologii životního prostředí.

Symptomy intoxikace všeobecně jedovatými látkami.

U inhalačních otrav kyanovodíkem a kyanidy se rozlišují tři formy: superakutní, akutní a lehká. K *superakutní intoxikaci* všeobecně jedovatými látkami stačí dva až tři nádechy vysokých koncentrací noxy (látky), při čemž dochází k pocitu silného sevření krku, k nepravidelnému křečovitému dýchání a zasažená osoba se kácí v křečích, často s hlasitým výkřikem k zemi za rychlé ztráty vědomí. Smrt nastává během tří minut.



Foto 135. Zyklon B (sloučeniny kyanidu) používané pro zaplňování v koncentračních táborech od různých výrobců. [Zdroj: F-135]

Akutní otrava je charakterizována počátečním zrychlením dechové frekvence, což bývá natolik intenzivní, že postižená osoba není schopna frekvenci a hloubku dechu vlastní vůlí regulovat. Zornice očí se rozšiřují a vzniká silný pocit úzkosti. Při ztrátě vědomí dochází ke vzniku svalových křečí, dýchání postupně slábne, až ustane úplně, nepravidelná srdeční činnost pokračuje ještě tři až čtyři minuty po posledním výdechu.

Lehká otrava probíhá bez ztráty vědomí a projevují se u ní silné bolesti hlavy a hrdla, dostávají se závratě a přechodné poruchy vidění. Dýchání je ztížené a někdy doprovázené záchvatovou dušností, ale po jisté době dochází k jeho úpravě.

Obecně mají klinické příznaky lehké otravy původ v tkáních s největšími nároky na zásobování kyslíkem, proto bolesti hlavy, pocity tísně, zmatenost a křeče. Dechové poruchy mohou přejít i v plicní otok a srdeční činnost zejména při perorální intoxikaci (ústí) je nepravidelná a zpomalená a kůže bývá suchá a horká. Hlavní příčinou smrti bývá napadení důležitých center v prodloužené míše, zejména oblastí řídicí dýchací aktivitu.



Foto 136. Tímto poklopem byl sypán Cyklon B do plynových komor. Dachau. [Zdroj: F-136]

Otrava vysokými koncentracemi chlorkyanu se intoxikace projevuje obdobně jako u superakutní otravy kyanovodíkem. V nízkých koncentracích se však projevuje jako dráždivá látka na oční spojivky a horní cesty dýchací. Pokud není realizována ochrana, může docházet k otoku plic jako u intoxikace fosgenem, tekutina v plicích se bude vytvářet mnohem rychleji.

Symptomy (příznaky) otravy:

Příznaky intoxikace oxidem uhelnatým přicházejí od orgánů a tkání citlivých na narušení zásobování kyslíkem, kdy nedochází k jeho transportu hemoglobinem, který má k oxidu uhelnatému asi 220x vyšší chemickou afinitu (ochota atomu nebo sloučeniny reagovat s jiným atomem nebo sloučeninou).

Prvními symptomy *lehké otravy* je bolest hlavy a pocit napětí v čelní krajině, při vyšší koncentraci se bolest hlavy zintenzivňuje, dostavuje se žaludeční nevolnost a zvracení, prohlubuje se svalová únava, závratě a šeroslepost, varováním může být načervenalá barva kůže. Přechod do *těžké stupně otravy* zpravidla naznačuje zrychlení srdeční činnosti spoždějším upadnutím do bezvědomí a dostavují se svalové křeče. Smrt nastává v důsledku otoku mozku a jeho celkového poškození.

První pomoc při *otravě oxidem uhelnatým* spočívá ve vnesení postiženého z kontaminovaného prostoru (ovzduší) a nejučinnější je zabezpečit „výplach“ plic inhalací kyslíku s využitím dýchacích přístrojů. Je nutno mít na paměti, že filtry obličejových masek se sorpčním materiálem z aktivního uhlí proti oxidu uhelnatému nechrání.

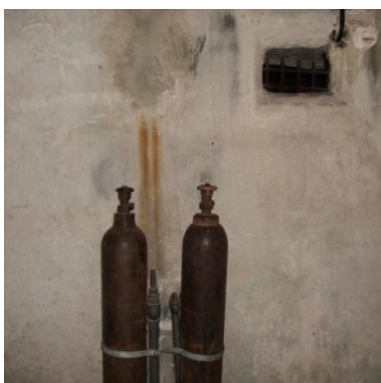


Foto 137. Kabina SS s kukátkem k pozorování plynové komory a lahve s oxidem uhelnatým, Majdanek. [Zdroj: F-137]



Foto 138. Jedna z pěti plynových komor. Komora má jasné skvrny pruské modři (sloučeniny kyanidu) používané pro zaplňování. Na stropě otvor pro vhoz Zyklonu B. Koncentrační tábor Majdanek. [Zdroj: F-138]

Rozhodující význam při *otravě kyanovodíkem* má rychlost poskytnutí pomoci. Jestliže je ve vzduchu po napadení cítit v ovzduší hořkomandlový zápach, je nutno zabránit dalšímu pronikání noxy (látky) do organismu nasazením obličejové masky a deportaci zasažených osob z kontaminované atmosféry.

Zasaženého je nutno svléknout z důvodu zabránění desorpce par z oděvu a prádla. U otrav s výraznými dechovými poruchami je nutné zabezpečit umělé dýchání, ne však z plic do plic, dokud nenaběhne spontánní dýchání nebo není definitivně potvrzena klinická smrt.

Tabulka 46. Vlastnosti všeobecně jedovatých otravných látek. [Zdroj: T-46]

Název	Kódové označení	Fyzikální vlastnosti	Základní chemické vlastnosti	Stálost v terénu	Dekontaminace	Ochrana
Kyanovodík	AC, VN, Forestite	bezbarvá, silně těkavá kapalina, zápach po hořkých mandlích, stárnutím hnědne a polymeruje na tvrdou hmotu, se vzduchem je výbušný	dobře se mísí s vodou, rozpouštědly a některými BCHL, hydrolyza probíhá pozvolna a urychluje se v zásaditém prostředí	na volném terénu max. 5 min., v lesním porostu asi 15 min., v zimě až 60 min.	vzhledem k vysoké těkavosti stačí odvětrání	dostačuje obličejová maska, při vysokých koncentracích je vhodný FOP nebo hermetický oděv
Chlorokyan	CK	bezbarvý plyn s chlorovým zápachem, při 13 °C kondenzuje na smrdutou hnědou kapalinu	špatně rozpustný ve vodě, dobře se rozpouští v org. rozpouštědlech, yperitu a chlorpikrinu, rozklad vodou je velmi pozvolný	v létě na volném terénu 10 min, v zimě 20 min. v zalesněném terénu v létě 30 min a v zimě 2 hod.	zpravidla stačí odvětrání, v místnostech je možno využít amoniaku	dostačuje obličejová maska s běžným filtrem
Oxid uhelnatý		bezbarvý, výbušný plyn, bez chuti a zápachu	není podstatné	na volném terénu minimální, nebezpečný v uzavřeném prostoru	stačí odvětrání	obličejová maska s filtrem, princip katalytické oxidace CO

Chlorokyan má zpočátku silné dráždivé účinky, proto při prvním podráždění nosu, nosohltanu a očí je nezbytné ihned nasadit obličejovou masku. Ostatní léčebné postupy jsou shodné s kyanovodíkem a projevy postižení dýchacích orgánů se ošetřují jako při zasažení fosgenem.

6.5.3 Látky zpuchýřující

Tato skupina látek je známá již z období 1. světové války. Poprvé byly použity 13. července 1917 německou armádou na útočící 15. pěší divizi Britů u belgického města Ypres, podle kterého si nese i své slangové pojmenování „yperity“. Potřebu zařazení těchto látek do válečného arsenálu způsobily stále dokonalejší prostředky pro ochranu horních cest dýchacích, proto se hledaly další možnosti pro vstup toxických látek do organismu, čemuž zpuchýřující bojové chemické látky plně vyhovovaly.

I když v současnosti nemůžeme zpuchýřující bojové chemické látky považovat za dlouhodobě perspektivní, musíme je svou toxicitou a variabilitou vstupu do organismu zařadit na druhé místo za nervově-paralytické látky. Základním toxickým efektem je působení na kůži vznikem erytémů, puchýřů s následnými nekrotickými změnami. Těžce zasahují nechráněné oči a způsobují obtížně léčitelné záněty na sliznicích. Při zasažení dýchacích cest parami „yperitů“ dochází ke vzniku plicního edému.

Ochrana proti zpuchýřujícím látkám je velmi obtížná, protože velmi dobře pronikají do všech druhů materiálů včetně pryží. Proto se yperit používá i pro výzkum průchodnosti těchto ochranných materiálů.

Zpuchýřující látky jsou v současnosti stále skladovány ve velkém množství. Patří mezi ně i zásoby určené k likvidaci v duchu mezinárodní Úmluvy o zákazu chemických zbraní a také nedostatečně zlikvidované německé a japonské chemické zbraně po 2. světové válce, které byly potopeny zejména v mořích.

Taktické použití zpuchýřujících látek je mnohostranné. Dají se použít jako náplň do dělostřeleckých granátů, raketových hlavic, leteckých pum, chemických min, leteckých rozstřikovacích zařízení a aerosolových generátorů.

Nejvýznamnější látkou této skupin bojových chemických látek se jeví sírový yperit, vedle kterého je možno najít ještě další reprezentanty, jako např. dusíkový yperit, seskviyperit, oxolový (kyslíkatý) yperit, lewisit, a fosgenoxim.

Yperitová směs T (HT-gas) – směs sírového a oxolového (kyslíkatého) yperitu – její zavedení má význam jako tzv. *zimní yperit* pro svou nízkou teplotu tuhnutí.

Zahuštěný yperit – je určen pro letecká rozstřikovací zařízení použitelné ve velkých výškách a při vysokých rychlostech letu. Takto použitá směs yperitu a zahušťovadla značně ztěžuje veškeré dekontaminační (odmořovací) práce.

Cílem použití zpuchýřujících látek je zejména:

- trvalé vyřazení živé síly – zejména postižením perkutánní cestou,
- vyčerpání živé síly – dlouhodobým používáním prostředků individuální ochrany,
- omezit manévr protivníka – vytvořením přehradních úseků dlouhodobě kontaminovaných prostorů,
- vynucení časově a materiálově náročných opatření k odstranění kontaminace.

Symptomy zasažení zpuchýřujícími látkami.

Zasažení kůže by ve válce přicházelo vedle inhalačních otrav nejčastěji do úvahy, protože dokonalá ochrana celého povrchu těla je velmi obtížná. Zpuchýřující látky kůži nedráždí, s výjimkou zapařeného a zpocené kůže, kdy může vznikat slabé popálení. Vsakování zpuchýřujících látek je urychlován přítomností většího počtu mazových žláz a je naopak pomalejší na místech se silnou rohovou vrstvou. Po 4 až 6 hodinách po zasažení cítí postižený napínání, svědění a pálení kůže. Z objektivních příznaků se nejprve objeví zčervenání kůže v zasaženém místě a po asi 24 hodinách se začnou tvořit drobné puchýřky, které se postupně slévají ve stále větší puchýře, až se vytvoří velký puchýř nad celou zasaženou periferií. Obsahem puchýřů je čirá, bezbarvá, netoxická kapalina a její vývoj trvá 4 až 6 dní. Vzniká bulózní dermatitida, která je u lehčích případů povrchní tzn., že po stržení puchýře zůstává na povrchu kůže pouze tmavě červená eroze.

U těžších případů vzniká po stržení puchýře hluboký bolestivý vřed, zasahující až do podkoží. Kráter vředu je vyplněn nekrotickými masami, které jsou postupně nahrazovány granulární tkání, citlivou na fyzikální a chemické poškození. Hojení trvá 4 až 6 týdnů a v případě vniknutí sekundární infekce až 3 měsíce.

Tabulka 47. Vlastnosti zpuchýřujících otravných látek. [Zdroj: T-47]

Název	Kódové označení	Fyzikální vlastnosti	Hydrolyza a rozpustnost	Stálost v terénu	Ochrana
Sírový yperit	H, HD, R 74, Yc, Yt, Senfgas, Mustard gas, Sulfur mustard, Iprit, Lost VM-soft,	olejovitá kapalina se zápachem po česneku, technický produkt je žlutý až hnědý se zápachem po spálené pryži, teplota tuhnutí je 14,5 °C	ve vodě se rozpouští velmi neochotně se sklonem plout na hladině, rozklad vodou je velmi pozvolný a produkty jsou toxické	v létě 3 až 7 dní, v zimě několik týdnů	obličejová maska s prostředkem ochrany povrchu těla, rukavice, přezůvky
Dusíkový yperit	HN-3, N-yperit, yperite azote, nitrogene mustard, azotistij iprit	bezbarvá až nažloutlá kapalina, stárnutím hnědne, technický produkt páchne rybinou	viz HD	podstatně déle než HD	viz HD
Lewisit	L, R-43A, $\alpha(\beta,\gamma)$ -Lewisite, Lewisite A, M-1, ljuizit	bezbarvá mírně těkává kapalina, stárnutím rudne, až hnědne, zápach po pelargoniích	ve vodě téměř nerozpustný, hydrolyza je velmi rychlá, produkty rozkladu vodou jsou toxické, dobře se rozpouští a mísí s yperity	v létě asi 1 den v zimě až týden (v závislosti na vlhkosti terénu a vzduchu)	viz HD
Kyslíkatý (oxolový) yperit	T, O-lost	tmavá olejovitá kapalina slabý nespécifický zápachem, tuhne při 10 °C	ve vodě se nerozpouští, dobře rozpustný v acetonu a benzenu	obdobně jako HD	viz HD
Sesqui-yperit	Q	krystalická látka jantarové barvy bez výrazného zápachu	málo rozpustný ve vodě, dobře v org.rozpouštědlech	nehodnoceno	viz HD
Fosgenoxim	CX	tuhá látka, technický produkt je kapalina, zápach nespécifický a pronikavý, silně těkává látka známá jako kopřivový plyn	nehodnoceno	nehodnoceno	viz HD
Směs yperit-lewisit	HL, RK-7	kapalina páchnoucí po česneku, lewisit snižuje teplotu tuhnutí yperitu na minus 25 °C	viz HD a L	nižší než u HD	viz HD

Při zasažení očí parami je doba latence 4 až 8 hodin a v případě zasažení kapalinou se pohybuje mezi 2 až 4 hodinami. Zasažení se projevuje silnými subjektivními potížemi charakterizovanými pocitem pálení a řezání a pocitem cizího tělesa v oku. Dostavuje se světloplachost a otok a zarudnutí víček i spojivek. V případě těžkého zasažení oka zpuchýřující látkou může dojít k hlubokému zánětu rohovky, který může končit i vytvořením rohovkového vředu a zánětem duhovky. V nejtěžších případech dochází ke ztrátě oka.

Inhalační intoxikace se projevuje po několikahodinové latenci v závislosti na obdržené dávce noxy (látky) jako lehký katar horních cest dýchacích v případě lehké intoxikace nebo jako katarální nekrotická bronchopneumonie v případě těžkých otrav. Zasažený nejprve cítí tlak a škrábání za hrudní kostí doprovázený dráždivým kašlem, který se mění v kašel produktivní s výrony krvavých hlenů.

Objektivně můžeme u zasaženého pozorovat schvácenost, vysoké teploty a plicní nález obdobný pneumonii. V těžších případech hrozí smrt po 3 až 4 dnech od intoxikace. U příznivějších zasažených dochází po 4. dnu intoxikace ke klinickému zlepšení a nález na plicích postupně ustupuje. Devátý až desátý den po otravě je však zasažený ohrožen udušením z důvodů ucpaní plicních sklípků uvolněnými blánami vytvořenými v místech nekrotické devastace sliznice dýchacích cest, případně sekundárních infekcí.



*Obrázek 98. Puchýře po zasažení yperitem.
[Zdroj: O-98]*

Perorální otrava je vzácnějším případem než případy předchozí. Příznaky tohoto druhu otravy nastupují téměř okamžitě po požití kontaminované vody nebo potravin. Dominují zde nevolnosti, bolesti v nadbříšku, úporné zvracení a průjmy s příměsí krve. Ztráta tekutin spolu s přímým toxickým účinkem zpuchýřujících látek vede ke stavům, které se podobají průjmovým bacilárním onemocněním, jako je cholera. Stav může zhoršovat šok ze ztráty tekutin nebo i závažné infekční komplikace v případě perforace zažívací trubice.

Hlavní zásadou první pomoci při zasažení zpuchýřujícími otravnými látkami je včasné nasazení obličejové masky, odsun z prostoru a odmoření pomocí individuálních protichemických balíčků (IPB). Důležité je odstranění hlavního zdroje následné kontaminace, kterým je oděv. Při zasažení trávicího traktu, okamžitě vyvolat mechanicky zvracení a následně požit kaši z živočišného uhlí. Provést výplach očí 2% roztokem sody nebo 0,5% roztokem monochloraminu B. Výplach je možno provádět i velkým množstvím vody.

Specifické antidotum neexistuje a léčba má zabránit druhotné infekci. Kůži lze omývat nebo obkládat 1 až 2% roztokem monochloraminu B či 1% roztokem manganistanu draselného (hypermangan). Puchýře nepropichovat a na kožní defekty použít masťový obvaz. Pro lewisit existuje antidotum – Dicoptol. Nutno provést úplnou dekontaminaci.

6.5.4 Nervově paralytické látky

Nervově paralytické látky patří mezi organické sloučeniny fosforu, vyznačující se mimořádnou toxicitou vůči savcům. Jsou nejvýznamnější a nejnebezpečnější skupinou bojových chemických látek. Vedle své toxicity se vyznačují rychlým nástupem účinku a průnikem všemi branami vstupu. Jejich syntéza je poměrně snadná a levná a jsou vojensky i teroristicky snadno použitelné. Dělí se na dvě podskupiny, které jsou označovány jako G látky a V látky.

Látky série G jsou nejčastěji fluoridy esterů kyseliny alkylfosfonové nebo fosforečné. Nejvýznamnějšími představiteli jsou sarin, soman a tabun, přičemž receptura látky tabun je již zastaralá a řadí se mezi záložní bojové chemické látky. Všechny tyto látky jsou určeny k vyrazení nebo usmrcení živé síly inhalací par a aerosolů i účinkem kapalné fáze na kůži.

Látky série V bývají nejčastěji estery kyseliny alkylfosfonové nebo fosforečné a amino-thioalkoholu. Nejvýznamnějším představitelem této skupiny je látka VX. Tato sloučenina je určena k vyrazení a usmrcení osob především působením jako kapalina na nechráněnou pokožku a inhalací jejího aerosolu.

Je nutno uvést, že sloučeniny stejné základní struktury se používají v průmyslu jako změkčovadla, hydraulické kapaliny, pro nehořlavé úpravy, ve veterinární či humánní medicíně jako léčiva či jako sloučeniny k výzkumu nervových funkcí. Nejširšího uplatnění dosáhly tyto látky v zemědělství jako insekticidy určené k hubení hmyzu.

Tabulka 48. Vlastnosti nervově paralytických otravných látek. [Zdroj: T-48]

Název	Kódové označení	Fyzikální vlastnosti	Hydrolyza a rozpustnost	Stálost v terénu	Ochrana
Sarin	GB, Trilon 46, Trilon 144, T144, T46, EA1208, zarin, R35	čirá bezbarvá kapalina podobná vodě, bez výraznějšího zápachu, technický produkt je nažlutý s vůní po ovoci	dobře se mísí s vodou i org. rozpouštědly, hydrolyza je velmi pomalá, urychlí se alkáliemi	páry v terénu mají v letních podmínkách stálost 0,5-6 hod., v zimě 6-12 hod.	obličejová maska a FOP
Soman	GD,R55 (Rusko) trilon, EA1210, zahuštěná receptura VR55	v čistém stavu bezbarvá pohyblivá kapalina mírně páchnoucí po kafru, stárnutím hnědne	špatně se rozpouští ve vodě, dobře v organických rozpouštědlech, olejích a tucích, hydrolyza viz sarin	v létě max. den, v zimě podle podmínek několik dnů	obličejová maska a FOP
Cyklosin	GF	bezbarvá kapalina s mírnou ovocnou vůní, vlastnosti jako u sarinu	obdobné sarinu	obdobné soman	obličejová maska a FOP
Látka typu V	VX,VR, EA5365, látka sk. A, látka sk. F, R33 (Rusko)	v čistém stavu bezbarvá málo pohyblivá olejovitá kapalina bez výraznějšího zápachu, technický produkt je žlutý až temně hnědý	špatně se rozpouští ve vodě a dobře v organických rozpouštědlech a tucích, rozklad vodou je pomalý a urychluje se až v silném zásaditém prostředí	při slunečném počasí a teplotách nad 15 °C 3-21 dní, při silném větru a dešti a teplotě 10°C asi 10 hodin, za mrazu a sněhu až 16 týd.	obličejová maska, FOP, protichem. oděv
Amiton	VG, amiton, tetram, inferno, netramak	bezbarvá kapalina, mírný zápach po ovoci, dobře rozpustná ve vodě a org. rozpouštědlech	viz VX	několik dnů až týden	viz VX
Tabun	GA, tabun, trilon 83, T83, Gelan	bezbarvá kapalina jemně páchnoucí po ovoci, technický produkt je zelenožlutý až hnědý se zápachem hořkých a při velkých koncentracích se zápachem po rybách	ve vodě málo rozpustný, směšuje se s org. rozpouštědly, yperitem, lewisitem a kyanovodíkem, pomalu hydrolyzuje za odštěpení CN ⁻ skupiny	povrchy zasažené kapalným tabunem jsou kontaminovány až 2 dny v závislosti na větru, teplotě a srážkách	obličejová maska a FOP
Látka se střední těkavostí	IVA, GP, GV, Novičok	bezbarvá málo stabilní kapalina, která se v závislosti na teplotě mění na bílou tuhou látku	neudává se	několik dnů v závislosti na počasí	viz VX

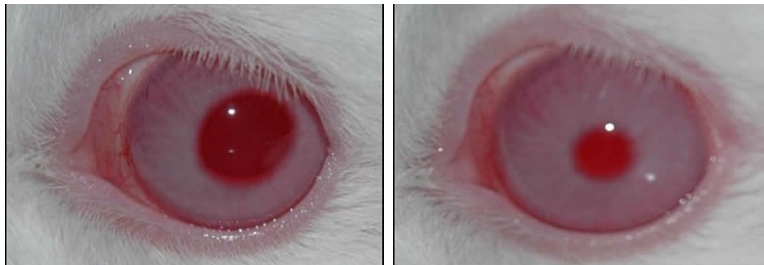
Symptomy zasažení nervově paralytickými látkami.

Vysoká toxicita nervově paralytických látek se projevuje při všech cestách pronikání do organismu. Tato vlastnost, spolu s možností použít tyto látky libovolnými prostředky, je zařadila na první místo při jejich možném válečném použití. Proto budou příznaky zasažení touto skupinou bojových chemických látek popsány podrobněji než u ostatních skupin.

Příznaky otravy sarinem a somanem mají shodné základní rysy bez ohledu na skupenství, ve kterém látky do organismu vstupují. Malé rozdíly jsou patrné v závislosti na bráně vstupu a to jen v počátečních stádiích otravy. U zcela rozvinuté intoxikace se jednotlivé rozdíly stírají. Dle závažnosti a hlavně pro snazší třídění zasažených je možno rozlišit v klinickém průběhu intoxikace tři stupně otravy.

Lehká forma začíná 15 až 20 minut, výjimečně do 2 hodin po kontaktu. Při inhalační otravě se nejdříve objeví mióza, což je zúžení zorniček (viz foto 139), pocit tíhy na prsou a mírná dušnost, výtoky z nosu, svalová únava, bolest hlavy a problémy se zaostřováním zraku. Často se objevuje pocit na zvracení, výjimečně zvracení, nechutenství, bolest břicha, kašela nadměrné pocení. Zasažený bývá neklidný, s pocitem úzkosti, trpí nespavostí, má problémy se soustředěním a pamětí na nejčerstvější události.

Křečovitý stav víček vede k pocitu tlaku až bolesti v očích a nad očnicemi, spojivkové vaky jsou překrveny a řídce mohou být i oteklé. Poruchy dechu jsou zapříčiněné křečovitým stavem hladkého svalstva průdušek a zvýšeného vykašlávání hlenu, dušnost může mít i astmatický ráz s dráždivým kašlem. Tep je zpomalený, asi 60 za minutu, krevní tlak se zvyšuje, později se normalizuje s tendencí poklesu. Léčení stačí ambulantní. Pokud trvá mióza, nemůže postižený plnit úkoly.



*Foto 139. Působení kapky sarinu na levé oko králíka.
(1) normální oko, (2) smrštění zornice – mióza po 5 min při koncentraci
5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$. [Zdroj: F-139]*

Při **středně těžké otravě** se doba latence pohybuje mezi 5 až 10 minutami, výjimečně do 1 hodiny po kontaktu. Po uplynutí této doby se objevují stejné příznaky jako u lehké otravy, ale rozvíjejí se rychleji a intenzivněji.

Mióza může způsobit až úplné vymizení zornic. Stupňují se astmatické problémy, které jsou zhoršovány periodickými křečemi hrtanu doprovázené pískavým a zrychleným dýcháním. Je narušeno zásobování kyslíkem, což se projevuje promodráváním kůže a sliznic. Zvyšuje se slinění a sekrece z nosu, stupňuje se kašel s vykašláváním zpěněného hlenu. Kolísá srdeční činnost a tep se zpomaluje na 50 až 60 za minutu, krevní tlak klesá. Zvyšuje se tonus svalstva v mezích od zvýšeného napětí k tikům, až ke křečovitému sevření (kolem úst, na šíji a lýtcích). Křeče trvají krátkou chvíli a jsou vystřídány delšími klidovými intervaly, ve kterých přetrvává svalové napětí. Nechutenství je vystřídáno zvracením někdy s průjmy. Postižený má velké bolesti hlavy, závrať, jeho nálada je labilní, je narušeno soustředění, nepamatuje si nejčerstvější události a jeho řeč je nesrozumitelná a patlavá.



Foto 140. Otrava sarinem, Sýrie 2013. [Zdroj: F-140]

Příznaky se udržují asi 24 hodin, potom pomalu ustupují a dochází k rekonvalescenci. Mióza přetrvává někdy i více než týden, dušnost a nevolnost mizí po dvou dnech. Po vymizení křečí přetrvávají několik dní svalové nebolestivé záškuby svalstva. Poměrně dlouho přetrvává vyčerpanost a to i při minimálním pracovním zatížení. Při střední otravě je nutná hospitalizace a s léčením kolem dvou týdnů. Asi tři měsíce přetrvává snížená obranyschopnost organismu.

K **těžkému stupni otravy** dochází při zasažení aerosolem, velkou koncentrací par v okolí explodovaných pum, granátů a min, nebo při kontaminaci rány kapalnou nervově paralytickou látkou, či postřikem povrchu těla, kdy měla látka čas proniknout do organismu. Podle brány vstupu je doba latence minimální nebo i zcela chybí. První příznaky jsou obdobné, ale jejich rozvoj je rychlý a dramatický. Bolestivý tlak v očích a křeče očních víček jsou znásobovány při pokusech zaostření zraku a vidění a orientace jsou hrubě narušeny. Silné bolesti hlavy a dutin jsou doprovázeny reflexním zvracením a dávením. Zasažený má silnou dušnost se záchvatovým kašlem s vykašláváním zpěněného hlenu. Křeče hlasivek vedou k narušení mluvy, těžké dýchání je doprovázeno hlučnými výdechy, může dojít k otoku plic. Zhoršuje se zásobení krve kyslíkem – kůže a sliznice jsou výrazně bledé a potom začnou promodrávat. Bolesti v nadbříšku mohou být provázeny i kolikou nebo naopak průjmy a samovolnou defekací a pomočením v důsledku křečí močového měchýře.



Foto 141. Otrava sarinem, Sýrie 2013.

[Zdroj: F-141]



Obrázek 99. Autoinjektory DuoDote, Mark I a Combopen s náplněmi morphia, diazepamu, atropinu a 2-PAM proti nervově paralytickým látkám.

[Zdroj: O-99]

může dojít i po delší době, kdy je zasažený v zdánlivě již v dobrém stavu. Smrt nastává průměrně za 6 až 12 hodin, v nejtěžších případech do několika minut.

První pomoc při zasažení nervově paralytickými látkami spočívá v co nejrychlejší nasazení obličejové masky postiženému a aplikaci antidota tj. látky specificky zabraňující toxickému účinku organofosfátů pomocí autoinjektoru, nebo formou tablet – viz obrázky 99 a 100. Je nutné zamezit dalšímu pronikání látky do organismu opuštěním kontaminovaného prostoru, při kontaminaci oděvu provést jeho svlečení a pokožku dekontaminovat pomocí protichemického balíčku.

Při vniknutí nervově paralytických látek do oka provést jeho výplach velkým množstvím vody a při požití organofosfátů je nutno vyvolat zvracení s podáním živočišného uhlí.



Obrázek 100. Profylaktické antidotum PANPAL.

[Zdroj: O-100]

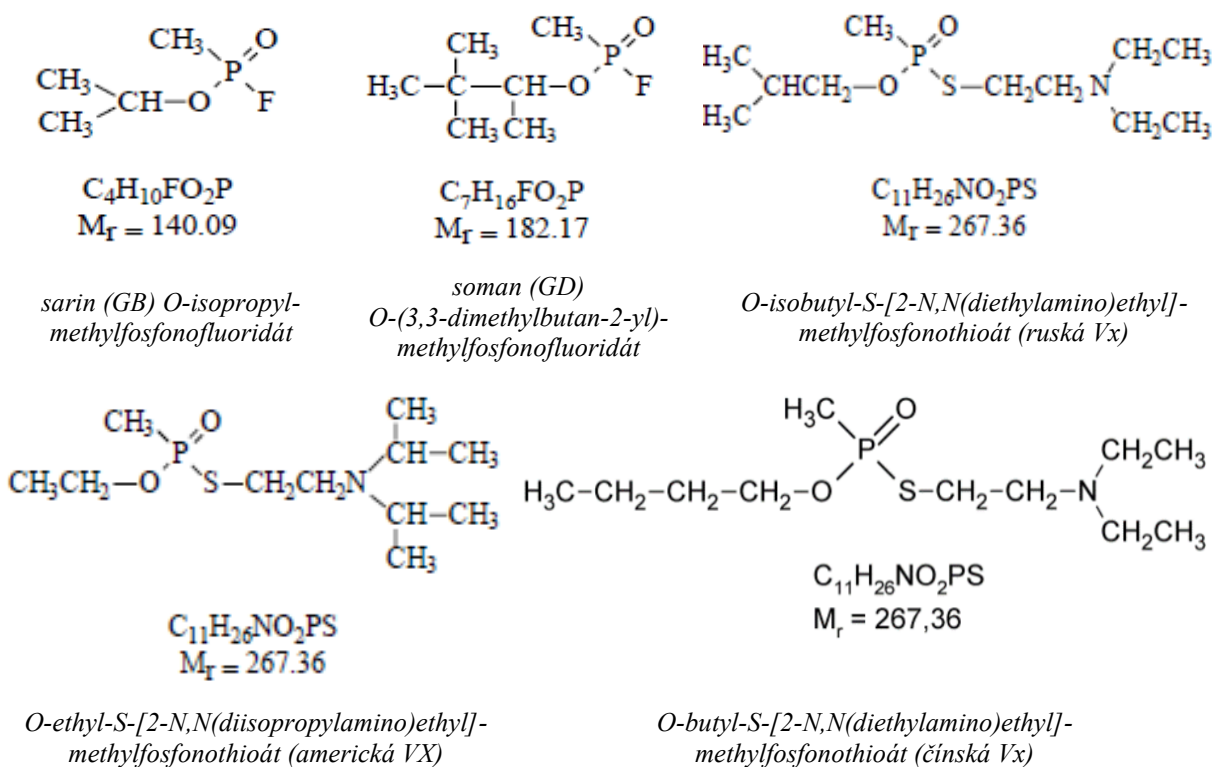
Dále je nutné zabezpečit chod základních životních funkcí, tzn. při zástavě dechu provést umělé dýchání z plic do plic po dekontaminaci (odmoření) obličeje nebo použít křísící přístroje, při zástavě srdeční činnosti provést nepřímou masáž srdce a pro bezvědomí platí stabilizovaná poloha. Základem však stále zůstává antidotní terapie řešená podáváním atropinu a obidoximu (autoinjektor Combopen) v 10 až 30 minutových intervalech do prvních příznaků rozšíření zornic a zčervenání kůže. V armádě je také zavedeno profylaktické antidotum v podobě tablet s názvem PANPAL.

6.5.4.1 Program FOLIANT – novičoky a jejich vlastnosti, struktura, reaktivita

Podle tajné zprávy americké armády National Ground Intelligence Center in Military Intelligence Digest ze dne 24. ledna 1997 „jsou látky vyvinuté v programu FOLIANT stejně toxické jako látka VX, rezistentní k léčení jako soman, obtížněji detekovatelné a snadněji vyrobitelné“. Binární verze látek údajně používají acetonitril a organický fosfát „který může být maskovaný jako prekurzor pesticidů“.

V případě údajů o vlastnictví chemických zbraní a jejich zničení můžeme vycházet z oficiálních deklarácí států vlastnicích tyto zbraně a následně z údajů Organizace pro zákaz chemických zbraní (dále OPCW). V případě látek ze skupiny novičok žádné oficiální údaje nemáme k dispozici a musíme vycházet z ne vždy objektivních a pravdivých informací. Vycházejme z toho, že v 70. a 80. letech minulého století probíhalo intenzivní inovační úsilí jak ve Spojených státech amerických, tak v Sovětském svazu s cílem nalézt nové bojové chemické látky s obecně výhodnějšími vlastnostmi použitelné zásadně v binárním systému. Podstatou binárních receptur je vznik příslušné bojové chemické látky rychlou syntézou z relativně netoxických sloučenin (prekurzorů) při odpálení či dopravě chemické munice na cíl. Zejména šlo o odstranění některých dílčích nevýhod dvou nejvýznamnějších nervově paralytických látek. A to vysokou těkavost sarinu a naopak velmi nízkou těkavost látky VX, znehodnocující její perkutánní účinnost při zasažení přes jakékoliv textilní bariéry.

Tabulka 49. Nervově-paralytické otravné látky. [Zdroj: T-49]



Termín noviček použitý pro řadu sloučenin bez specifikace jakýchkoli chemických vzorců byl široce používán v publikaci vydané The Henry L. Stimson Center v roce 1995. V tabulce 50 jsou uvedeny tyto látky podle Mirzajanova.

Tabulka 50. Mirzajanův popis programu noviček. [Zdroj: T-50]

Název látky	Druh látky	Výzkumný program	Místo testování	Místa výroby	Stav
Látka R-33	unitární látka podobná nervově paralytické látce VX, prekurzor novičku	GosNIIChT Moskva	Šichany	Novočeboksarsk	vyrobena 15 000 tun, deklarována jako VX podle Wyomingského memoranda
A-230	unitární látka, prekurzor novičku	GosNIIChT Šichany vedoucí Petr Kirpičev	Nukus	Šichany a Volgograd	Testována 1988-1989 Schválena jako chemická zbraň 1990 Vyrobeno experimentální množství (desítky tun)
A-232	unitární látka podobná A-230, prekurzor novičku	GosNIIChT Šichany vedoucí Petr Kirpičev	Nukus a Šichany	Šichany a Volgograd	Vyrobeno experimentální množství (několik tun) Neschválena armádou
Novičok-5	binární látka založena na A-230, 5-8 krát účinnější než VX	GosNIIChT Moskva vedoucí Igor Vasiljev a Andrej Železnakov	Nukus	Šichany a Volgograd	Testována 1989-1990 Schválena jako chemická zbraň 1989 Vyrobeno experimentální množství (několik tun)
Novičok-#? Název nevytvořen	binární látka založena na látce 33	GosNIIChT Moskva a Šichany	Nukus a Šichany	Novočeboksarsk a Šichany	Testována 1988-1989 Schválena jako chemická zbraň 1990 Vyrobeno experimentální množství (desítky tun)
Novičok-7	binární látka založena na NPL soman, 5-8 krát účinnější	GosNIIChT Moskva vedoucí George Drozd	Šichany	Šichany	Testována 1993 Vyrobeno experimentální množství (desítky tun)

Poznámka:

GosNIIChT Государственный научно исследовательский институт органической химии и технологии (Státní vědeckovýzkumný ústav organické chemie a technologie RF)

Mirzajanov se ve své knize „*State Secrets: An Insider's Chronicle of the Russian Chemical Weapons Program*“ která vyšla v USA v roce 2009, se věnuje jen látkám A-230 (nebo Látka 84) a A-232, a to ve velmi omezeném rozsahu, u ostatních (A-234, A-242, A-262) ale uvádí jenom jejich vzorce bez jakékoliv bližší specifikace. Jiní ruští specialisté však tato tvrzení Mirzajanova nepotvrzují. Podle Fedorova nejsou chemické vzorce těchto látek otevřeně k dispozici. Další chemik, Vladimir Ulev, asistent Petra Kirpičeva, se na vývoji novičeků aktivně účastnil. Uvádí čtyři látky vyvinuté v různých letech, které však nebyly nazývány novičkoy, ale měly pouze kódové označení. Označil je podle data jejich vzniku jako A-1972, B-1976, C-1976 a D-1980. První tři jsou kapalné, čtvrtá pevná práškovitá látka. Jde o organické sloučeniny fosforu s nervově paralytickým účinkem, které se liší způsobem výroby i bojového použití. Ve skupině vedené Kirpičevem vzniklo podle něj několik set modifikací látek tohoto typu. „*Žádné nově vyvíjené látky je svými toxickými vlastnostmi nemohou překonat.*“

Skupinu látek novičok podle něj vyvíjely laboratoře v povolžském městě Volsk a pokusně se vyráběly v objemech od 20 gramů do několika kilogramů. Na látkách skupiny novičok se podle něj pracovalo od roku 1972 do roku 1988. S nervově paralytickou látkou VX si není možné novičok splést, se sarinem a somanem, dalšími látkami tohoto typu, je záměna možná. Protijed neexistuje. Není tedy jasné, zda název novičok byl oficiálně uváděn i v programu vývoje těchto látek. Sám Fedorov to na druhé straně zpochybňuje ve své obsáhlé knižní publikaci. Nikde se v těchto dokumentech nesetkáme s výrazem „program novičok“ nebo jenom „novičok“, ale pouze látky A-232. Správné by tedy bylo používat pro tyto nové chemické látky označení látky série A.

Vlastnosti – o vlastnostech novičoků nemáme k dispozici v podstatě žádné autorizované údaje, pouze pár informací z knihy Mirzajanova. Látky A-230 a A-232 by měly být kapaliny. Nevýhodou látky A-230 bylo, že krystalizovala v zásobnících při teplotách pod -10 °C. Pro odstranění tohoto nedostatku se k ní přidávalo rozpouštědlo N,N-dimethylformamid. Toxicita A-230 i v tomto případě zůstávala vysoká, podle Mirzajanova 5-8krát převyšovala toxicitu ruské látky Vx v závislosti na cestě podání, perkutánní nebo intravenózní. Látka A-232 je stejně toxická jako Vx, je mnohem více těkavá než Vx a A-230. Její stabilita proti vlhkosti je nižší než u obou těchto látek. Látky A-242 a A-262 by měly být vysoce toxické pevné látky. Novičoky by měly snadno překonat standardní protichemickou ochranu, pronikat pryžovým těsněním a jinak účinnými filtry s aktivním uhlím.

O látce A-234 nejsou k dispozici vůbec žádné údaje. Mirzajanov ve své knize uvedl pouze její vzorec. V médiích se opakovaně uvádí látka A-234 pouze jako binární. Ovšem taková chemická látka může existovat jako unitární a současně ji jde v případě potřeby připravit jako binární. V průběhu vyšetřování incidentu otravy Skripalových se objevily nepotvrzené informace o značné nestálosti této látky (rozklad anglickou mlhou), výjimečné toxicitě a potvrzena byla její vysoká čistota 97-98 % zjištěná v průběhu analýzy laboratoří v Porton Downu a následně v laboratořích OPCW. Ovšem to zase zpochybňují bývalí ruští pracovníci, kteří se na výzkumu látek této skupiny podíleli, že by vzorky měly obsahovat rozkladné produkty. Stejně tak se značně liší názory na stálost této látky. Látky skupiny novičok by měly být organické sloučeniny fosforu, organofosfáty, konkrétně fosfonofluoridáty resp. fosforofluoridáty. Toxický efekt chemické látky je závislý především na dávce chemické látky, jejích fyzikálních a chemických vlastnostech, bráně vstupu do organismu, rychlosti působení, době působení (expozice) a stavu organismu.

Při přípravě látek skupiny novičok byly použity netradiční způsoby výroby nervově paralytických látek. Poprvé byl vložen acetoamidinový radikál (za tvorby vazby P-N) do molekuly sarinu nebo somanu místo O-alkyl radikálu. Přesto se odborníci shodují na tom, že příprava gramových množství v laboratorních podmínkách by neměla být složitá. Dokonce podle některých by tuto přípravu měl být schopen provést chemik absolvent magisterského studia v oboru organické chemie s využitím laboratorního vybavení běžné organické laboratoře. Podmínkou je ale vybavení laboratoře pro práci v rizikových podmínkách, především funkční vzduchotechnikou s odpovídajícími filtry. Pokud se týká poloprovozní výroby nebo dokonce výroby v průmyslovém měřítku by podmínky byly složitější a vyžadovaly by specializované výrobní zařízení.

Struktura látek A-230, A-234 – Údaje o struktuře skupiny organofosforových sloučenin kategorizovaných autorem D. Hankem Ellisonem podle obecného názvu „novičoky“ byly poprvé poskytnuty ve druhém vydání „*Handbook of Chemical and Biological Warfare Agents*“ v roce 2008. Příručka uvádí strukturu 58 sloučenin, které podle autora patří do skupiny novičok a jsou to organofosfáty s různou kombinací substituentů heteroatomů, počítaje v to atomy kyslíku, uhlíku, dusíku, fluoru a bromu. Všem těmto sloučeninám byly přiřazeny indexové názvy v „*American Society Chemical Abstract System*“, což dokazuje, že byly syntetizovány.

V roce 2009 byla v USA vydána kniha Vila S. Mirzajanova „*State Secrets: An Insider's Chronicle of the Russian Chemical Weapons Program*“. Tato kniha poskytla strukturní vzorce pěti sloučenin a jejich kódy (A-230, A-232, A-234, A-242, A-262), které Mirzajanov také přiřadil do skupiny novičok. Tyto vzorce neodpovídají strukturám, které byly uvedeny o rok dříve v knize Ellisona. Mirzajanov se ve své knize věnuje jen látkám A-230 (nebo Látka 84) a A-232, a to ve velmi omezeném rozsahu, u ostatních ale uvádí jenom jejich vzorce bez jakékoliv bližší specifikace.

Hlavní předností látky A 232, při srovnání s R 33 (ruská VX), je její podstatně vyšší těkavost. V rámci projektu byla paralelně řešena i dvousložková syntéza látky R 33. Jako základní prekurzor, kromě potřebného 2-(diethylamino)ethan-1-thiolu, byl zvolen novičokům analogický isobutyl-methylfosfonokyanidát.

Strukturálně jsou si látky A-230 a A-234 podobné. Rozdíl je v tom, že A-230 je derivátem kyseliny methylfosfonové a A-234 kyseliny fosforečné. U látky A-230 je na atom fosforu vázána methylová skupina a u látky A-234 ethyloxy skupina. Na centrální atom fosforu jsou navázány 4 silně elektronegativní atomy (fluor, dusík, dva kyslíkové atomy) a skupiny v případě látky A-234 a 3 elektronegativní skupiny (fluor, dusík, kyslík) u látky A-230. Elektronegativita je v chemii vlastnost atomu, vyjadřující jeho schopnost přitahovat vazebné elektrony.

Látky skupiny novičok by měly být organické sloučeniny fosforu, organofosfáty, konkrétně fosfonofluoridáty resp. fosforofluoridáty. Toxický efekt chemické látky je závislý především na dávce chemické látky, jejich fyzikálních a chemických vlastnostech, bráně vstupu do organismu, rychlosti působení, době působení (expozice) a stavu organismu.

Tabulka 51. Strukturní vzorce pěti sloučenin programu Foliant a jejich kódy. [Zdroj: T-51]

$\begin{array}{c} \text{F} \\ \\ \text{CH}_3\text{-P=O} \\ \\ \text{N=C(CH}_3\text{)-N(C}_2\text{H}_5\text{)}_2 \end{array}$ <p style="text-align: center;"><i>Látka A-230</i> <i>methyl-$\{N-[1-(diethylamino)ethyliden]$</i> <i>amido}fosfonofluoridát</i></p>	$\begin{array}{c} \text{F} \\ \\ \text{CH}_3\text{O-P=O} \\ \\ \text{N=C(CH}_3\text{)-N(C}_2\text{H}_5\text{)}_2 \end{array}$ <p style="text-align: center;"><i>Látka A-232</i> <i>N-[1-(diethylamino)ethyliden]</i> <i>amido-O-methyl-fosforofluoridát</i></p>
$\begin{array}{c} \text{F} \\ \\ \text{C}_2\text{H}_5\text{O-P=O} \\ \\ \text{N=C(CH}_3\text{)-N(C}_2\text{H}_5\text{)}_2 \end{array}$ <p style="text-align: center;"><i>Látka A-234</i> <i>N-[1-(diethylamino)ethyliden]</i> <i>amido-O-ethyl-fosforofluoridát</i></p>	$\begin{array}{c} \text{F} \\ \\ \text{CH}_3\text{-P=O} \\ \\ \text{N=C-N(R)}_2 \\ \\ \text{N(R)}_2 \end{array}$ <p style="text-align: center;"><i>Látka A-262</i></p>
$\begin{array}{c} \text{F} \\ \\ \text{CH}_3\text{-P=O} \\ \\ \text{N=C-N(R)}_2, \text{ kde R - diethylový radikál} \\ \\ \text{N(R)}_2 \end{array}$ <p style="text-align: center;"><i>Látka A-242</i></p>	

Organofosfáty jsou nervově paralytické látky, při vstupu do organismu inhibují enzym acetylcholinesterasu. Tento enzym je nezbytný pro správné ukončení přenosu nervových vzruchů v organismu. V oblasti synapse tak dochází ke zvýšení koncentrace acetylcholinu, přenašeče nervových impulsů, je blokována jeho hydrolyza. V organismu tím pádem dochází k endogenní intoxikaci acetylcholinem, která je hlavní příčinou toxického účinku nervově paralytických látek.

Pro léčbu intoxikace nervově paralytickými látkami má zásadní význam dealkylace inhibované acetylcholinesterasy, protože dealkylovaná acetylcholinesterasa je k účinku reaktivátorů cholinesteras rezistentní.

Tabulka 52. Toxicita nervově paralytických látek. [Zdroj: T-52]

NPL	Střední letální dávka LD ₅₀ (mg.kg ⁻¹) pro krysy	
	intramuskulárně	perkutánně
GB	0,096	84,00
GD	0,069	11,25
GF	0,080	3,94
VX	0,015	0,077
GP	0,017	1,37

Poznámka:

GB – sarin: *O-isopropyl-methylfosfonofluoridát*

GD – soman: *O-(3,3-dimethylbutan-2-yl)-methylfosfonofluoridát*

VX – látka VX: *O-ethyl-S-[2-N,N(diisopropylamino)ethyl]-methylfosfonothioát*

GF – cyklosin: *O-cyklohexyl-methylfosfonofluoridát*

GP – látka GP: *N,N-dimethylamido-O-[(2-dimethylamino)ethyl]fosforofluoridát*

Rychlost dealkylace je závislá na době kontaktu enzymu s nervově paralytickou látkou a na chemické struktuře nervově paralytické látky. Z tohoto hlediska jsou nervově paralytické látky, u kterých probíhá dealkylace rychle, velmi nebezpečné, protože po promeškání vhodného času se stává podání reaktivátoru neefektivní. Poločas dealkylace acetylcholinesterasy inhibované somanem je velmi rychlý, udává se řádově v minutách (cca 10 minut), u sarinu probíhá dealkylace pomaleji (poločas kolem 10 hodin) a u látky VX nebyla dealkylace prakticky pozorována do 24 hodin. Některé další prameny uvádějí tyto hodnoty: tabun 14 hodin, sarin 5 hodin, soman 2-6 minut, VX 48 hodin. Ačkoliv nejsou k dispozici data týkající se novičoků, lze v tomto případě očekávat rychlou dealkylaci, řádově hodiny, a tedy komplikované léčení.

V tabulce 53 jsou uvedeny některé fyzikálně chemické vlastnosti nervově paralytických látek (NPL). V různých pramenech jsou údaje o vlastnostech těchto látek odlišné, ale zde nám slouží k jejich vzájemnému porovnání.

Tabulka 53. Fyzikálně chemické vlastnosti některých nervově paralytických látek. [Zdroj: T-53]

NPL	Molekulová hmotnost	Specifická hmotnost (g.ml ⁻¹)	Bod tání (°C)	Bod varu (°C)	Maximální koncentrace (g.m ⁻³)
GA	162,3	1,073	-49	246	611
GB	140,1	1,009	-56	147	21862
GD	182,18	1,022	-80	167	3921
VX	267,36	1,008	-20	300	10,7
GP	198,18	1,11	0	207-240	700
GF	180,14	1,133	-12	239	659 (581)

Poznámka:

GA – tabun: *O-ethyl-N,N-dimethylfosforamidokyanidát*

GB – sarin: *O-isopropyl-methylfosfonofluoridát*

GD – soman: *O-(3,3-dimethylbutan-2-yl)-methylfosfonofluoridát*

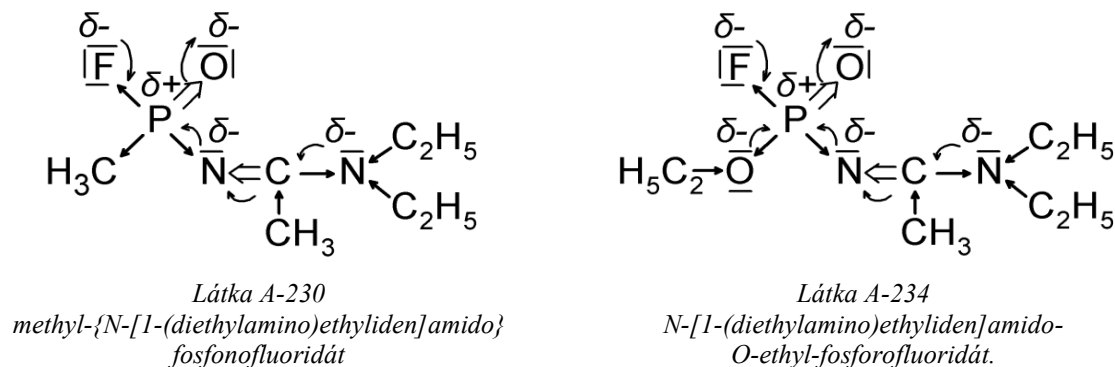
VX – látka VX: *O-ethyl-S-[2-N,N(diisopropylamino)ethyl]-methylfosfonothioát*

GF – cyklosin: *O-cyklohexyl-methylfosfonofluoridát*

GP – látka GP: *N,N-dimethylamido-O-[(2-dimethylamino)ethyl]fosforofluoridát*

Reaktivita látek A-230, A-234 – reaktivita organofosforových látek závisí na rozložení parciálních nábojů na centrálním fosforovém atomu a na okolních substituentech. Kovalentní vazba mezi dvěma atomy s rozdílnými elektronegativitami je polarizována. Míra polarizace je přímo úměrná absolutní hodnotě rozdílu v elektronegativitě obou atomů. Elektronegativnější atom tím získává malý záporný náboj. Substituenty přitahující elektrony vykazují záporný induktivní efekt (- I), substituenty odpuzující elektrony mají kladný induktivní efekt (+ I). Přitahování elektronů induktivním efektem se vyznačuje šipkou na příslušné vazbě. Posun elektronů π násobné vazby spojený s konjugací (mezomerní efekt) je znázorňován obloukovitou šipkou. Pro obě látky, A-230 a A-234, je možné tyto efekty znázornit následovně:

Schéma 12. Mezomerní efekt – posun elektronů π násobné vazby. [Zdroj: S-12]

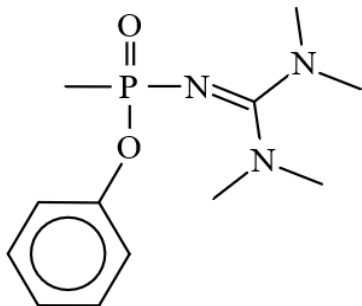


Důsledkem vzniku polarizované vazby je její snazší heterolytické štěpení a tím vyšší reaktivita dané sloučeniny k elektrofilním nebo nukleofilním činidlům. Nukleofilní činidla při reakci své elektrony předávají nebo poskytují pro sdílení s chemickou látkou, činidla elektrofilní při reakci elektrony získávají nebo sdílejí elektrony chemické látky.

Přítomnost čtyř poměrně silně elektronegativních substituentů u látky A-234 mohou vést k předpokladu vzniku poměrně značné elektronové mezery na centrálním atomu fosforu. Avšak vzhledem k prakticky shodné elektronegativitě substituentů (přitahované elektrony vytváří téměř symetrické uspořádání parciálních nábojů), které znesnadňují další polarizaci molekuly, proto budou nukleofilní substituce na atomu fosforu probíhat pomalu. Vlivem konjugace mezi volným elektronovým párem na amidickém dusíku a násobnou vazbou na fosforylovém kyslíku, může být dílčí kladný náboj na centrálním fosforovém atomu také snižován kladným konjugačním efektem tohoto volného elektronového páru. Navíc je možné jak uvádí Knunjanc při vhodném sterickém uspořádání molekul předpokládat zaplňování elektronové mezery (snižování dílčího kladného náboje) na centrálním atomu fosforu působením volného elektronového páru dusíku.

Dispozice k reakcím s elektrofilními činidly mají v blízkosti centrálního atomu fosforu ty atomy, které mohou být donory elektronů. Jsou to amidický dusík, fosforylový kyslík a fluor. Fluor jako nejvíce elektronegativní prvek poutá volné elektronové páry nejsilněji a elektrofilní atak tak nepřipadá v úvahu. Při elektrofilním ataku fosforylového kyslíku se vnesený kladný náboj lokalizuje na atomu kyslíku nebo fosforu a tím zvýší dispozice pro následnou nukleofilní substituci, jejímž důsledkem se rozštěpí vazba P-F (vazba mezi fosforem a fluorem). Adicí elektrofilního činidla na amidický dusík bude vznik amoniové sloučeniny. Zanikne kladný konjugační efekt volného elektronového páru a vytvoří se silný záporný induktivní efekt amoniového dusíku. Tím se prohloubí elektronová mezera na atomu fosforu a vzniká dispozice při následnou nukleofilní substituci. Rozhodující vliv na reaktivitu látek A-230 a A-234 bude tedy mít vazba P-F vzhledem k silné elektronegativitě fluoru.

V důsledku induktivního efektu i mezomerního efektu dochází k význačnému zředění elektronů na fosforu, což umožňuje reakce s nukleofily. Fluor zcela přitáhne elektrony vazby P-F a odštěpí se jako anion. Rychlost tohoto odštěpení se může u obou látek lišit, ale bez provedení potřebných kinetických měření nelze odhadnout, v jaké míře. Je ale možné předpokládat, že mírné rozdíly ve struktuře obou těchto látek nebudou mít za následek významný rozdíl v jejich chemických vlastnostech.



Obrázek 101. Příklad derivátů
novičoku z výzkumu iránských vědců
v roce 2016. [Zdroj: O-101]

Jako poslední zveřejněný příspěvek k této problematice lze uvést práci iránských vědců na syntéze látek skupiny novičoků. Syntetizovali pět látek a proměřili jejich spektrální data – 4 deuterizované analogy O-alkyl N-[bis(dimethylamino)methyliden]-P-methylfosfono-amidátu. Jako O-alkyly byly použity methoxy, ethoxy, isopropoxy, fenoxi a 2,6-dimethylfenoxi skupiny. Naměřená spektrální data byla předána Technickému sekretariátu jako příspěvek do Centrální analytické databáze OPCW.

Podle neautorizovaných zdrojů mají bojové chemické látky na bázi novičoků dosahovat nejméně toxicity VX (A 230) a další z nich (A 232, A 234) mají mít toxicitu až 5 až 8 krát vyšší. Pokud budou tyto informace potvrzeny, pak dosavadní parametr (limit detekce) technických prostředků chemického průzkumu již nevyhovuje. To se týká i moderních armád. Výjimkou jsou pouze prostředky založené na biochemické cholinesterasové reakci, protože její citlivost koreluje s inhibičním účinkem a tím i toxicitou nervově-paralytických látek. V důsledku dlouhodobé orientace na výzkum biochemické cholinesterasové reakce má ČR dostatek prostředků chemického průzkumu a kontroly založených na této reakci stejně jako toxikologických poznatků potřebných pro účinnou profylaxi.

6.5.4.2 Novičoky a kontrolní opatření Úmluvy o zákazu chemických zbraní

Úmluva o zákazu chemických zbraní (dále Úmluva) vymezuje pro kontrolní účely jmenovitě tři seznamy chemických látek (tzv. scheduled chemicals) a současně stanovuje pravidla pro kontrolu ostatních organických chemických látek nezapsaných v seznamech (unscheduled chemicals, discrete organic chemicals). Pro zařazování chemických látek do seznamů stanovuje následující zásady:

Seznam 1:

a) látka byla vyvíjena, vyráběna, hromaděna nebo použita jako chemická zbraň podle definice v článku II,

b) látka jiným způsobem ohrožuje účel a cíl této Úmluvy vzhledem k vysokému potenciálu svého použití pro činnosti zakázané touto Úmluvou, protože splňuje jednu nebo více těchto podmínek:

- má chemickou strukturu velmi podobnou některé z jiných toxických chemických látek ze seznamu 1 a má, nebo je možné očekávat, že má, srovnatelné vlastnosti,
- má takovou letální nebo zneschopňující toxicitu a jiné vlastnosti, které by umožnily její použití jako chemické zbraně,

- může být použita jako prekurzor v konečné jednostupňové technologické fázi výroby toxické chemické látky uvedené na seznamu 1, bez ohledu na to, zda tato fáze probíhá v objektech, v munici či jinde,

c) látka má malé nebo žádné použití pro účely nezakázané touto Úmluvou.

Seznam 2:

a) látka významně ohrožuje účel a cíl této Úmluvy, protože má takovou smrtící nebo zneschopňující toxicitu a jiné vlastnosti, které by mohly umožnit její použití jako chemické zbraně,

b) látka může být použita jako prekurzor v jedné z chemických reakcí v konečné fázi tvorby chemické látky uvedené v seznamu 1 nebo v seznamu 2 části A,

c) látka významně ohrožuje účel a cíl této Úmluvy vzhledem ke své důležitosti při výrobě některé chemické látky uvedené v seznamu 1 nebo v seznamu 2 části A,

d) látka se nevyrábí průmyslově ve velkých množstvích pro účely nezakázané touto Úmluvou.

Seznam 3:

a) látka byla vyráběna, hromaděna nebo použita jako chemická zbraň,

b) látka jiným způsobem ohrožuje účel a cíl této Úmluvy, protože má takovou smrtící nebo zneschopňující toxicitu a jiné vlastnosti, které by případně mohly umožnit její použití jako chemické zbraně,

c) látka ohrožuje účel a cíl této Úmluvy vzhledem ke své důležitosti při výrobě jedné nebo více chemických látek uvedených v seznamu 1 nebo v seznamu 2 části B,

d) látka se může vyrábět průmyslově ve velkých množstvích pro účely nezakázané touto Úmluvou.

Úmluva stanoví jasný kontrolní režim i pro výrobu chemických látek nezapsaných v seznamech. Týká se to určitých organických chemických látek, tj. jakýchkoli chemických látek příslušejících ke třídě chemických látek tvořených všemi sloučeninami uhlíku mimo jeho oxidy, sulfidy a uhličitany kovů identifikovatelných chemickým názvem, strukturálním vzorcem, pokud je znám, a registračním číslem Chemical Abstracts Service, pokud je přiděleno. Zvláště jsou zdůrazněny tzv. PSF látky, což jsou určité organické chemické látky nezapsané v seznamech obsahující prvky fosfor (P), síru (S) nebo fluor (F). Kontrole nepodléhají výrobní areály, které vyráběly výlučně výbušniny nebo uhlovodíky. Co z toho vyplývá pro sledované látky A-230 a A-234? Ani jedna z těchto látek (poznamenejme, že ani látka GP) nebyla jmenovitě začleněna do seznamu 1 chemických látek Úmluvy (vysoce nebezpečné látky podle Zákona č. 19/1997 Sb., a proto nepodléhají nejprísnějším deklaračním a kontrolním opatřením.

Z hlediska své struktury patří látka A-230 do seznamu 2 části B., prekurzory, bod 4) chemických látek podle Úmluvy. To jsou chemické látky s výjimkou látek uvedených v seznamu 1 obsahující atom fosforu, na který je vázána jedna methylová, ethylová, n-propylová nebo i-propylová skupina, ale žádné další atomy uhlíku. Počáteční a roční deklarace se vyžadují pro všechny výrobní areály, které obsahují jeden či více provozů, ve kterých se během kteréhokoli z předchozích tří kalendářních roků vyrobilo, zpracovalo nebo spotřebovalo, nebo se předpokládá, že se v příštím kalendářním roce vyrobí, zpracuje nebo spotřebuje více než 1 tuna této chemické látky. Současně jsou v rámci deklarace souhrnných národních údajů předkládány národní údaje i o dovezených a vyvezených množstvích těchto látek. Kontrola se provádí prostřednictvím inspekce na místě v deklarovaných výrobních areálech, které obsahují jeden či více provozů, ve kterých se během kteréhokoli z předchozích tří kalendářních roků vyrobilo, zpracovalo nebo spotřebovalo, nebo se předpokládá, že se v příštím kalendářním roce vyrobí, zpracuje nebo spotřebuje více než 10 tun této chemické látky. Národní ohlašovací limit podle zákona č. 19/1997 Sb. byl stanoven na 100 kg ročně.

Látka A-234 by spadala pod režim Úmluvy pro ostatní objekty na výrobu chemických látek („provozy PSF“ a „látky PSF“). Deklarace zahrnuje jeden nebo více provozů, které vyrobily syntézou během předchozího kalendářního roku více než 30 tun určité organické chemické látky nezapsané v seznamech obsahující prvky fosfor, síru nebo fluor. Kontrola se provádí prostřednictvím inspekce na místě ve výrobních areálech zahrnujících jeden nebo více provozů PSF, které během předchozího kalendářního roku vyrobily více než 200 tun látek PSF.

Není tedy pravdou často opakované tvrzení médií, že tyto látky nejsou Úmluvou kontrolovány. Zůstává otázka, proč nejsou zařazeny do seznamu 1 Úmluvy, kde by byly podrobeny nejnáročnějšímu kontrolnímu režimu. Seznamy kontrolovaných chemických látek byly náročně posuzovány v 80. letech minulého století, když se projednával návrh textu Úmluvy. A ten musel být schválen konsensem, což při rozdílnosti názorů všech zúčastněných států nebylo jednoduché. Také je třeba vzít v úvahu, že v té době nebyly veřejně dostupné informace ani o americké látce GP, natož o nově vyvíjených látkách série A v Sovětském svazu. Ačkoliv je v Úmluvě pečlivě rozpracován mechanismus změn jejího textu, do dnešního dne byly přijaty pouze dvě změny a to ještě v Kontrolní příloze. Tam není procedura změn natolik přísná, jako u změn samotného textu a také seznamu kontrolovaných chemických látek.



Obrázek 102. Jednání Rady bezpečnosti OSN o případu Sergeje Skripala. FOTO: Reuters. [Zdroj: O-102]

Pro posílení režimu Úmluvy doporučila Ruská federace generálnímu řediteli na 59. zasedání Výkonné rady OPCW 18. dubna 2018, aby připravil a předložil Výkonné radě návrh rozhodnutí poskytující možnost zahájení praktických prací k doplnění Přílohy o chemických látkách Úmluvy podle odst. 5 článku XV „Změny“ Úmluvy. V květnu 2018 zaslala Ruská federace Technickému sekretariátu 400 stránkový dokument obsahující její návrhy na zahrnutí téměř tisíce nových nervově paralytických látek do seznamu kontrolovaných chemických látek.

Ve svém vstupním projevu na 23. Konferenci smluvních států OPCW generální ředitel oficiálně vyhlásil, že 16. října 2018 obdržel návrh Kanady, Nizozemska a USA na technickou změnu seznamu 1 Úmluvy obsahující dvě skupiny chemických látek včetně chemické látky použité při incidentu ve Velké Británii. Technický sekretariát nyní v souladu s článkem XV „Změny“ Úmluvy tento návrh hodnotí.

6.5.4.3 Případy použití látek skupiny novičok z programu FOLIANT

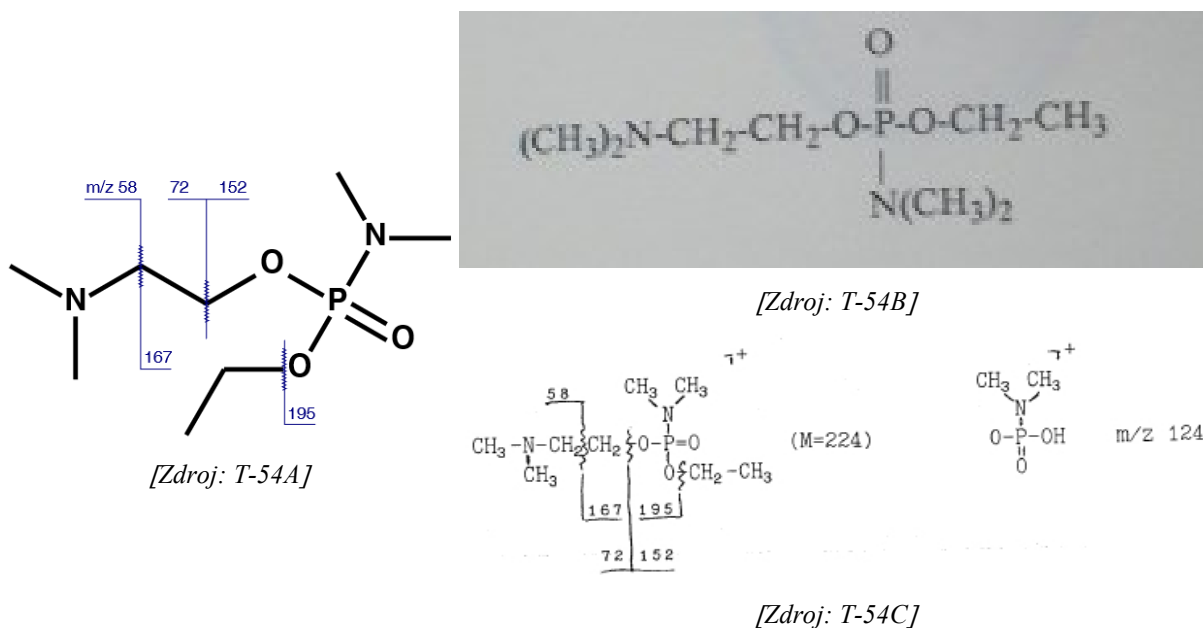
6.5.4.3.1 Otrava bankéře Kivelidiho

Uvádí se, že látka ze skupiny novičok byla použita k vraždě bankéře Kivelidiho v srpnu 1995 v Moskvě. Zemřeli Ivan Kivelidi, šéf Rosbyznysbank, a jeho sekretářka Zara Ismailová. Zasaženi byli i další lidé – uklízečka, policisté i návštěvy, které ten den Kivelidi přijal. Jed byl ukryt pod gumovou krytkou jednoho ze dvou trubkových šroubků, držících pohromadě kryt sluchátka telefonního přístroje. Krytka měla průměr jen něco málo přes pět milimetrů, muselo tedy stačit jen velmi malé množství toxické látky. Složení této látky zkoumaly nezávisle na sobě tři různé instituce: Kriminální ústav ruského ministerstva vnitra, Ústav ekologie a evoluce a Ruská akademie věd. Všechny tři dospěly k témuž chemickému složení. Akademie věd uvedla, že jde o látku, která patří do třídy vysoce toxických organických sloučenin fosforu, používaných při výrobě chemických zbraní. Kriminální ústav učinil obdobný závěr s tím, že látka obsahuje ještě fluor.

Bankéř pak zemřel na selhání jater stejně jako jeho sekretářka a později i soudní expert, který na případu pracoval. Za vraždu pak byl na devět let odsouzen zaměstnanec banky Rosbyznysbank, který prý kolegu bankéře zlikvidoval ze závidosti. Proces se ale odehrával neveřejně, jako svědek měl vystupovat i bývalý vědecký pracovník saratovského ústavu GNIOChT v Šichanech Leonid Rink. Rink přiznal, že 9 ampulí novičoku vynesl z ústavu v propisovačkách. „Použili jsme jen jeden gram látky. Rozdělili jsme ji po čtvrt gramu do ampulí, které jsem odnesl k sobě domů a ukryl v garáži.“ Jed prodal několika lidem napojených na kriminální struktury a čečenskou guerillu. Rink si už nepamatuje, kolik peněz utržil za jed, kterým bylo možné zabít stovky lidí. Prý buď 1500 anebo 1800 dolarů. Podle listu u soudu prohlásil, že lidé potřebovali látku pro vyřizování účtů v kriminálních kruzích. Řekl přitom, že on sám se stal terčem vydírání a pronásledování ze strany zločinců. Ti prý nejprve tvrdili, že potřebují jed pro otravu psa, ale později požadovali jed pro člověka. „Nejprve jsem jim dával něco jednoduchého, myslel jsem si, že se jich zbavím, ale potom i něco závažnějšího. Jednu ampuli jsem si nechal jako vzorek.“ Rink údajně také přiznal, že přiměl bývalou kolegyni z ústavu, aby jed vyrobila na základě jeho pokynů, a pak prý výsledek prodal za 1500 dolarů. V 90. letech byl vyšetřován kvůli zneužití pravomoci, ale pro nedostatek důkazů však justice celé řízení v roce 1999 zastavila. Zjištění novinářů Novaja gazeta označila dcera vědce Olga Rinková 24. března za mystifikaci. „Obrátíme se na soud,“ sdělila rozhodnutí otce.

Tabulka 54. Vzorec novičoku pro forenzní analýzu v případě Kivelidiho.

[Zdroj: T-54 A, B, C]



Poznámka – zdroje:

[T-54A] https://en.wikipedia.org/wiki/File:Novichok_agent_formula_from_Kivelidi_case.svg

[T-54B] <https://www.facebook.com/photo.php?fbid=10216168878285530&set=pcb.10216168879565562&type=3&theater>

[T-54C] https://static.novayagazeta.ru/storage/content/pictures/14022/content_001_doc7.jpg

6.5.4.3.2 Otrava muslimských vůdců

Veřejně známé jsou dva případy odstranění dvou lídrů severokavkazských teroristů. Otravě ruskými tajnými službami podlehl obávaný Černý Arab, polní velitel Chattáb, i vůdce tak zvaného Kavkazského emirátu, Doku Umarov. Najít obávaného teroristu Chattába nebylo pro tajné služby jednoduché. Chattáb byl doprovázen pouze oddanými bojovníky.

Ke komunikaci s dalšími polními veliteli a blízkovýchodními patrony nikdy nepoužíval moderní komunikační prostředky, ale síť kurýrů. Varováním mu sloužila smrt čečenského prezidenta Džochara Dudajeva, kterého zasáhla raketa navedená na signál jeho satelitního telefonu. Ruské tajné službě FSB se podařilo naverbovat Ibragima Magomedova, posla vozíčího Černému Arabovi ze Saúdské Arábie finanční hotovost a dopisy. Jak uvádí ruský web Rosbalt, v březnu 2002 příslušníci FSB do dopisu určeném Chattábovi vložili nervově paralytickou látku. Jed měl začít účinkovat až po nějaké době, aby smrt polního velitele vypadala jako otrava jídlem. Operace byla úspěšná. Chattáb dopis otevřel a po přečtení list s obálkou spálil. Jeho zdravotní stav se zhoršil po pár dnech. Začala mu téct pění z úst a obávaný terorista náhle zemřel. Jeho tělesní strážci si původně mysleli, že se jejich velitel otrávil houbami. Když začali umírat další lidé, kteří v rukou drželi dopis, bylo jasné, že za smrtí Chattába stojí Moskva. Podezření teroristů padlo na poslíčka, který dopis přinesl. Pod záminkou cesty do Saúdské Arábie byl nic netušící Magomedov vylákán do Ázerbájdžánu. Jeho mrtvé tělo bylo nalezeno na okraji Baku.

Doku Umarov organizoval několik krvavých atentátů. Kromě výbuchů v moskevském metru se přihlásil k atentátům na rychlík směřující z Moskvy do Petrohradu v listopadu 2009 nebo bombovému útoku na moskevském letišti Domodědovo v lednu 2011. Jednu dobu byl v desíctce nejhledanějších osob FBI. Pronásledování Umarova trvalo ruským tajným službám deset let. Dostat se do blízkosti nejobávanějšího teroristy země se jim podařilo v létě 2013. Verze, jakým způsobem byl Umarov zlikvidován, se rozcházejí. Podle jedné se otrávit severokavkazského emíra podařilo během jmenování nového velitele oddílu ingušských ozbrojenců. Podle druhé požil Umarov prudký jed během inspekce tajné základny teroristů v horách. Smrt svého vůdce islamisté přiznali v březnu 2014. Tři roky nato byl v lesích Inguška objeven hrob Doku Umarova. Ruská agentura Interfax s odkazem na svůj zdroj k tomu lakonicky dodala, že nalezené tělo vůdce severokavkazských teroristů bylo stále silně toxické.

6.5.4.4 Otrava Sergeje Skripala a jeho dcery Julije Skripalové – případová studie



Obrázek 103. Julia (33) se svým otcem Sergejem Skripalem. FOTO: Dailymail. [Zdroj: O-103]

O kauze dvojitého agenta Skripala jsou od počátku z Británie šířeny informace, které si navzájem odporují, popírají se a jedna druhou vyvracejí. Z oficiálních zdrojů jsme se dozvěděli, že ruský agent se svojí dcerou byli otráveni na různých místech, často od sebe vzdálených. Odborníci nám sdělovali diametrálně odlišné údaje o množství použité toxické látky. Byli jsme informováni, že zdravotní stav obětí je beznadějný, poté jsme se dozvěděli, že následky budou trvalé, abychom byli nakonec ubezpečeni, že už jsou obě oběti v pořádku. Nesmějí ovšem s nikým mluvit. Stejně výrazně se lišily údaje o celkových počtech ohrožených lidí, o množství zasažených a o těch, kteří museli být ošetřeni, aby se jim nic nestalo. Nejprve jsme byli ujištěni, že s novičokem (či přesněji s různými jeho druhy) se pracuje jedině v Rusku. Postupně se počet zemí rozšiřoval, takže není snadné určit, které země tuto stoprocentně smrtelnou nervově paralytickou látku, na jejíž následky se naštěstí neumírá, vůbec nezná.

Látka, která podle zprávy Technického sekretariátu OPCW z 12. dubna 2018 byla identifikována na místě incidentu v Salisbury, jakož i její struktura a hmotnostní spektrum, byla registrována v American National Institute of Standards and Technology (NIST) verze 1998 (NIST 98) spektrální databázi.

Databáze obsahovala konexi indikující, že spektrum této sloučeniny bylo poskytnuto Edgewood Chemical Biological Center of the American Army Research, Development and Engineering Center. Tento fakt jasně indikuje, že tato látka byla syntetizována a byla podrobena spektrálnímu a možná i jinému výzkumu.

6.5.4.4.1 Sled událostí od 4. března 2018 do 14. února 2019

4. března 2018 – Sergej Skripal a jeho dcera Julija byli nalezeni v bezvědomí na lavičce v centru města Salisbury a v kritickém stavu s podezřením na otravu vysoce toxickou látkou byli hospitalizováni. Výpovědi svědků přítomných na místě o příznacích otravy se značně lišily. Jedna ze svědkyň vypověděla, že oba vypadali, jako by si vzali něco opravdu silného. Na lavičce seděl pár, starší muž a mladší žena. Ona byla o něj opřená, vypadalo, že možná upadla do bezvědomí. On podivně mával rukama a vzhlížel k nebi. Jiný svědek prohlásil, že její oči byly do široka otevřené, jen bělmo, měla pěnu u pusy. Muž byl nehybný. Příznaky intoxikace popisuje i policie, která se dostavila na místo činu. Žena ležela na zemi na boku, lékař, který procházel náhodou kolem, jí poskytoval pomoc a uvolňoval jí dýchací cesty. Muž seděl na lavičce nehybně, v katatonickém stuporu (ztuhlost s neschopností se hýbat a hovořit), a díval se někam do prázdna. Dýchal, ale na nic nereagoval. Skripal zůstal v této póze i tehdy, kdy se ho lékaři snažili položit na nosítka. Ustrnul vsedě a nemohl se pohnout ani změnit polohu. Julija se na okamžik během převozu do nemocnice probudila, rychle ale upadla do bezvědomí. Místa, kde oba postižení pobývali, včetně bydliště Skripala, ve stejný den policie uzavřela a nechala provést preventivní dekontaminaci pracovníky ve speciálních protichemických kombinézách. Restaurace a část nákupního střediska, kterým prošli, byla uzavřena a stejně tak blízký hostinec.

5. března 2018 – ve Vědecké a technologické laboratoři pro obranu v Porton Downu probíhaly laboratorní testy chemické látky použité k otravě Skripalových. Zpráva z médií uvádí, že by látkou mohl být syntetický opioid fentanyl, který je až stokrát účinnější než morfin.

6. března 2018 – hospitalizován byl policista seržant Nick Bailey, který byl v neděli 4. března poslán se 2 kolegy do Skripalova domu. I když všichni měli na sobě ochranné oděvy, seržant se po návratu domů přestal cítit dobře. Zorničky měl jako špendlíkové hlavičky, byl zpocený a horký. Připisoval to stresu, ale když se necítil dobře ani v úterý (6. března) dopraven se do nemocnice. Lékaři mu nasadili léky, i když nevěděli, s jakou látkou přišel do styku. Když zjistili, že se jedná o novičok, nasadili léčbu. Celou dobu byl při vědomí, dostal mnoho injekcí. Naráz měl v paži pět nebo šest infuzí, fyzicky byl ochromený. Seržant dosud neví, jak se jed nastříkaný na kliku dostal přes ochranné rukavice. Možná si v domě upravoval masku a ochranné brýle. Přišel o dům, auto, o veškeré vybavení domácnosti včetně dětských hraček. Na jeho rukou totiž ulpělo malé množství jedu, kterým svůj majetek kontaminoval.

7. března 2018 – britská policie oznámila, že na otravu Skripalových byla použita nervově paralytická látka. Údaje byly získány lékařskými a chemickými analýzami a příznaků otravy.

8. března 2018 – britská ministryně vnitra Amber Ruddová prohlásila, že byla použita nervově paralytická látka. Nejedná se ale o sarin či VX, byla použita krajně vzácná látka. Policista Bailey je při vědomí a schopný komunikovat. Už není na jednotce intenzivní péče, jeho stav ale zůstává vážný.

9. března 2018 – policista Bailey již sedí a komunikuje, je hrozně bledý.



Obrázek 104. Auta z okolí místa činu byla možná zasažena nervovým plynem. FOTO: Reuters. [Zdroj: O-104]

10. března 2018 – vyšetřování odhalilo stopy nervově paralytické látky v restauraci Zizzi a v hostinci The Mill. Policie v protichemických oděvech rovněž sbírala důkazní materiál ve Skripalově domě a na hrobech jeho ženy a syna. Toxikologové zmapovali terén, kde všude se asi mohla toxická látka vyskytnout. Upozornili také na to, že trvá několik hodin, než se její účinky projeví.

12. března 2018 – podle britské premiérky Theresy Mayové otravu způsobila látka *novičok* vyvinutá v bývalém Sovětském svazu. Experti z laboratoře v Porton Downu údajně se 100% jistotou vědí, že látka pochází z Ruska, a že byla použita látka A-230. Její přesný název ale Scotland Yard dál tají.



Obrázek 105. Experti v protichemických oblecích u stanu na místě otravy agenta Skripala. [Zdroj: O-105]



Obrázek 106. Pokračuje vyšetřování otravy ruského exšpiona Sergeje Skripala v britském Salisbury. FOTO: Reuters. [Zdroj: O-106]

13. března 2018 – uvádí se možnosti, jak se látka mohla dostat do těla zasažených – z kliky dveří Skripalova automobilu, z klimatizace automobilu nebo byla přímo rozprášena v jeho interiéru. Podle odborníků jsou *novičoky* velmi stálé a ve formě prášku přetrvávají hodiny. Vil Mirzajanov popsal *novičok* jako aerosol desetkrát účinnější než jakákoli jiná nervově paralytická látka. Vyléčit se z následků je prakticky nemožné. Dokonce, i kdyby zasažení přežili, nikdy se neuzdraví. Do Salisbury přivezli pachatelé dvě samostatné neškodné komponenty, které se před útokem smíchají. Deset gramů je příliš, v létě stačí jen dva gramy, aby usmrtily 500 lidí. Podle odborníků je A-230 mnohem nebezpečnější a propracovanější látka než VX a obtížněji se zjišťuje. Existuje několik podobných sloučenin jako je A-230, některé jsou kapalné, jiné pevné a mohou být použity ve formě prášku. Blízká sloučenina A-232 (*Novičok-5*) je stabilní a účinná při teplotách od -30 do $+50$ °C.

15. března 2018 – *Novičok* mohl být ukrytý v zavazadle Julije, schován v nějakém kusu oblečení, zamíchaný do kosmetiky, nebo obsažen v dárku, který Skripal otevřel ve svém domě.

18. března 2018 – dle britských vyšetřovatelů byla použita látka v práškové formě a rozšířena z klimatizace Skripalova automobilu. Jedná se o neurotoxin ruského vojenského původu.

20. března 2018 – podle Leonida Rinka se při otravě vůbec nejednalo o *novičok* nebo byla látka špatně namíchaná či nedbale aplikována. Jinak by Skripalovi nepřežili. Angličané použili protijed, protože přesně věděli, o jakou látku se jedná.

22. března 2018 – laboratoře v Porton Downu večer potvrdily, že v krvi Skripalových byl skutečně nalezen *novičok* nebo jemu podobná látka. Lékaři tvrdí, že se Skripalovi možná nikdy neprobudí z katatonického stavu. Podle amerických odborníků k otravě došlo v autě Skripala klimatizací, Britové předpokládají, že látku dovezla nevědomky Julija. *Novičok* nelze identifikovat pomocí expresních moderních metod, pro zjištění přítomnosti toxické látky se musí odebrat stěry z předmětů a tyto analyzovat v laboratoři. Policista Bailey byl propuštěn z nemocnice, byl prověřen také jeho dům a dekontaminováno jeho auto.

24. března 2018 – podle oficiálních prohlášení britské strany byla při otravě Skripalových a seržanta Baileyho použita látka A-234. (*datum oficiálního prohlášení nemusí být přesné*)

26. března 2018 – Británie disponuje informacemi, že Rusko v posledních deseti letech zkoumalo způsoby, jak přepravovat nervové látky, pravděpodobně za účelem vraždění. Podle premiérky Mayové mohlo být v Salisbury potenciálně vystaveno této nervové látce více jak 130 osob.

27. března 2018 – Skripalovi se již více než 20 dní nacházejí v umělém kómatu. V oficiálním prohlášení nemocnice stojí, že oba ještě žijí, ale jejich stav je stabilně těžký až kritický. Pokud přežijí, existuje vysoké riziko trvalé invalidity. Podle ruských chemiků a lékařů, kteří se podíleli na vývoji novičoku, při zasažení způsobuje těžké křeče, které mohou zapříčinit až zlomení kostí, následuje rychlá smrt.

28. března 2018 – britská policie se domnívá, že Skripalovi byli poprvé vystaveni nervově paralytické látce u vchodových dveří domu Sergeje Skripala.

29. března 2018 – zdravotní stav Julije se zlepšil, v přímém ohrožení života již není. Je při vědomí a může mluvit, už sama jí a pije. Stav Sergeje Skripala je stále kritický, ale stabilní.

1. dubna 2018 – britské tajné služby odhalily, že se ruští špióni v posledních deseti letech cvičili k různým formám likvidace lidí. Vyvíjeli všemožné metody nové aplikace jedů včetně jejich umístění na kliku dveří.

2. dubna 2018 – Skripalovi mohli být otráveni pohankou obsahující látku A-234, kterou přivezla kamarádka Julije. Zároveň se ale experti domnívají, že otravnou látku nelze v letadle nenápadně pronést. Verze o převozu jedu v kufru jsou nepravděpodobné, neboť jed má ostrou vůni a působí okamžitě.

3. dubna 2018 – ředitel laboratoře v Porton Downu Gary Aitkenhead oznámil, že byli schopni látku identifikovat jako novičok, armádní nervově paralytickou látku. Neurčili ale přesný zdroj. Látka má vojenskou kvalitu, vyžaduje extrémně složité metody výroby, přičemž některé má k dispozici jedině stát.

4. dubna 2018 – podle německého chemika a toxikologa Ralfa Trappa látka pocházela z laboratoře, která je součástí státního programu. Obsahovala minimum nečistot a byla vyčištěna do ryzího stavu. Faktický návrat Skripalových z nemocnice nemusí nic znamenat. Látka na ně nemusela tolik působit hlavně proto, že ji nejspíš absorbovali přes kůži na klíce u dveří, ale nevdechli ji. U obou se může projevit opožděný efekt otravy s trvalými následky.

5. dubna 2018 – Julija se prostřednictvím policie v písemném prohlášení vyjádřila o svém zdravotním stavu a uvedla, že se jí každým dnem vrací síly. Vyšetřovatelé se shodli na tom, že se pravděpodobně intoxikovala doma, protože zde byla zjištěna nejvyšší kontaminace novičoku. Stopy látky se našly na vchodových dveřích i na klíce u dveří Skripalova auta.

6. dubna 2018 – podle prohlášení představitelů nemocnice v Salisbury Sergej Skripal reaguje dobře na léčbu, rapidně se zlepšuje a už není v kritickém stavu. Je při vědomí a komunikuje s personálem nemocnice.

7. dubna 2018 – profesor toxikologie z univerzity v Leedsu Alastair Hay se vyjádřil, že Skripalovi přežili, protože se jim dostalo mimořádné zdravotní péče. Kdyby na místo zdravotníci nedorazili tak brzy a nezajistili dýchání, nemohli by přežít. Podle něj neexistuje při otravě novičokem žádná protilátka. Proto lékaři, kteří léčili Skripalovy, jednali instinktivně. Skripalovi byli uvedeni do kómatu a lékaři použili sedativa, aby zmírnili vliv novičoku na mozek a tělo dostalo čas jed vyloučit. Jakmile bylo jasné, že v těle nebyl žádný jed, začali se probouzet z kómatu. Následně tělo začalo vyrábět enzymy, které byly předtím zablokovány novičokem. Jakmile lékaři došli k závěru, že se látka z těla vyloučila, mohli začít zmírňovat vliv sedativ.

11. dubna 2018 – Julija opustila nemocnici a byla odvezena na neznámé místo. Podle médií měla látka použít k útoku formu gelu s pozvolným uvolňováním. Gelem měla být natřena klika u vchodových dveří domu Skripala, a tak jed Sergej roznese do dalších míst.

12. dubna 2018 – vyšetřovatelé OPCW potvrdili závěry Spojeného království, které se týkají identity jedu použitého v Salisbury. Inspekční tým konstatoval, že toxická látka dosahovala vysoké čistoty, odebrané vzorky neobsahovaly téměř žádné další příměsi. Přesný název látky a její složení je předmětem utajení. Tým OPCW měl možnost odebrat vzorky na místech, kde se Skripalovi pohybovali, a měl k dispozici lékařské zprávy a krevní vzorky Skripalových i policisty Baileyho. Hlavní lékařka nemocnice v Salisbury ve svém prohlášení uvedla, že oba pacienti reagovali na léčbu mimořádně dobře. Nezveřejnila podrobnosti o jejich léčbě, uvedla pouze, že lékaři použili speciální metody k detoxikaci organismu obou postižených.

14. dubna 2018 – Vil Mirzajanov ve svém komentáři ke zprávě OPCW vysvětlil, proč Skripalovi nezahynuli a lidé v jejich okolí také nebyli nijak zvlášť postiženi. Někdo natřel kliku dveří směsí A-234 ve formě gelu. V ten den byla ve městě mlha, a proto okamžitě začala reakce látky s vodou. Její koncentrace tak několikanásobně klesla. Skripalovi tak obdrželi dávku, která nebyla smrtelná. Při reakci s vodou se novičok za několik hodin úplně rozloží. Díky vlhku přežil i policista, který vstoupil do Skripalova domu kontaminovaného jedem. V uzavřeném stavu je novičok velice stálý. Jeho slabinou je vlhko, pak se rozkládá. Rozkladu brání gel nebo olej.

15. dubna 2018 – Leonid Rink zpochybnil údaje OPCW, že byla použita vysoce čistá A-234. Pokud by byla použita tato látka, nedokázali by Skripalovi odejít ode dveří ani 50 metrů a okamžitě by zemřeli na místě. A-234 je složitý nervově paralytický prostředek skládající se ze směsi velkého počtu různých složek a přísad, které se různě rozkládají. Je velice nestabilní, působí na ni voda, luh atd. Odborníci by měli najít produkty hydrolyzy a ne čistou látku. Podle Rinka mohli být Skripalovi otráveni fentanylem a podvod naznačuje i jeden další symptom. A-234 zasahuje oči oběti, ale britská strana o podobném symptomu nemluvila v žádném prohlášení. Skripalovi se zdravotně rychle zlepšují, ale nikdo je nevidí.

16. dubna 2018 – Sergej Skripal už není v kritickém stavu. Nemocnice nehovoří o podrobnostech jeho zdraví, ani o způsobu léčby.

17. dubna 2018 – britské ministerstvo pro životní prostředí, potravinu a záležitosti venkova (DEFRA) uvedlo, že při útoku bylo použito velmi malé množství jedu novičok v kapalné formě. V dalších dnech bude provedena dekontaminace louhem celkem na 9 místech – restaurace Zizzi, hostinec The Mill, ambulance převážející Skripalovy, policejní stanice, kde sloužil Bailey, garáž, kde parkovalo auto Skripala, dům Baileyho a dům Skripala. Procedura má zahrnovat odběr vzorků půdy a dlažby, testování na přítomnost látky, čištění a opakované testování.

18. dubna 2018 – podle ruské strany zjistila švýcarská laboratoř ve Spiezu při analýze vzorku ze Salisbury přítomnost psychoaktivní látky BZ.

23. dubna 2018 – britští vyšetřovatelé jsou přesvědčeni, že Skripalovi byli otráveni látkou novičok v tekuté formě nanesené na kliku dveří Skripalova domu.

24. dubna 2018 – Vladimír Uglev zpochybňuje použití látky A-234. Ta je tekutá jako voda a na klíce by se neudržela. Nevyloučil však formu gelu. Použitým jedem si není jist ještě z jednoho důvodu – pro otravu novičokem je typická neschopnost udržet moč a stolicí. Uglev se přiotrávil novičokem, když se mu dostalo na pokožku malé množství látky A-242. Na horní straně ruky měl lézi po dobu pěti nebo šesti let.



Obrázek 107. Vyšetřování otravy exšpiona Sergeje Skripala pokračuje, policisté nyní testují na přítomnost toxinu hroby jeho syna a manželky. FOTO: ČTK. [Zdroj: O-107]

Zachránilo ho, že to byl A-242, který hned krystalizuje, takže neměl jiné symptomy. Sám si hned po zasažení umyl ruce v roztoku kyseliny chlorovodíkové a pak si je opláchl peroxidem vodíku. Britská armáda začala s dekontaminací míst, kde se pohybovali Skripalovi. Odstranili lavičku, na níž byli nalezeni.

4. května 2018 – podle generálního ředitele Technického sekretariátu OPCW Ahmeta Üzümcü mohlo být v Salisbury použito 50 až 100 gramů novičoku, buď ve formě aerosolu, nebo v kapalném stavu. Látka A-234 je velmi stálá, neovlivňují ji povětrnostní podmínky. Mluvčí OPCW toto tvrzení večer opravil, množství jedu použitého proti Skripalovým není možné odhadnout, pravděpodobně by se jednalo o miligramy. Leonid Rink prohlásil, že 50 až 100 gramů je bojové množství a ani neví, kolik lidí by se takovou dávkou dalo usmrtit. Policisté našli nepatrné stopy po novičoku v hotelu City Stay v Londýně, kde byli počátkem března ubytováni údajní ruští pachatelé útoku na Skripalovy.

18. května 2018 – Sergej Skripal byl propuštěn z nemocnice.

23. května 2018 – Julija poprvé od březnového incidentu vystoupila na veřejnosti. Prohlásila, že uzdravování bylo pomalé, extrémně bolestivé a deprimující. Červená jizva na hrdle Julije odpovídá jizvě pacienta, který musel podstoupit tracheotomii, tedy zákrok, při němž je vytvořen otvor do průdušnice kvůli zajištění dýchání.

26. května 2018 – v dubnu Mirzajanov prohlásil, že Achillovou patou jedu je citlivost na vodu a v mlze mohl ztratit účinnost. To připouští Rink, vodní základ by otravnou látku okamžitě rozložil. S tím nesouhlasí Uglev, že typy tzv. novičoku jsou velmi rezistentní vůči hydrolýze. Jde o odolnou látku, která při bojovém nasazení svými toxickými účinky desetinasobně předčí látku VX. Uglev dříve tvrdil, že pokud byli smrtící látky Skripalovi vystaveni, nemohou přežít. Zemřou po odpojení od přístrojů zajišťujících životně důležité funkce. Později ale tvrdil, že je mohlo zachránit banální mytí rukou. A-234 je v podstatě stejná jako špína. To, co zbylo, je už nedokázalo zabít. Hlavní symptom, který poznal i na sobě, je zpcené místo na těle, které přišlo do styku s chemikálií. Další příznaky jsou samovolné pomočení a defekace.

29. května 2018 – lékaři se nejprve domnívali, že Skripalovi jsou předávkováni opiáty. Zlom nastal ve chvíli, když byl k ošetření přijat se stejnými symptomy policista Bailey. Měl údajně podobné příznaky jako oni. Když zdravotní personál – neznámo kdy – vyloučil, že Skripalovi jsou pod vlivem opiátů, podle výsledků speciálních testů lékaři zjistili, že oba mají příznaky typické pro otravu nervově paralytickou látkou.

Klíčovými pro uzdravení byly urychlený převoz na jednotku intenzivní péče, podávání silných sedativ, které omezilo možnost poškození mozku a rady a léčba navržená experty z laboratoře v Porton Downu. Ti provedli několik testů a přišli s návrhem nejlepší možné léčby. Silná sedativa mimo jiné umožnila Skripalovým tolerovat veškeré lékařské přístroje, ke kterým byli připojeni. Sedativa byla později omezena a oba pacienti podstoupili tracheotomii. Když byli stabilní a schopní mluvit, hlavním problémem zdravotníků bylo, jak povzbudit výrobu důležitého enzymu acetylcholinestery, který je potřebný pro obnovení normálních tělesných funkcí. Tělo si enzym po zásahu toxickou látkou vyrábí samo, proces ale může trvat i několik měsíců.

30. června 2018 – z domu v Amesbury byli do nemocnice v Salisbury s příznaky otravy převezeni nejdříve Dawn Sturgessová a o několik hodin později Charlie Rowley. Rowleyho přítel Sam Hobson vypověděl, že po převozu Sturgessové do nemocnice šel s Rowleym do lékárny vyzvednout léky na předpis a po návratu začali plánovat návštěvu nemocnice. Rowley se ale najednou začal chovat zvláště, začalo mu být velké horko, potil se, zrudly mu oči a z úst mu odkapávaly sliny. Tak mu zavolal záchranku.

4. července 2018 – policie potvrdila, že Rowley a Sturgessová byli při manipulaci s kontaminovaným předmětem otráveni novičokem.

6. července 2018 – podle informací nejmenovaného vládního vědce se britský pár zasažený novičokem nemohl otrávit v otevřeném prostoru. Látka by se na předmětu, který by byl vystaven dešti a slunečnímu záření, postupně rozpadala. Nenadálá průtrž mračen pravděpodobně zachránila před smrtí Skripalovy. Smrtelná dávka nervově paralytické látky byla nanesena na kliku domovních dveří. Několik minut předtím, než dveře otevřeli, se však ve městě spustil liják, který značnou část látky A-234 smyl a zeslabil tak její dopad.

8. července 2018 – Dawn Sturgessová zemřela. Podle matky Dawn dceru postihlo srdeční selhání a tělo nebylo po letech alkoholismu a užívání drog dostatečně silné na to, aby to uneslo. Tiskový mluvčí Scotland Yardu večer uvedl, že oba dva měli ruce doslova upatlané od novičoku, našli chemickou látku na jejich prstech, dlaních, mezi prsty, kontaminace byla vysoká. Stav Charlese Rowleyho zůstává kritický.

9. července 2018 – podle přítele Rowleyho se jako první otráвила Sturgessová. Měla konvulze, z úst jí tekla pěna. Charley se jí snažil pomoci, udělal jí srdečně plicní resuscitaci, ale nakonec se nakazil sám. Oběma tekla z úst pěna, zornice se zúžily tak, že je téměř nebylo vidět. Mluvili nesouvisle.

11. července 2018 – britská policie objevila zdroj novičoku, kterým se otrávil pár v Amesbury. Byl jím parfém Nina Ricci, který se našel v domě Charlie Rowleyho.

12. července 2018 – Charlie Rowley nabyl večer vědomí. Podle ředitele britského úřadu pro veřejné zdraví Paula Cosforda byl použit novičok v tekuté formě, který může být na vzduchu účinný i po třech, ale možná dokonce po dvanácti hodinách.

13. července 2018 – na základě testů v Porton Downu potvrdili, že v lahvičce je novičok.

16. července 2018 – bratr Charlie Rowleye Matthew po návštěvě v nemocnici řekl, že bratr je napůl probuzený, ale je kost a kůže, i když už jí pevnou stravu.

20. července 2018 – Charlie Rowley byl propuštěn z nemocnice.



Obrázek 108. V této lahvičce od parfému prý byl novičok, tvrdí MI5. [Zdroj: O-108]

21. července 2018 – Rowley mohl vypovídat. Dotyčnou lahvičku měl několik dní doma, než ji daroval partnerce. Pamatuje si, že si látku stříkla na zápěstí a pak si je přetřela. Asi po 15 minutách se jí udělalo špatně, bolela ji hlava a chtěla prášky proti bolesti hlavy. Říkala, že je jí divně a že si musí lehnout do vany. Tam ji úplně oblečenou a v zuboženém stavu našel. Sám se prý otrávil, když s lahvičkou manipuloval. Trochu látky se mu dostalo na ruce. Byla to olejovitá látka, čichal k ní a nebyla cítit jako parfém (páchla po čpavku). Pak si umyl ruce.

21. srpna 2018 – Charlie Rowley byl znovu přijat do nemocnice v Salisbury, protože krátkodobě přišel o zrak. Doktoři jeho nynější zdravotní potíže nespojují s účinky novičoku.

4. září 2018 – podle OPCW toxická sloučenina má stejné složení jako nervově paralytická látka. Jedná se o stejnou toxickou látku, která byla nalezena v biomedicínských vzorcích a vzorcích životního prostředí, které byly odebrány v případě otravy Skripalových a Baileye 4. března 2018 v Salisbury. Analyzovaná látka je velice čistá, její koncentrace je 97-98 %.

6. září 2018 – falešný sprej s parfémem Nina Ricci vznikl podle britských kriminalistů v supertajné laboratoři ruských zvláštních služeb a jeho vývoj mohl v přepočtu stát milióny korun. Flakon o obsahu pět a půl mililitru s tryskou a logem Nina Ricci Premier Jour se ničím neliší od běžných voňavek tohoto typu, je opatřen speciálním uzávěrem.

Jeho výroba prý mohla trvat až 3 měsíce, pak následovaly zkoušky. Na rozdíl od běžných lahviček je z tvrzeného skla, keramiky a plastu, takže se nemůže za žádných okolností rozbít. Typ parfému byl vybrán podle dlouhého aplikátoru, který zajistil, že při stříkání prudkého jedu nebyl agent ohrožen.

7. září 2018 – podle bezpečnostního činitele by množství látky novičok, která byla v lahvičce od parfému, mohlo zabít v krajním případě až 4000 lidí. Látka nebyla zředěná, ale v koncentrované podobě. DEFRA potvrdilo, že zahájilo dekontaminaci Skripalova domu.

10. ledna 2019 – na domě Sergeje Skripala začaly speciální jednotky britské armády za mimořádných bezpečnostních opatření vyměňovat střechu.

Případ Skripalových vyvolal řadu otázek – kdo, proč, jak, a na žádnou z nich odpověď neznáme. Případ vyvolal řadu pochybností, na které nikdo nereagoval. Pro někoho je tato kauza jasná: „*My, hlavy Francie, Německa, Spojených států, Kanady a Spojeného království opakujeme naše pobouření nad použitím chemické nervově paralytické látky známé jako novičok v Salisbury 4. března. Plně důvěřujeme britským závěrům, že dva podezřelí jsou důstojníci ruské Vojenské zpravodajské služby, rovněž známé jako GRU, a že tato operace téměř jistě byla schválena na nejvyšší vládní úrovni,*“ stojí v prohlášení těchto států ze dne 6. září 2018.

Toto obvinění odmítá Ruská federace. Moskva neměla žádný důvod, aby Skripalovy otráвила v předvečer prezidentských voleb a krátce před mistrovstvím světa ve fotbale. Ke střízlivému hodnocení situace se postavila Čína, vyzvala Británii, aby respektovala mezinárodní právo a základní normy mezinárodních vztahů, a aby se snažila vyhnout růstu konfrontace. Objevila se i řada zvěstí a konspiračních teorií, kdo a proč mohl tuto kauzu novičok vyvolat.

6.5.4.4.2 Příznaky po zasažení organismu

Příznaky po zasažení organismu nervově paralytickými látkami jsou prakticky shodné pro všechny brány vstupu do organismu a závisejí na obdržené dávce. Jak píše S. Franke, tak klinicky se rozsah otravy dělí podle jejich příznaků na tři stupně.

Lehké otravy

- *čas latence:* 10 až 15 minut, velmi lehké otravy maximálně až 120 minut,
- *koncentrace:* asi 1/10 smrtelné bojové koncentrace,
- *maximum účinku:* až 24 hodin,
- *příznaky:* zúžení zornic, sekrece z nosu, zesílená tvorba slin, bolesti hlavy, mírné dýchací potíže s pocitem tlaku v hrudi. Nechutenství, pocity úzkosti a strachu, pocení, nespavost, nesoustředěnost. Zúžení zornic může nastat už při daleko menších koncentracích a přetrvává více dní a dle okolností i týdnů. To vede u zasažených k neschopnosti jednat. Zornice má často velikost špendlíkové hlavičky, čímž se silně snižuje množství světla vstupujícího do oka a zraková schopnost klesá s ubývajícím světlem. Postižený si stěžuje na ubývající zrakovou ostrost, schopnost akomodace je silně snížena. Světloplachost, bolesti za očima a bolesti hlavy jsou typické průvodní příznaky.

Střední otravy

- *čas latence:* 5 minut, maximálně až 2 hodiny,
- *koncentrace:* asi 1/5 smrtelné bojové koncentrace,
- *maximum účinku:* 1-2 týdny, obnova aktivity acetylcholinesterasy po 4-6 týdnech,
- *příznaky:* jako při lehkých otravách, jen intenzivnější. Krátkodobé křeče, mioza (zúžení zornic), zvracení, velmi silné slinění, astmatické záchvaty, periodické křeče v hrtnu. Zrychlené, nepravidelné dýchání, zesílený kašel, vyměšování vazkých pěnivých hlenů, svalové křeče (obzvláště u dolních končetin) aj. Středně těžká otrava je při pozdějším ošetření smrtelná. K době až do úplné reaktivace acetylcholinesterasy 3-6 měsíců je postižený výrazně přecitlivělý proti stejným nebo podobným jedům.

Těžké otravy

- *čas latence:* žádný nebo jen velmi krátký čas,
- *koncentrace:* asi 1/3 až 1/2 smrtelné bojové koncentrace,
- *maximum účinku:* po 6 až 12 hodinách,
- *příznaky:* jako při lehkých a středních otravách ovšem v rychlejším sledu. Zornice bez reakcí, bolestivý tlak v očích, silné bolesti hlavy, reflexivní dávení a zvracení. Těžké dýchací potíže, silné křečovitě záchvaty až generalizované tonicko-klonické křeče přecházející v opistotonus. Porucha vědomí s přibývajícím vyčerpaností organismu, přechod křečí po pozvolné ochrnutí, smrt.

Porovnejme tyto příznaky s příznaky, které se měly objevit u otrávených látkou A-234. Příznaky otravy osob z incidentu v Salisbury a Amesbury a doba jejich léčení jsou uvedeny v tabulce 55. Problematické je, že takto je popisují svědci nebo sami postižení, není k dispozici odborné lékařské vyšetření, ani lékařem, který poskytoval Skripalovým první pomoc.

Tabulka 55. Příznaky intoxikace a doba léčby osob zasažených látkou A-234. [Zdroj: T-55]

Postižení	Příznaky	Doba léčby
Julija Skripalová	bezvědomí, oči do široka otevřené, viditelné jen bělmo, pěna u pusy	po 25 dnech v kómatu je při vědomí, sama jí a pije, propuštěna po 36 dnech
Sergej Skripal	podivně mával rukama, vzhlížel k nebi; později seděl nehybně na lavici, v katatonickém stuporu, díval se někam do prázdna; dýchal, na nic nereagoval; zůstával v této póze i tehdy, kdy se ho lékaři snažili položit na nosítka; ustrnul vsedě a nemohl se pohnout ani změnit polohu	při vědomí po 33 dnech, v kritickém stavu není po 43 dnech, po 75 dnech propuštěn
Nick Bailey	nevolnost, zorničky jako špendlíkové hlavičky, pocení a horkost, pocit úzkosti a strachu	do nemocnice se dostavil až za 2 dny, za další 2 dny léčby komunikuje, propuštěn za 17 dnů po zahájení léčby
Charlie Rowley	příznaky se projevily po několika hodinách po kontaktu s toxickou látkou zvláštním chováním, pocitem velké horkosti, pocením, zrudnutím očí, vytékáním slin z úst, zúžením zornic, nesouvislým mluvením	při vědomí po 10 dnech, po 20 dnech propuštěn
Dawn Sturgessová	nevolnost po 15 minutách od kontaktu s toxickou látkou, bolest hlavy, zúžení zornic, nesouvislé mluvení, svalová slabost	po 8 dnech umírá
Andrej Železnjakov	poruchy vidění, červené a oranžové kruhy, zvonění v uších, pocit strachu, zvracení, svalová slabost. Deset dní strávil v bezvědomí. Tři měsíce se potom léčil v tajné klinice v Leningradu. Zasažení toxickou látkou způsobilo permanentní poškození organismu, účinky zahrnovaly chronickou slabost rukou, toxickou hepatitidu, která přešla do cirhózy jater, epilepsii, období těžké deprese a neschopnosti číst nebo se koncentrovat, což vedlo k jeho vyřazení z pracovní činnosti. Nikdy se nezotavil a zemřel v roce 1992. První uváděné příznaky intoxikace Železnjakova ale spíše odpovídají panickému záchvatu při pracovní chybě s nervově paralytickou látkou. Intoxikován byl asi látkou A-232.	zemřel po 5 letech

6.5.4.4.3 Dekontaminace

A nyní k problematice dekontaminace této údajně nejtoxičtější chemické látky. Pojem dekontaminace je dnes používán jako obecný výraz pro likvidaci následků použití/zneužití zbraní hromadného ničení a únicích průmyslových nebezpečných látek po průmyslových haváriích. Dříve byl proces odstraňování bojových chemických látek nazýván odmořování, odstraňování radioaktivních látek dezaktivací a odstraňování biologických agens dezinfekcí. Což podle autorů této monografie lépe vystihovalo danou problematiku dekontaminace.



Obrázek 109. Vojáci odebírají vzorky kontaminované půdy nedaleko lavičky, kde našli otrávené Skripalovy. [Zdroj: O-109]

Jak probíhala dekontaminace v tomto případě?

- policie navečer **4. března 2018**, tj. po nalezení Skripalových, uzavřela a nechala provést preventivní dekontaminaci pracovníky ve speciálních protichemických kombinézách (dekontaminaci čeho, jakými dekontaminačními prostředky a z jakých důvodů?),
- dne **22. března 2018** chemičtí experti prověřili na přítomnost novičoku také dům Nicka Baileye a dekontaminovali jeho auto,
- britské ministerstvo pro životní prostředí, potraviny a záležitosti venkova (DEFRA) dne **17. dubna 2018** uvedlo, že při útoku bylo použito velmi malé množství jedu novičoku v kapalně formě. Oznámilo, že v následujících dnech bude provedena dekontaminace pomocí louhu celkem na devíti místech – restaurace Zizzi, hostinec The Mill, ambulance převážející Skripalovy, policejní stanice, kde sloužil Bailey, garáž, kde parkovalo auto Skripala, dům Baileyho a dům Skripala. Procedura měla zahrnovat odběr vzorků půdy a dlažby, testování na přítomnost látky, čištění a opakované testování,
- dne **24. dubna 2018** začala plánovaná dekontaminace. Byla odstraněna lavička, na které byli Skripalovi nalezeni (!),
- DEFRA dne **7. září 2018** potvrdilo, že zahájilo dekontaminaci Skripalova domu,
- na domě Sergeje Skripala začaly speciální jednotky britské armády dne **10. ledna 2019** za mimořádných bezpečnostních opatření vyměňovat střechu (po ¾ roce?).

Je třeba připomenout, že o vlastnostech novičoků nemáme autorizované údaje. Bude jistě prospěšné pro porovnání uvést, jaké předpokládané hodnoty hustoty kontaminace bojovými chemickými látkami a charakter kontaminace uvažovali vojenští specialisté (tabulka 56).

Tabulka 56. Předpokládané hustoty kontaminace a velikosti kapek [Zdroj: T-56]

Bojová chemická látka	Průměrná hustota kontaminace (g.m ⁻²)		Průměrná velikost kapek (mg)
	podle „a“	podle „b“	
sarin	6 - 8	1	0,5 - 5,0
soman	7	0,5	0,5 - 5,0
VX	0,5 - 1,0	0,3	0,02 - 0,1
sírný yperit	8 - 10	15	0,5 - 5,0

Poznámka: vyšší hodnoty velikosti kapek platí pro zimní podmínky

a) VONDRÁČEK, V. Vybrané kapitoly z toxikologie OL a zdravotnické ochrany. (Učebnice VLVDÚ). Hradec Králové, 1972.

b) Chemical Weapons: Destruction and Conversion. SIPRI. London, 1980.

Profesor A. N. Kalitajev ve své knize „*Chemické zbraně pravděpodobného protivníka*“ uvádí následující hustoty kontaminace: látka VX minimálně 0,2 - 0,3 g.m⁻²; yperit 20 g.m⁻² při zamoření terénu kapkami a sarin asi 1 g.m⁻².

Cílem odmořování je tedy odstranění toxického působení bojových chemických látek z kontaminovaných objektů na fyziologicky neúčinnou míru. K tomu byly pro vojskové účely stanoveny normy přípustné kontaminace výstroje a výzbroje, které jsou uvedeny v tabulce 57.

Tabulka 57. Přípustná zbytková kontaminace povrchů zbraní a bojové techniky.

[Zdroj: T-57]

Charakter kontaktu bojové chemické látky s kontaminovaným povrchem	Plošná hustota kontaminace (mg.m ⁻²)		
	yperit	soman	VX
obnažená kůže	4	-	2
přes letní oděv	40	19	7
přes zimní oděv	60	30	10

Poznámka: dle KASSA, J., KRS, O., CABAL, J. *Základy vojenské toxikologie a ochrany proti BCHL pro posluchače VLA JEP farmaceutického směru. Vojenská lékařská akademie Jana Evangelisty Purkyně v Hradci Králové. 1992.*

A ještě pro porovnání jsou v tabulce 58 uvedeny hodnoty toxických dávek bojových chemických látek při perkutánním působení.

Tabulka 58. Hodnoty toxických dávek kožně-resorpčního účinku v mg na člověka.

[Zdroj: T-58]

Bojová chemická látka	Při působení bojové chemické látky přes nekrytou kůži (mg/člověka)			Při působení bojové chemické látky přes letní armádní uniformu (mg/člověka)
	LD ₅₀	ID ₅₀	PD ₅₀	ID ₅₀
VX	6 - 10	3-5	0,1	100
soman	49 - 98	28	1,4	50
yperit	4,9.10 ³ - 7.10 ³	350	2,1	1400

Poznámka: dle КАЛИТАЕФ А.Н. *Химическое оружие вероятного противника. ВАХЗ, S/chem-3-84, Москва 1977.*

LD₅₀ je střední letální dávka,

ID₅₀ je střední z boje vyřazující dávka,

PD₅₀ je střední prahová dávka.

S využitím těchto údajů byly stanoveny normy pro použití bojové techniky, která byla kontaminována bojovými chemickými látkami (samovolná dekontaminace). Výzbroj a bojová technika kontaminována sarinem při teplotách 20 °C je za 10 až 15 minut po jeho použití bezpečná bez prostředků ochrany kůže, ale s nasazenou ochrannou maskou. Při kontaminaci látkou VX se výzbroj a bojová technika mohou používat bez prostředků ochrany v létě za 3 dny, na jaře a na podzim 5 až 15 dnů, v zimě 30 až 50 dnů. U yperitu dochází k samovolné dekontaminaci (odmoření) v létě za 2 až 3 dny, na jaře a na podzim až 6 dnů, v zimě 1 až 2 měsíce.

A pro doplnění podle Českého obranného standardu 681001 je uvažována zbytková kontaminace pro bojové chemické látky dotykem nechráněnou kůží 1 mg.m⁻² pro látku VX a 10 mg.m⁻² pro yperit.

Pokud bychom se měli vyjádřit k prováděné dekontaminaci v našem případě likvidace následků použití miligramových množství látky A-234 můžeme prohlásit, že veškerá tato bombastická opatření neměla vůbec žádnou věcnou hodnotu. Informace, které máme k dispozici, uvádějí vždy pouze stopy látky. Jaká je číselná hodnota těchto stop, není nikde uvedeno. Jaká bude vlastně toxicita látky A-234?

Jestli se opakovaně ve vyjádřeních politiků a médií objevuje toxicita 5-7 krát vyšší než VX, tak to Mirzajanov uvádí pouze pro látku A-230. Látka A-232 by měla být stejně toxická jako látka VX a o látce A-234 vůbec nemluví. Podle některých dalších pramenů bude její toxicita stejná jako u látky VX. Porovnejme toxicity a hodnoty zbytkové kontaminace uváděné ve výše uvedených tabulkách. Jistě, tyto hodnoty platí pro vojenské účely a pro civilní obyvatelstvo by jejich hodnota byla patrně mnohem nižší. Ale na druhé straně, to se skutečně v Salisbury novičok rozléval po dlažbě, v parku, po komunikacích, v budovách? Připomeňme si zajímavou fotografii, kdy vojáci v ochranných oděvech patrně u předmětné lavičky odstraňují „kontaminovanou zeminu“ rytím do hloubky několika desítek centimetrů a nakládají ji do kontejnerů, vytrhávají dlažbu a rovněž ji nakládají do kontejnerů. Do takové hloubky by se ale rozhodně ani kapalná látka nemohla dostat. A překvapující je sdělení, že tam, kde se měla nacházet nejvyšší kontaminace, tj. dům Sergeje Skripala, DEFRA zahájila dekontaminaci až 7. září 2018 (po půl roce!). Odstraňování střechy armádou za zvláštních bezpečnostních opatření (po ¾ roce) nepotřebuje komentář.

6.5.5 Dráždivé látky

Dráždivé bojové chemické látky patří mezi látky oslabující a účelem jejich použití je snížit bojeschopnost protivníka svým účinkem a dlouhodobým používáním prostředků individuální ochrany.



Obrázek 110. Typy obranných sprejů s náplní účinné dráždivé látky CS. [Zdroj: O-110]

Vyznačují se charakteristickým dráždivým účinkem na oči, kůži a sliznice dýchacího a zažívacího traktu. Proti těmto účinkům se organismus brání reflexními reakcemi, jako například slzení, křečovitě sevření víček z důvodů zvýšené citlivosti očí na světlo, slinění, kašel, kýchání a zvracení. Pro účinky dráždivých látek je charakteristický okamžitý nástup, převaha subjektivních potíží nad objektivními příznaky zasažení a poměrně rychlé vymizení příznaků po přerušení kontaktu zasažené osoby s noxou (látkou).

Poprvé byly dráždivé látky masově použity v prvních letech první světové války. Vzhledem k možnostem jednoduché obra-

ny a malé toxicitě nebylo jejich nasazení provázáno očekávaným úspěchem, proto se postupně přešlo na použití látek dusivých a zpuchýřujících. Od používání dráždivých látek však nebylo zcela upuštěno. O tom svědčí například použití dráždivých látek americkou armádou v indočínské válce v 60. letech minulého století. Změnil se i taktický cíl použití dráždivých látek – použití může být jen zastíracím manévrem následovaným použitím toxicitějších látek nebo sleduje cíl vyvolat nesnesitelné dráždění dýchacích cest, které znemožní použití obličejové masky. Některé dráždivé látky jsou používány k policejním a výcvikovým účelům z důvodu rychlého, efektivního a krátce trvajícího účinku a relativní bezpečnosti.

Symptomy zasažení dráždivými látkami.

Účinek dráždivých látek na člověka je různorodý. Zasažení slznou látkou neboli *lakrimátorem*, se okamžitě projeví pocitem pálení a řezání v očích, slzením a světloplachostí. Často se objevuje výrazná bolest v očích, což vede ke křečovitě sevření víček. Subjektivní potíže jsou proto velmi silné, ale objektivní nález na postižených očích je minimální.

Jde většinou o lehký zánět očních spojivek. Při vyšších koncentracích a delším působení mohou slzné látky působit dráždivým účinkem na horní cesty dýchací. To se projevuje pocitem pálení v nose a v nosohltanu, zvýšenou sekrecí a kašlem. Jako vojensky významné slzné látky jsou považovány chloracetofenon, brombenzylkyanid, látka CS, látka CR a kapsaicin.



*Foto 142. Policie použila slzný plyn při protestech v Hongkongu. 29. 9. 2014.
[Zdroj: F-142]*

V popředí příznaků zasažení látkami dráždící horní cesty dýchací, neboli *sternity*, je vždy podráždění sliznic horních cest dýchacích a bolest za prsní kostí. Latentní období je zpravidla pouze několikasekundové, po kterém se objeví podráždění sliznic nosu, hltanu a hrtanu. Zasažený má pocit celkové nevolnosti se silným nucením na zvracení. Připojuje se bolest čelisti, dásní, zubů a bolest v čelní krajině. Může často vznikat bolestivý tlak v uších v důsledku otoku Eustachovy trubice a řezavá bolest za hrudní kostí.

Na nechráněné pokožce vznikají erytémy provázené pocitem napětí, bolestivostí, otoky až vznikem puchýřů. Sternity jsou nejčastěji používány jako dýmy, čímž mohou výrazně působit i na oči obdobným způsobem jako slzné látky. Pokud se dostanou do zažívacího traktu vodou nebo potravinami, vzniká brzy onemocnění podobné choleře, které jsou doprovázeny kolikami, zvracením, vodnatými stolicemi s příměsí krve. Vojensky nejvýznamnější látky dráždící horní cesty dýchací jsou CLARK I a II a adamsit.

První pomoc zasaženým osobám lakrimátory spočívá v okamžitém nasazení obličejové masky, v urychleném opuštění kontaminovaného prostředí a v ochraně očí před prudkým světlem. Projevy podráždění očí pobytem na čerstvém vzduchu zpravidla spontánně zmizí, neboť intenzivním slzením se slzotvorné látky z očí odplavují. Pomoc, po opuštění kontaminovaného prostředí, se většinou doplňuje výplachem očí, nosu, úst a hrdla 1 až 2 procentním roztokem hydrogenuhličitanu sodného (sodou), borovou vodou, fyziologickým roztokem nebo izotonickým roztokem, který obsahuje 0,25 % siřičitanu sodného. Nedoporučuje se vyplachovat oči pouze čistou vodou, protože tímto se účinek některých lakrimátorů, zejména látky CS zvyšuje. V každém případě si zasažený nesmí třít oči, protože se v tomto případě poškozují rohovka. Při podráždění horních cest dýchacích je možno postupovat obdobně, jako u první pomoci při zasažení dusivými látkami.

První pomoc při zasažení sternity spočívá v okamžitém nasazení masky a v okamžitém opuštění kontaminovaného prostoru. Je však nutno mít na paměti, že i po přerušení kontaktu s bojovou chemickou látkou intenzita příznaků přetrvává několik minut, nebo se stupňuje. Podle možností je nutno důkladně vyklepat zasažený oděv tak, aby se částičky sternitů v oděvu zachycené nestaly zdrojem dalšího podráždění. Další odborné ošetření je již věcí zdravotnické služby. Kontaminované partie kůže je možno potírat 2% roztokem hydrogenuhličitanu sodného, 1% vodně-alkoholickým roztokem sulfidu sodného, či mentolovým lihem. Dekontaminace pomocí vody a mýdla je většinou nedostatečná, neboť nezabraňuje rozvoji příznaků zasažení.

Tabulka 59. Vlastnosti dráždivých otravných látek. [Zdroj: T-59]

Název	Kódové označení	Fyzikální vlastnosti	Hydrolyza a rozpustnost	Stálost v terénu	Ochrana
Chloracetofenon	CN (USA, CZ), CAP (GB) O-salz (D)	krystalky žluté až hnědé barvy s vůní po květech jeřabin a fialek	nerozpustný ve vodě, dobře rozpustný v org. rozpouštědlech, hydrolyza je velmi pomalá	vysoce stabilní látka, v pevném stavu v létě vydrží dny, v zimě týdny, jako dým několik min.	obličejové masky s filtry s protidýmovou vložkou
Brombenzylkyanid	CA (USA, CZ) BBC	narůžovělá krystalická látka se zápachem po hniječím ovoci a hořkých mandlích, silně korozivně působí na kovy, skladování ve skle	nízká rozpustnost ve vodě, dobře se rozpouští v org. rozpouštědlech, hydrolyza je velmi pomalá	v létě až 2 dny, v zimě až 14 dnů	viz látka CN
Látka CR	CR	bílá až žlutá krystalická látka bez chuti a zápachu	nepatrně se rozpouští ve vodě, nepodléhá hydrolyze	viz látka CS	viz látka CN
Adamsit	DM, Azin	žlutá krystalická látka, bez výrazného zápachu	ve vodě se nerozpouští, vodou se téměř nerozkládá	terén kontaminuje max. na 1 hodinu	viz látka CN
CLARK I	DA	bílá krystalická látka s mírným ovocným zápachem	ve vodě se téměř nerozpouští, dobře se rozpouští v org. rozpouštědlech, hydrolyza je velmi pomalá, urychluje se sloučeninami s obsahem chloru	terén kontaminuje max. na 15 minut	viz látka CN
CLARK II	DC	bílá krystalická látka se zápachem po hořkých mandlích, někdy po česneku	nepatrně se rozpouští ve vodě, dobře v org. rozpouštědlech, hydrolyza je velmi pomalá, urychluje se sloučeninami s obsahem chloru	terén kontaminuje na dobu max. 30 minut	viz látka CN
Látka CS	CS (USA, CZ) CB (F)	tepelně stálá bílá krystalická látka se zápachem po pepři	nízká rozpustnost ve vodě, hydrolyza je pomalá, urychluje se alkáliemi	vysoce stabilní látka (zejména CS-2), v létě vydrží v terénu několik dnů a v zimě i týdnů	viz látka CN
Kapsaicin	Zacin, Mioton, Capsacutin, Capsaiene	nažloutlý prášek izolovaný z pálivých papriček	ve vodě se nerozpouští a nehydrolyzuje, dobře se rozpouští v sirouhlíku org. rozpouštědlech,	neudává se	viz látka CN

6.5.6 Látky psychoaktivní

Psychoaktivní látky jsou syntetické sloučeniny i látky přírodního původu. Jsou schopny u zdravých jedinců vyvolat psychické anomálie nebo fyzickou nezpůsobilost k plnění zadaných úkolů. Nejen psychické, ale i fyzické poruchy vyvolávají psychoaktivní látky již při velmi malých koncentracích, které jsou obtížně zjistitelné běžnými detekčními metodami.

Účinek psychoaktivních látek na člověka je velmi různorodý a velmi často i individuální. Mnohé psychoaktivní látky způsobují náhlé změny v chování zasažených jedinců, které je možno přirovnat k schizofrenii. Dále způsobují poruchy koordinace pohybu, dočasnou slepotu a hluchotu, zvracení a mohou prudce změnit krevní tlak.

Jiné látky naopak způsobují apatii, malátnost, netečnost, lhostejnost, mají negativní vliv na soustředění a další schopnosti spojené s myšlením. I když existuje velmi široká škála látek, které se mohou řadit k psychoaktivním, pro vojenské potřeby jsou použitelné pouze dvě látky – deriváty kyseliny d-lysergové a látka BZ.

Deriváty kyseliny d-lysergové

Kódové označení: LSD, LSD-25, Delysid, Lysergamid.

Fyzikální vlastnosti: za normálních podmínek bílá až nažloutlá krystalická látka bez výrazného zápachu, teplota tání je 83 °C. Ve vodě se dobře rozpouští, hydrolýza je velmi pomalá, urychluje se alkáliemi a zvýšením teploty, čímž vznikají neaktivní produkty.

Látka BZ

Kódové označení: BZ, QB, Ro 2-3308

Fyzikální vlastnosti: bílá krystalická velmi stabilní látka, bez zápachu a hořké chuti. Ve vodě se nerozpouští, ale ve formě hydrochloridu se rozpouští velmi dobře. Rozklad vodou je pozvolný a lze jej urychlit přidávkem alkálií.

Symptomy zasažení psychoaktivními látkami

Látka BZ do organismu vstupuje vdechnutím, požitím nebo poraněním a příznaky intoxikace se projeví do 30 minut. Příznaky se projevují rozšířením zornic, suchostí v ústech, zrychleným tepem, závratěmi, svalovou slabostí a zčervenáním pokožky. Rozšířené zornice jen velmi zvolna reagují na světlo, dochází k problémům zaostřování zraku ze vzdálenějších na bližší předměty.

Po 30 až 60 minutách se začíná oslabovat vnímání a reakce na vnější podráždění a objevuje se psychomotorický neklid střídaný s halucinacemi. Zasažený má tendence zdržovat moč a značně se mu třesou prsty. Ztrácí kontakt s okolím a nerozlišuje iluzi od reality, snaží se dělat přesný opak toho, co od něj požaduje, což je velmi často doprovázeno výbuchy hněvu a může často dojít i ke ztrátě vědomí. Příznaky zasažení mohou trvat i několik dnů.

Charakteristické pro postiženého je zdánlivý myšlenkový trysk s tendencí hraní si se slovíčky, což bývá doprovázeno častým nemotivovaným smíchem. Časté halucinace jsou vytvářeny groteskními postavkami lidí, zvířat, vidinami geometrických obrazců a charakteristickým znakem je výrazná barevná pestrost těchto halucinačních výjevů. Tyto představy jsou doprovázeny prostorovou a časovou deformací. K emocionálním reakcím se řadí euforie nebo naopak deprese. Motorické poruchy jsou zastoupeny nekoordinovanými pohyby, záškuby lýtkových a mimických svalů a svalů očních víček. Příznaky zasažení mohou trvat až dva dny. Opakované intoxikace mohou vyvolávat i akutní paranoické psychózy s halucinacemi.

Spolehlivou ochranu před účinky psychoaktivních látek spolehlivě zabezpečuje včasné použití předepsaných prostředků individuální ochrany, v první řadě ochranná maska, jejíž filtr zachytává a zneškodňuje všechny tyto látky.

Největší procento zdravotnických ztrát by bylo patrně zaviněno jejich opožděným použitím, nebo v důsledku chemické nekázně (např. požitím kontaminované vody, či potravin z neproověřených zdrojů). Osoby, které jsou v trvalém kontaktu se škodlivou noxou, musí krom jiného používat i prostředky ochrany pokožky hlavy (což plně zabezpečuje kapuce filtračního ochranného převleku, tak aby se vyloučila možnost penetrace látek přes zevní zvukovody a bubínek.

První pomoc spočívá v okamžitém zabránění dalšího kontaktu postiženého se škodlivou noxou, nasazením ochranné masky, opuštěním kontaminovaného prostředí, izolací postiženého a jeho transportem na zdravotnickou etapu k poskytnutí odborné lékařské pomoci.

Specifické antidotum proti účinkům LSD – 25 není doposud známo. Pro praktické potřeby je nejspolehlivější látkou, odstraňující psychické i somatické příznaky intoxikace, odborně podávaný chlorpromazin (Plegomazin, Aminazin, Megaphen apod.) v dávce 25 až 100 mg intramuskulárně. S ohledem na charakteristické poškození cholinergního systému při zasažení látkou BZ se jako antidotum podává fyzostigmin v dávce od 2 – 4 mg. Dávku lze opakovat podle potřeby v 1 – 2 hodinových intervalech, nejméně však po dobu 24 hodin. Vedle fyzostigminu je rovněž antidotně účinnou látkou tarcin (1,2,3,4-tetrahydro-9-amino-acridin), podávaný v dávkách 30 mg intravenózně, nebo 60 mg intramuskulárně.

7. Průmyslové látky – sekundární chemická zbraň

Rozvoj moderního průmyslu, který začal v 19. století, tvoří základnu, na níž je postavena celá přítomnost a budoucnost naší spotřebně orientované civilizace. Jako každý jev, i tento obsahuje celou řadu rozporů. Jedním z nich je nepříznivý dopad produktů, vznikajících v procesu průmyslové činnosti a nekontrolovatelně, byť registrovatelně, unikají do okolního prostředí. V souvislosti s tím mluvíme o průmyslových toxických látkách nebo průmyslových škodlivinách, obecněji pak, a méně přesně, o polutantech. Účinek těchto látek je mnohostranný a lze jej rozdělit do několika základních kategorií, např. přímé ohrožení lidského zdraví, nepřímé ohrožení lidského zdraví, ohrožení výživové základny, poškození krajiny s následným psychickým dopadem na společnost, ohrožení biodiverzity a narušení přírodní rovnováhy. Tyto účinky jsou obecné, projevují se komplexně, dlouhodobě a programově i při únicích podkritických kvant chemických látek do prostředí.

Tento text se zabývá zejména speciálním případem účinků průmyslových toxických látek, který se projevuje při mimořádných situacích, jakými jsou chemické havárie, války nebo terorismus. S ohledem na to byl také vybrán relativně malý počet těchto látek s potenciálně nejvyšším rizikem. Jedná se celkem o 14 průmyslových toxických látek: *amoniak, fluorovodík, formaldehyd, fosgen, chlor, chlorid fosforitý, chlorovodík, chlorkyan, kyanovodík, oxid dusičitý, oxid siřičitý, oxid uhelnatý, sirouhlík a sulfan (sirovodík)*. Všechny tyto látky stojí na nejnižším stupni pomyslné obrácené pyramidy, z něhož vzniká v procesu výroby velké množství chemických sloučenin. Jedná se s výjimkou formaldehydu o anorganické látky, v jednom případě to je plynný prvek chlor, v devíti případech sloučeniny dvou a ve čtyřech případech sloučeniny tří prvků – formaldehyd, fosgen, chlorkyan a kyanovodík. V souboru je zastoupeno osm prvků a to vodík, uhlík, kyslík, dusík, síra, fosfor, chlor a fluor. Nejnižší molekulová hmotnost popisované průmyslové toxické látky činí 17,0 pro amoniak, nejvyšší 137,3 pro chlorid fosforitý. Průměrná molekulová hmotnost je 53,4. Jedná se tedy o velmi těžké nízkomolekulární látky.

Charakteristika (vymezení pojmu)

Obsah pojmu průmyslové toxické látky je prakticky totožný s obsahem pojmu průmyslové škodliviny. Výklad těchto pojmů není však ustálený a v literatuře lze najít nesčetné formulace. Důvodů je hned několik – jednak se vyvíjí technická základna produkce chemických látek a jednak se zdokonaluje poznání vztahu člověk – chemie.

Průmyslové toxické látky jsou chemická individua, která se vyznačují toxickými účinky na lidský organizmus a jednotlivé objekty živé přírody a jsou vyráběny, skladovány a používány v takových množstvích, že při jejich úniku (například v důsledku chemické havárie) může dojít k vážnému ohrožení zdraví a života obyvatel a k narušení či poškození životního prostředí.

Je nutno odlišovat pojem nebezpečná chemická látka, tzn. látka, která je svými fyzikálně-chemickými a toxickými vlastnostmi schopna působit na osoby, živé organismy, životní prostředí a majetek. Ve smyslu zákona o chemických látkách a chemických směsích (Zákon číslo 350/2011 Sb., – chemický zákon) vykazují tyto látky nebezpečné vlastnosti jako výbušnost, hořlavost, oxidační schopnost, toxicitu, žíravost, mutagenitu a karcinogenitu.

7.1 Klasifikace průmyslových toxických látek

Pro zajištění systematického přístupu ke studiu průmyslových toxických látek je vhodné zařadit je do určitých skupin podle cílevědomě zvolených hledisek, jejichž rozsah není ničím předem stanoven.

Minimálně je nutno zohlednit hlediska fyzikální, chemické, toxikologické, případně potenciálně vojenské. Uvádíme pouze příklady možného přístupu ke klasifikaci.

1) *Fyzikální klasifikace* – podle skupenství:

- plyny (fosgen, chlor, fluorovodík, formaldehyd, chlorkyan, chlorovodík, oxid siřičitý, oxid uhelnatý, sulfan),
- kapaliny (kyanovodík, chlorid fosforitý, oxid dusičitý, sirouhlík),
- tuhé látky (síra – spalování na oxid siřičitý, kyanidy – uvolňování kyanovodíku).

2) *Chemická klasifikace (týká se pouze vybraného souboru látek):*

- sloučeniny síry (oxid siřičitý, sulfan, sirouhlík),
- sloučeniny dusíku (oxid dusičitý, amoniak, kyanovodík, chlorkyan),
- sloučeniny uhlíku (oxid uhelnatý, formaldehyd),
- halogenové látky (chlor, chlorovodík, chlorid fosforitý, fluorovodík, fosgen).

3) *Toxikologická klasifikace:*

- dusivé látky (chlor, fosgen),
- obecně jedovaté (kyanovodík, chlorkyan, sulfan, oxid uhelnatý),
- neurotoxické (sirouhlík),
- dráždivé (oxid dusičitý, oxid siřičitý),
- leptavé (amoniak, chlorovodík, fluorovodík, chlorid fosforitý, formaldehyd).

4) *Vojenská klasifikace – podle vojenského významu:*

- vojensky aktuální (fosgen, kyanovodík, chlorkyan, oxid uhelnatý),
- historicky vojensky významné (chlor, sulfan, oxid siřičitý),
- prekurzory bojových chemických látek (chlor, chlorovodík, fluorovodík, chlorid fosforitý, sulfan, amoniak),
- vojensky relativně nevýznamné (formaldehyd, sirouhlík).

7.2 Výskyt, výroba, skladování a distribuce

Při studiu průmyslových látek se *Tabulka 60. Vybrané průmyslové látky. [Zdroj: T-60]*

neobejdeme bez znalosti jejich původu, zdrojů, technologie výroby a podmínek skladování a distribuce včetně transportu všemi typy komunikací. Tyto charakteristiky jsou, na rozdíl od fyzikálních, chemických a toxikologických vlastností, časově a geograficky proměnné a proto vyžadují pozornost. I v ČR se vyrábí, zpracovávají a užívají průmyslové látky. V řadě lokalit a průmyslových aglomerací se nachází několik druhů těchto látek pohromadě, čímž se potenciální rizika zvyšují.

Látka	Skladované množství (tuny)	Poznámka
síra	25 000	vznik SO ₂ , H ₂ S
amoniak	16 159	
chlor	3 878	
sirouhlík	2 460	
formaldehyd	1 269	
fluorovodík	277	
chlorovodík	143	
chlorid fosforitý	130	Mníšek, Spolchemie
kyanidy anorganické	117	uvolňují kyanovodík
fosgen	26	všechno v Semtině
oxid siřičitý	26	
sulfan	16	

7.2.1 Amoniak (NH₃)

V čistém stavu za normálních podmínek je amoniak bezbarvý plyn (teplota varu za normálních podmínek činí minus 33,5 °C) s typickým čpícím štiplavým zápachem. Je zásaditý, dráždivý a žíravý. Hustotou 0,77 kg.m⁻³ je zhruba o polovinu lehčí než vzduch.

Může být skladován za zvýšeného tlaku v kapalném stavu. Jeho rozpustnost ve vodě je výborná (540 g.l^{-1}). Reaguje s kyselinami za vzniku amonných solí. Má silné korozivní účinky vůči kovům, zejména vůči slitinám mědi.

Strukturu amoniaku určil v roce 1786 francouzský chemik Claude Louis Berthollet (1748 až 1822), jeho studiem se zabýval také italský fyzik a chemik Amadeo Avogadro (1776 až 1856). Amoniak v přírodě vzniká mikrobiálním rozkladem organických zbytků exkrementů a moči živočichů, přičemž se většinou váže ve formě amonných solí a při redukci dusitanů nebo dusičnanů (nitrifikace). Někteří živočichové, například ryby, vylučují většinu odpadního dusíku ve formě amoniaku. Tímto způsobem se uvolňuje do prostředí daleko větší množství amoniaku než z antropogenních zdrojů, zejména z výroby průmyslových hnojiv a močoviny. Zdrojem amoniaku jsou také průmyslové odpady. Koncentrace amoniaku v čisté atmosféře je $0,007 \text{ mg.m}^{-3}$, znečištěná atmosféra obsahuje nad $0,014 \text{ mg.m}^{-3}$ (koncentrace může být až 100násobná). V atmosféře amoniak setrvává kolem 7 dní. Samočisticí procesy v ovzduší jsou založeny na reakcích s kyselinou sírovou nebo kyselinou dusičnou na sírany nebo dusičnany, na sedimentaci a vymývání dešťovými kapkami. Ten je proto ve stopovém množství obsažen i v zemské atmosféře. Ve formě chloridu amonného se vyskytuje jako minerál salmiak zejména v okolí solfatár a dalších vulkanických jevů. Ve velkém množství je obsažen v atmosférách velkých planet Sluneční soustavy (Jupiteru, Saturnu, Uranu a Neptunu) a také v atmosféře Saturnova měsíce Titanu. Nalezen byl i v kometách. Je také jednou z molekul, nacházejících se v mezihvězdném prostoru.

Amoniak je důležitým produktem a výchozí surovinou chemického průmyslu. Rozmach průmyslové výroby amoniaku se datuje od počátku 20. století. Nejprve v roce 1901 francouzský chemik Henry Louis LeChatelier (1850 až 1936) objevil možnost syntézy amoniaku z dusíku a vodíku (tzv. syntézní plyn) a později němečtí chemici Fritz Habera (1868 až 1934) a Carl Bosch (1874 až 1940) vypracovali průmyslově použitelnou metodu syntézy amoniaku za vysokého tlaku (10 – 100 MPa) a teplotách kolem 400 až 600 °C. Jako katalyzátor se osvědčily oxidy železa (Fe_2O_3 , Fe_3O_4). Tato přímá výrobní metoda, zahájená roku 1913 v BASF, umožnila Německu v době 1. světové války vyrovnat se ztrátou přístupu ke zdrojům přírodních nitrátů v Chile, blokováných britským válečným loďstvem, které byly strategickou surovinou ve výrobě explozivních látek. Fritz Haber se díky vypracování této metody, která je klíčová pro produkci dusíkatých hnojiv a znásobení zemědělské produkce potravin pro explozivně narůstající populaci, stal v roce 1918 laureátem Nobelovy ceny.



Obrázek 111. Malá lahev na stlačený plyn s čistým amoniakem.

[Zdroj: O-111]

tenzidů a některých pesticidů. Uplatňuje se i v petrochemickém průmyslu a v galvanickém pokovování, kde se přidává do některých lázní. Může se rovněž používat přímo jako hnojivo ve formě vodného roztoku, kterým se provádí zavlažování. Vykazuje fungicidní vlastnosti a využívá se proto v ovocnářství pro omezení růstu hub na ovoci. Ve velkých průmyslových provozech je využíván jako náplň chladících technologií (výroba ledu, zpracování potravin). V menší míře se ve formě chloraminu používá i k desinfekci vody.

Obrovský nárůst výroby amoniaku byl zaznamenán na přelomu 70. a 80. let. V roce 1970 bylo ve světě vyrobeno celkem 61 milionů tun a o devět let později již 105 milionů tun amoniaku, nejvíce v Asii a Střední a Jižní Americe. Hlavní použití amoniaku spočívá ve výrobě kyseliny dusičné, průmyslových hnojiv, výbušnin, polymerů, farmaceutických výrobků, kaučuků,

Kyselina dusičná, důležitý produkt a surovina ve výrobě výbušnin, průmyslových hnojiv a barviv, se vyrábí katalytickou oxidací amoniaku na NO, který se v absorpčně-oxidačním zařízení oxiduje na NO₂. Tuto metodu objevil v roce 1902 německý chemik Wilhelm Ostwald (1853 až 1932) a do praxe byla zavedena od roku 1914. Ročně se na světě vyrobí více než 30 miliónů tun 100% kyseliny dusičné v přepočtu. Vedle dusíkatých hnojiv (fosforečnan amonný, dusičnan amonný, síran amonný), je v zemědělské praxi poměrně rozšířené přímé nebo nepřímé, po dalším zpracování používání močoviny, která se vyrábí syntézou amoniaku s oxidem uhličitým s meziproduktem na karbamát amonný.

Velmi dobře se rozpouští ve vodě. Při teplotě 0 °C se ve 100 cm³ vody, rozpustí až 1 148 cm³ amoniaku za vzniku zásaditého roztoku, který se nazývá čpavek. Výsledný roztok je zásaditý a nazývá se také „hydroxid amonný“. Tohle označení je však poněkud nesprávné, jelikož molekula NH₄OH neexistuje. Neexistence molekuly NH₄OH je v souladu s faktem, že amoniak je Brønstedova, nikoli Arrheniova zásada. Zásaditý charakter amoniaku je tudíž podmíněn jeho schopností vázat proton vodíku H⁺, a ne tvořením hydroxidových iontů OH⁻ v průběhu reakce NH₃ + H₂O → NH₄⁺ + OH⁻ (dle této reakce reagují pouze 4 z 1000 molekul amoniaku). Správné označení vodního roztoku amoniaku je tudíž NH₃(aq) nebo NH₃ · H₂O.

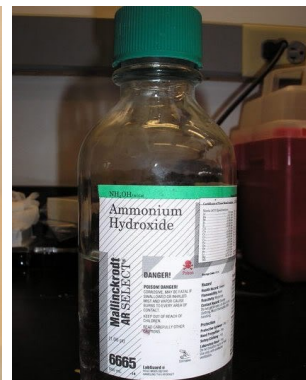
Poznámka: V organické chemii se pro amoniak užívá systematický název azan a stejně tak pro jeho derivát hydrazin H₂N–NH₂ název diazan.

S kyselinami reaguje za vzniku amonných solí, např. s kyselinou sírovou vytváří síran amonný: 2NH₃ + H₂SO₄ → (NH₄)₂SO₄

Amoniak je velice toxický pro vodní organismy (zejména ryby), proto hraje důležitou roli jeho velmi dobrá rozpustnost ve vodě. Toxické koncentrace amoniaku mohou být uvolňovány rozkladem chlévské mrvy, kejdy a odpadů z velkochovů drůbeže. Rovněž rostliny mohou být negativně zasaženy, pokud jsou vystaveny vyšším koncentracím amoniaku jak v ovzduší, tak ve vodě. Ve vodách s dostatečným obsahem kyslíku je amoniak nitrifikačními bakteriemi oxidován na dusičnany, které jsou pro vodní organismy toxické podstatně méně.



Obrázek 112. Hydroxid amonný 20 litrů (910 g/l).
[Zdroj: O-112]



Obrázek 113. Hydroxid amonný 30% roztok.
[Zdroj: O-113]

V půdách se přirozeně vyskytuje amoniak zejména ve formě amonného iontu. Amoniakální forma dusíku je přitom klíčovým zdrojem dusíku pro rostliny. Z tohoto důvodu se aplikují dusíkatá průmyslová hnojiva, ze kterých se však do podzemních vod uvolňují dusičnany. Podzemní vody pak mohou být nevhodné pro využití člověkem, resp. s jejich využitím jsou spojeny vysoké náklady na čištění a odstranění dusičnanů. Přítomnost dusičnanů (původem přímo z hnojiv či bakteriální oxidací amoniaku) rovněž zvyšuje kyselost půd s negativními důsledky. Kyselost zemin je zvyšována i depozicí pocházející z ovzduší. Amoniak tvoří relativně stabilní soli se sírany a dusičnany (pocházejícími z kyselých plynů SO₂, SO₃ a NO_x), které jsou v atmosféře přítomny.

Takové soli jsou potom ve srovnání s kyselými plyny a samotným amoniakem podstatně ochotněji a rychleji z atmosféry uvolněny ve formě dešťů či spadu a dostávají se tak do půd. Přestože je tedy amoniak sám o sobě zásaditou látkou, podílí se na kyselých depozicích. Je rovněž jedním z původců fotochemického smogu vyskytujícího se především ve městech.

Další působení amoniaku spočívá v jeho působení v rámci parametru „celkový dusík“, kde hlavní negativní dopad na životní prostředí je přílišné vnášení živin do životního prostředí a s tím spojená například eutrofizace vod (nárůst řas a sinic).

Krátkodobá expozice amoniaku může dráždit i popálit kůži a oči s rizikem trvalých následků. Dráždit může nosní sliznice, ústa, hltan a způsobuje kašel a dýchací potíže. Inhalace amoniaku může dráždit plíce a způsobit kašel či dušnost. Expozice vyšším koncentracím amoniaku může způsobit zavodnění plic (edém) a vážné dýchací potíže. V koncentraci vyšší než 0,5 % obj. (asi 3,5 g.m⁻³) je i krátkodobá expozice smrtelná. V běžném prostředí je však koncentrace amoniaku natolik nízká, že prakticky nepředstavuje žádné riziko. Jeho výhodou je z tohoto hlediska i velice intenzivní štiplavý zápach, který na jeho případnou přítomnost v ovzduší upozorní dříve, než by koncentrace mohla stoupnout na nebezpečnou úroveň.

Amonné soli silných kyselin (např. kyseliny sírové) reagují v roztoku slabě kyselě, protože amoniak je jen velmi slabou zásadou. Národní institut pro bezpečnost a zdraví při práci v USA (*National Institute for Occupational Safety and Health* – NIOSH) stanovil patnáctiminutový expoziční limit pro plynný amoniak na 35 ppm (objemově) a osmihodinový limit na 25 ppm. Agentura NIOSH snížila na základě nedávné konzervativnější interpretace původního výzkumu z roku 1943 koncentraci IDLH (*Immediately Dangerous to Life or Health* – bezprostředně nebezpečnou pro život a zdraví) z 500 na 300 ppm. Jedná se o koncentraci, které může být zdravý pracovník vystaven po 30 minut, aniž by utrpěl nevratné škody na zdraví. Jiné organizace či státy mají různé limity expozic.

V ČR platí limity: PEL 14 mg.m⁻³ (přípustný expoziční limit) a NPK-P 36 mg.m⁻³, (nejvyšší přípustná koncentrace – pracovní). Při emisích do ovzduší nad 10 000 kg ročně platí povinnost hlášení do Integrovaného registru znečišťování (IRZ).

Amoniak má ostrý, dráždivý, štiplavý zápach, který varuje před potenciálně nebezpečnou expozicí. Průměrných práh vnímání je 5 ppm, dostatečně nižší než jsou nebezpečné nebo škodlivé koncentrace. Expozice velmi vysokým koncentracím může vést k poškození plic a k smrti. Amonné sloučeniny by neměly přijít do kontaktu se zásadami (pokud to není cílem), protože se mohou uvolnit nebezpečné dávky amoniaku.

7.2.2 Fluorovodík (HF)

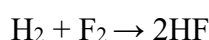
Výzkum fluoru a jeho sloučenin začal poměrně pozdě. Kolem roku 1886 se touto problematikou začal zabývat Henry Moissan (1852 až 1907), který za svou práci obdržel v roce 1906 Nobelovu cenu.

Fluor je lehce nažloutlý plyn s pronikavým zápachem podobným chloru. Je to velice reaktivní prvek, reaguje velmi prudce s mnohými materiály a látkami za vzniku fluoridů nebo fluorovodíku. Jeho teplota varu je minus 188 °C, tání minus 223 °C a hustota 1,32 kg.m⁻³ (má tedy srovnatelnou hustotu jako vzduch 1,29 kg.m⁻³). Při styku s vodou či vzdušnou vlhkostí reaguje za vzniku fluorovodíku. Fluorovodík je za normálních podmínek bezbarvý, nehořlavý, vysoce toxický a dráždivý plyn. Jeho teplota varu je +19,5 °C a tání minus 83 °C. Obvykle se ovšem vyskytuje jako vodný roztok (tj. kyselina fluorovodíková). Kyselina fluorovodíková rozpouští sklo a napadá mnohé kovy (za uvolňování hořlavého vodíku), minerály a organické látky. Roztoky fluorovodíkové kyseliny se uchovávají v nádobách z umělé hmoty. Fluorovodík je velmi reaktivní, nepřetrvává dlouho ve volném prostředí a rychle se mění na fluoridy.

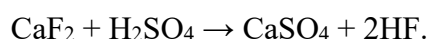
Sloučeniny fluóru jsou do atmosféry emitované z vulkanické činnosti a z řady průmyslových výroby, zejména z hliníkáren, výroby extrakční kyseliny fosforečné, silikátového průmyslu, výroby ocele a z průmyslu výroby fluorosloučenin.

Část fluoru se spotřebuje při výrobě a zpracování uranu v jaderné energetice, při výrobě hliníku, nerezové oceli a v organické syntéze zejména při výrobě polymerů (například teflonu) a chladicích směsí freonů. Fluorovodík se také využívá v mnoha aplikacích od čištění a leptání skla, výrobu polovodičových součástek, výroby keramiky, elektropokovování až po složité chemické procesy, kde vystupuje jako meziprodukt. Dále je využíván například při výrobě zubních protéz. Z průmyslových aplikací můžeme ještě zmínit například produkci fluoridu hlinitého a syntetického kryolitů.

Fluorovodík vzniká také při spalování uhlí a v průmyslu na zpracování ropy. Používá se jako alkylační katalyzátor při výrobě vysokooktanových benzínů. Největším zdrojem exhalátů fluorovodíku a sloučenin fluóru jsou chemické provozy na výrobu fosforečných hnojiv – superfosfátů. Jejich výroba je založená na reakci mletých minerálních fosfátů – apatitu, fosforitu, fluorapatitu s kyselinou sírovou. Při jejich rozkladu se až 90 % obsaženého fluóru uvolní jako fluorovodík. Fluorovodík, systematicky fluoran, je za normální teploty bezbarvý, jedovatý plyn. Vzniká přímým slučováním vodíku s fluorem za vývoje tepla (exotermní reakce):



Technicky se fluorovodík průmyslově vyrábí endotermickou reakcí minerálu fluoritu, (kazivce, fluoridu vápenatého CaF_2) s kyselinou sírovou za vysoké teploty (okolo $250\text{ }^\circ\text{C}$), tzv. Bayerův postup. Reakce probíhá v rotační peci s kapacitou více než 45 tun HF denně. Surový HF se vypírá kyselinou sírovou, chladí a případně destiluje. Roční světová produkce fluorovodíku převyšuje milion tun.



Snadno se rozpouští ve vodě na bezbarvý, silně žíravý roztok kyseliny fluorovodíkové. Fluorovodík je silně žíravý a při styku s kůží nebo sliznicemi působí velmi bolestivě a špatně se hojící rány. Leptá sklo.

Fluorovodík může být do organismu především vdechnut. Kontakt s ním způsobuje popálení očí a kůže s nevratným poškozením. Vdechování způsobuje podráždění nosu a dýchacích cest, podráždění plic, dušnost a edém plic. Opakované expozice způsobují krvácení z nosu, nevolnost, zvracení a ztrátu chuti k jídlu. Existuje také riziko poškození jater a ledvin.

V ČR platí limity: expozice 8 hodin PEL $1,5\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (přípustný expoziční limit) a pro krátkodobou expozici NPK-P platí $2,5\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (nejvyšší přípustná koncentrace – pracovní). Při emisích do ovzduší nad 5 000 kg ročně platí povinnost hlášení do Integrovaného registru znečišťování (IRZ). Ve výše uvedeném textu již bylo uvedeno, že fluorovodík, potažmo kyselina fluorovodíková, při kontaktu s tkání způsobuje velmi závažná popálení. Jak tyto popáleniny vypadají, je možno vidět na obrázku 114. Poškození tkáně je dlouhodobé a velice pomalu se hojí. Dokonce nelze vyloučit ani trvalé poškození vzhledu či struktury pokožky.



Obrázek 114. Akutní popálenina fluorovodíkem. [Zdroj: O-114]

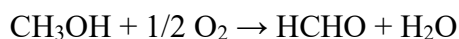
7.2.3 Formaldehyd (HCHO)

Metanal (systematický název methanal, běžně formaldehyd) je nejjednodušší aldehyd. Je to jeden z karbonylových (tedy kyslíkatých) derivátů uhlovodíků. Jeho molekulový vzorec je CH_2O , funkční HCHO. V potravinářství má označení E 240, ale v České republice je jeho používání v potravinářství zakázáno. Vzhledem k jeho širokému použití, toxicitě a těkavosti, je působení formaldehydu významným faktorem pro lidské zdraví.

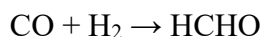
Formaldehyd byl Mezinárodní agenturou pro výzkum rakoviny klasifikován jako karcinogen skupiny 1, tedy prokázaný karcinogen pro člověka. Čistý formaldehyd je za normálních podmínek bezbarvý plyn s pronikavým zápachem. Teplota varu je minus 19,2 °C, tání minus 118 °C a hustota 1 400 kg.m⁻³. Za vyšších teplot (> 150 °C) se rozkládá na kyselinu mravenčí a oxid uhelnatý. Páry jsou hořlavé a výbušné. Formaldehyd patří mezi těkavé organické látky. Je velmi dobře rozpustný ve vodě, alkoholech a dalších polárních rozpouštědlech. Protože čistý plyn snadno polymerizuje, skladuje se obvykle ve formě vodného roztoku (25 až 56% roztok formaldehydu). Nejčastější koncentrace je 37% roztok. Obvykle obsahuje roztok ještě 0,5 až 15 % methanolu, který slouží jako stabilizátor. Může se také skladovat v pevné formě jako cyklický trimer trioxan, nebo jeho polymer paraformaldehyd. Čistý plyn se z vodného roztoku nebo pevného formaldehydu získá zahřátím.

Formaldehyd objevil v roce 1867 německý chemik August Wilhelm von Hofman (1818 až 1892) a v roce 1892 poprvé izoloval v čistém stavu další německý chemik Friedrich August Kekule von Stradonitz (1829 až 1896).

Výroba formaldehydu je založená na oxidaci methanolu vzdušným kyslíkem při teplotě 400 až 650 °C za katalytického působení mědi, stříbra nebo molybdenu. Tento postup, který vychází z Hofmanova pozorování, zavedl německý chemik Hans Tropsch (1889 až 1935).



Může být připraven také ze syntézního plynu za přítomnosti katalyzátorů:



Spotřeba formaldehydu je obrovská, jenom ve Spojených státech činí ročně 1,4 miliónu tun. Formaldehyd se používá v kožedělném průmyslu, v papírenském a dřevozpracujícím průmyslu, při výrobě syntetických vláken, urethanových pryskyřic a fenoplastů, vznikajících kondenzací formaldehydu s fenolem. Nejznámějším fenoplastem je bakelit, který patentoval již v roce 1907 belgický chemik Leo Hendrik Baekeland (1863 až 1944).

Formaldehydové polymery se používají na výrobu hnojiv, papíru, překližek, třískových desek a mnoha spotřebních produktů. Největší část celkového formaldehydu (25 %) se spotřebuje na výrobu močovino-formaldehydových pryskyřic, které se používají např. jako lepidla pro překližky a koberce. Můžou se z nich vyrábět lisované produkty nebo pěnové izolace. Z formaldehydu se vyrábějí i další chemikálie, např. pentaerythritol (používá se k výrobě nátěrů a výbušnin), difenyl diisokyanát (složka polyuretanových nátěrů a pěn), hexamethylentetramin (výroba fenol-formaldehydových pryskyřic a výbušnin), kyselina nitrilotrioctová, methylendianilin a komplexotvorná činidla (kyselina ethylendiamintetraoctová EDTA). Dále se používá v textilním a fotografickém průmyslu, při elektropokovování, jako inhibitor koroze kovů, stabilizátor benzínu a prostředek ke konzervaci dřeva. Slouží také k výrobě barviv, povrchově aktivních látek, extrakčních činidel, parfémů a vůní.

Formaldehyd zabíjí většinu bakterií, proto se používá také jako konzervační prostředek pro některé potraviny, kosmetiku a léčiva a jako čistící, desinfekční a sterilizační prostředek. V zemědělství slouží k desinfekci půdy a semen a jako insekticid a fungicid. Značné využití má také v lékařství a v oblasti veterinární. Vodný roztok se používá pro konzervaci biologického materiálu a k balzamací lidských těl. Dezinfekční účinek formaldehydu je založen na reakci aldehydické skupiny s volnými skupinami bílkovin – aminy, (vznikají H₂C=N-R) a tím i nevratná denaturace bílkovin.

Formaldehyd je normálním produktem živých buněk, vyskytuje se v malém množství v ovoci, zelenině a mase. Přirozeným vstupem do prostředí jsou také lesní požáry a některé rozkladné procesy.

Velké množství formaldehydu vzniká sekundárně v ovzduší oxidací přirozených a antropogenních organických sloučenin. Odhaduje se, že přirozené a sekundární emise jsou vyšší než přímé antropogenní emise. Formaldehyd se uvolňuje do prostředí při výrobě, zpracování a skladování formaldehydu a může unikat při nakládání s odpady s obsahem formaldehydu. Je produktem nedokonalého spalování organických látek. Významným zdrojem jsou spalovací motory automobilů. Nachází se v cigaretovém kouři a v emisích ze spaloven odpadů, tepelných elektráren, tepláren a rafinerií ropy. Dostává se do ovzduší i během použití jako desinfekčního a sterilizačního činidla. Uvolňuje se také z výrobků obsahujících formaldehyd, jako jsou překližky, koberce, papíry, čisticí prostředky, izolační materiály, nábytek, textilie a prostředky na konzervaci dřeva.



Foto 143. Přístroj k měření formaldehydu ve vzduchu. [Zdroj: F-143]

Většina formaldehydu ve vzduchu se rozloží během jednoho dne reakcí s hydroxylovým radikálem a výsledným produktem je oxid uhličitý. Pouze velmi malé množství formaldehydu se atmosférickou depozicí dostane do vody. Formaldehyd ve vodě se za pomoci mikroorganismů během několika dnů rozkládá. K biodegradacím reakcím dochází i v půdě. Formaldehyd se tedy v prostředí rychle rozkládá a nekumuluje se v potravních řetězcích. Přesto však může docházet k chronickým expozicím organismů v blízkosti zdrojů formaldehydu. Citlivé na formaldehyd jsou zvláště řasy a ostatní jednobuněčné organismy. Stejně jako jiné těkavé organické látky reaguje s dalšími znečišťujícími látkami v ovzduší, čímž může přispívat ke tvorbě přízemního ozonu a fotochemického smogu.

Plynný formaldehyd může vstupovat do těla inhalačně nebo kontaktem s kůží či okem. Orální expozice připadá v úvahu pouze u vodného roztoku formaldehydu nebo kontaminovanou stravou. V plicích se formaldehyd snadno vstřebává. Poločas rozpadu v krvi je zhruba 90 sekund a metabolitem je kyselina mravenčí, která je vylučována močí a oxid uhličitý, který je vydechován.

Akutní expozice malým dávkám formaldehydu vyvolává bolesti hlavy a zánět nosní sliznice. Vyšší koncentrace způsobuje vážné podráždění sliznic a respirační problémy, např. zánět průdušek a otok nebo zánět plic. U citlivých jedinců může formaldehyd vyvolávat astma a záněty kůže. Chronická expozice způsobuje zánět průdušek. Formaldehyd dráždí oči a vyvolává slzení. Vyšší koncentrace mohou vyvolat zákal rohovky nebo i ztrátu zraku. Rychle se vstřebává kůží a může způsobovat podráždění nebo alergické reakce. Poškození se může objevit až několik hodin po expozici.

Při požití může dojít k poleptání až proděravění gastrointestinální sliznice. Toxický efekt zvyšuje přítomnost methanolu jako stabilizačního činidla. V těle se formaldehyd přeměňuje na kyselinu mravenčí, která zvyšuje kyselost krve a vede k dušnosti, snížení tělesné teploty, kómatu a v závažných případech ke smrti. Kromě zvýšení kyselosti formaldehyd poškozuje centrální nervovou soustavu (např. křeče), játra a ledviny.

Podle klasifikace EPA (*Environmental Protection Agency* – Úřad pro ochranu životního prostředí v USA) patří formaldehyd mezi pravděpodobné lidské karcinogeny. Patří také mezi látky mutagenní a vyvolává chromosomální změny plicních buněk. Nicméně nebyl prokázán významný karcinogenní potenciál. Některé studie indikovaly v souvislosti s expozicí metanolu zvýšený výskyt pouze u nádorů nosu a nosohltanu. Nebyla prokázána teratogenita ani reprodukční toxicita.

V ČR platí následující limity: expozice 8 hodin PEL 0,5 mg.m⁻³ (přípustný expoziční limit) a krátkodobá expozice NPK-P 1mg.m⁻³ (nejvyšší přípustná koncentrace – pracovní). Při emisích do ovzduší nad 50 kg ročně, nebo nad 10 000 kg ročně v odpadech platí povinnost hlášení do Integrovaného registru znečišťování (IRZ).

Formaldehyd je velmi hořlavý v plynné i v kapalně formě. Páry se mohou přemístit na velké vzdálenosti, může proto dojít k požáru ve velké vzdálenosti od zdroje úniku. Se vzduchem vytváří výbušné směsi. Při hoření vznikají jedovaté plyny. Nádoby s formaldehydem mohou při požáru explodovat. Čistý formaldehyd může samovolně polymerizovat.

7.2.4 Fosgen

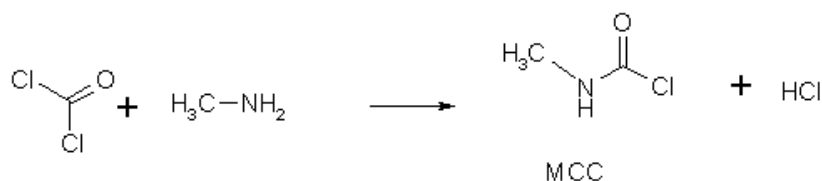
Fosgen, nazývaný též dichlorid karbonylu, chlorid karbonylu, karbonyldichlorid, oxychlorid uhličitý, chlorid kyseliny chlormethanové nebo dichlorid kyseliny uhličitě, je prudce jedovatý, dusivý bezbarvý plyn, mnohem nebezpečnější než chlor. Když je velmi silně zředěn, zapáchá jako shnilé brambory.

Fosgen připravil již v roce 1812 anglický chemik Humphry Davy (1778 až 1829). Název fosgen značí „na světle zrozený“, protože byl připraven syntézou oxidu uhelnatého s chlorem za teploty od 130 °C do 150 °C za přítomnosti katalyzátoru, kterým je v této reakci aktivní uhlí nebo houbovitá platina: $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{COCl}_2$, případně pomaleji působením světla, zejména ultrafialového, na uvedenou směs plynů. Může vznikat také fotochemickým rozkladem chlorovaných uhlovodíků, např. dichlormethanu nebo tetrachlormethanu. Vzniká i při tepelném rozkladu těchto látek. Fosgen se vyrábí dnes již klasickou metodou reakcí oxidu uhelnatého s chlorem za katalytického působení aktivního uhlí. Tenhle způsob byl používán také v době 1. světové války, v Evropě i ve Spojených státech. Pouze několik málo italských a francouzských továren tehdy vyrábělo fosgen reakcí kyseliny sírové dýmavé s tetrachlormethanem ($\text{CCl}_4 + \text{SO}_3 \rightarrow \text{COCl}_2 + \text{SO}_2\text{Cl}_2$). Tuto metodu, popsanou v roce 1869 Schüttzenbergerem a v roce 1919 Grignardem, lze využít i v laboratorních podmínkách, podobně jako tepelný rozklad chlorpikrinu na fosgen a nitrosylchlorid (Garden a Fox, 1919), nebo oxidací chloroformu (Emmerling, 1869).

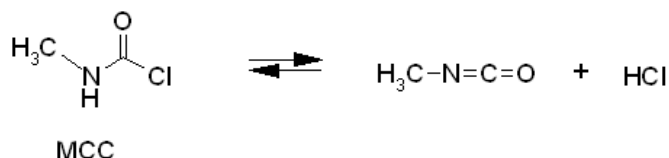
Vysoká reaktivita fosgenu, který snadno uvolňuje aktivní (atomární) chlor, se využívá v organické syntéze k přípravě chlorovaných derivátů, případně k vnášení karbonylové skupiny (–CO–) do organických sloučenin.

Největším světovým výrobcem fosgenu je francouzská společnost Groupe SNPE se sídlem Toulouse, jejíž roční kapacita představuje 100 000 tun fosgenu, to je asi jedna třetina celosvětové produkce. O tom, že spotřeba fosgenu se bude nadále zvyšovat, svědčí fakt, že nedávno tato společnost zahájila ve spolupráci s americkým koncernem Dow Chemical (v době vietnamské války dodával americké armádě bojové herbicidy) výstavbu speciální továrny na fosgenovou chemii v La Porte s roční kapacitou 10 000 tun.

Jedním z meziproduktů při výrobě pesticidů a insekticidů je methylisokyanát. Je to vysoce toxická organická sloučenina CH_3NCO nazývaná také methyl karbylamin nebo MIC. Vyrábí se reakcí monomethylaminu a fosgenu za vysoké teploty v plynné fázi. Vzniká směs methyl isocyanátu a dvou molů chlorovodíku, který reaguje na N-methylcarbonyl chlorid (MCC), který ze směsi kondenzuje. Jeden mol chlorovodíku odchází jako plyn.



Methyl isokyanát se získá úpravou MCC pomocí reakce s terciárním aminem, jako je např. N, N-dimethylanilin, nebo s pyridinem, nebo se oddělí destilací.



Také vzniká reakcí N-methylformamidu $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}$ a vzduchu meziprodukt methomyl $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$ při výrobě karbofuranu. MIC je prudce jedovatý, dráždivý. Při vdechování, požití a expozici sliznic se objevuje podráždění již při nízkém množství (0,4 ppm). Mezi příznaky otravy patří kašel, bolest na hrudi, dušnost, astma, podráždění očí, nosu a krku, svědění a pálení kůže. Vyšší úroveň expozice, (nad 21 ppm) má za následek trvalé (částečné) poškození zraku, plicní edém, rozedmu plic, krvácení, bronchiální pneumonii až smrt.

Ačkoli je methylisokyanát bez zápachu, většina lidí jeho přítomnost rozpozná především kvůli vysoce slzotvornému účinku již od 0,2 ppm. Limitní (bezpečné) hodnoty stanovené americkou konferencí veřejných a průmyslových hygieniků jsou 0,02 ppm. Methylisokyanát je sloučenina zodpovědná za otravu a smrt tisíců lidí v indickém Bhópálu. Bhópálská katastrofa je největší známá průmyslová havárie v historii, která se udála v noci z 2. na 3. prosince 1984 v chemické továrně patřící americké společnosti Union Carbide. Během nehody uniklo do okolí továrny 27 tun methylisokyanátu (MIC), kyanovodíku a dalších látek poškozujících lidské zdraví. Během tří dnů po havárii zemřelo v Bhópálu a jeho okolí přibližně 8 tisíc lidí, v současnosti je obětí přibližně 25 000 a celkový počet zasažených lidí dosáhl počtu přes 520 000.



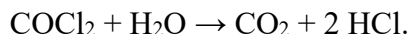
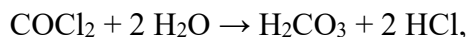
*Foto 144. Tetrachlorový hasicí přístroj z 30. let 20. století
[Zdroj: F-144]*

Tetrachlormethan, také chlorid uhličitý, v technické han-týrce někdy označovaný tetrachlór, je bezbarvá kapalina sladkého éterického zápachu, nerozpustná ve vodě, dobře rozpustná v organických rozpouštědlech jako jsou methanol, ethanol, benzen, benzín aj. Používá se jako rozpouštědlo v chemické laboratoři. Slouží také k přípravě alkylochloridů Apellovou reakcí z příslušných alkoholů za přítomnosti trifenyfosfanu. V minulosti se používal jako chladicí médium v chladicích systémech, při chemickém čištění látek a oděvů, k průmyslovému odmašťování předmětů, jako ředidlo v nátěrových hmotách, jako součást hnací látky v aerosolových bombičkách (zejména s nátěrovými hmotami) a také jako náplň hasicích přístrojů (tzv. tetrachlorové hasicí přístroje). Chemicky je vcelku málo reaktivní, s kyslíkem prakticky nereaguje, je proto nehořlavý. Za vysokých teplot (při požárech) však s kyslíkem reaguje za vzniku fosgenu a chloru: $2 \text{CCl}_4 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{COCl}_2 + 2 \text{Cl}_2$.

V České republice v současné době vyrábí fosgen Synthesia a.s. Pardubice – Semtín. Všechny fosgen vyrobený v provozu, který je součástí divize Organická chemie, je zpracováván na výrobu chlorformiátů (výroba pesticidů), isokyanátů (výroba pesticidů), substituované močoviny (výroba pesticidů a výbušných látek) a meziproduktů výroby barviv a organických pigmentů. Pro potřeby výroby fosgenu podnik Synthesia vyrábí vlastní oxid uhelnatý spalováním koksů se směsí kyslíku a oxidu uhličitého. Reakce oxidu uhelnatého s chlorem na aktivním uhlí (Supersorbon) probíhá při 140 °C a přetlaku 0,3 MPa. Optimální poměr pro chlor a oxid uhelnatý je 1:1,25. Vzniklý plynný fosgen se zkapaňuje v kondenzátorech chlazených na minus 20 °C. Kapalný fosgen (o zbytkovém obsahu chloru maximálně 0,2 %) je skladován v tlakových zásobnících s maximálním obsahem 3,2 tuny.

Pro produkci barviv je kapalný fosgen dopravován také v 500 kg sudech. V roce 1998 byla celá výroba fosgenu zmodernizována s použitím plně automatizované technologie švýcarské společnosti Buss, která není tak riziková, neboť se syntetizovaný fosgen nezkapalňuje a neskládá se, spotřebovává se přímo, kontinuálně v plynném skupenství.

Za první světové války byl použit jako bojový plyn. Hlavním cílovým orgánem jsou plíce. Fosgen dráždí kůži a zejména oči. Není známo, že by docházelo k systémové absorpci, při kontaktu s tkání probíhá ihned hydrolýza. Působením vody za normální teploty zvolna, za zvýšené teploty rychleji, hydrolyzuje za vzniku kyseliny chlorovodíkové a kyseliny uhličitě resp. oxidu uhličitěho:



Proces hydrolýzy je hlavní příčinou jedovatého účinku na lidský organizmus; ve styku s vlhkostí sliznic se podle uvedených rovnic rozkládá (případně může být rozkladným produktem také chlor). Rozkladné produkty reagují s volnými amino- skupinami ($-\text{NH}_2$), hydroxylovými ($-\text{OH}$) nebo sulfhydrylovými skupinami ($-\text{SH}$) v molekulách bílkovin v buněčných membránách. Oba efekty vedou k porušení membrán oddělujících v plicích vzduch od krve a v konečném důsledku ke vzniku plicního edému, který bývá příčinou smrti.

Koncentrace 500 až 800 ppm je smrtelná (LC_{50}) při expozici po dobu 1 minuty. Koncentrace 200 ppm může procházet přes bariéru vzduch-krev a způsobovat srážení krve. Koncentrace nad 50 ppm se považují za téměř jistě smrtelné. Při koncentracích 2 až 5 ppm se projeví příznaky otravy, dlouhé expozice mohou být životu nebezpečné. Koncentrace 0,5 ppm po dobu 2 hodin vyvolává u potkanů zřetelné změny v plicní tkáni.

Po expozici může být bezpříznakové období trvající 30 minut až 24 hodin. Pokud otrávený přežije 2 až 3 dny, je další prognóza dobrá. Zotavení po otravě bývá dlouhé, plná funkce plic se obnovuje řadu týdnů, úplné vyléčení trvá i několik let. Některé příznaky (kašel, dechová nedostatečnost) mohou i poté přetrvávat. Otrava fosgenem může zhoršit průběh pozdějšího onemocnění chřipkou.

7.2.5 Chlor

Chlor je za normálních podmínek zelenožlutý plyn s extrémně silným štiplavým zápachem. Jeho teplota varu je minus 34 °C, tání minus 101 °C a hustota $1,42 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, což znamená, že je mírně těžší než vzduch (hustota vzduchu je $1,29 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$). Jedná se o velmi reaktivní plyn, který je schopen oxidovat mnohé kovy již při pokojové teplotě. Co se týče rozpustnosti ve vodě, plynný chlor s vodou reaguje za vzniku chlorové vody, resp. rovnovážné směsi chloru, kyseliny chlorné a kyseliny chlorovodíkové. Ve vyšších koncentracích vzniká kyselina chlorovodíková rozpouštěním chlorovodíku ve vodě.

Chlor objevil v roce 1774, švédský chemik Carl Wilhelm Scheele (1742 až 1786). Název je odvozen od řeckého slova chloros (zelený). Přírodním zdrojem chloru je sopečná činnost. V sopečných plynech se ročně uvolní do ovzduší okolo 7,6 milionu tun chloru. Ještě významnější jsou antropogenní zdroje. Chlor má klíčovou roli ve výrobě syntetických chemikálií a plastů, zejména PVC, polyuretanů a polykarbonátů. Ve velkém množství se používá v papírenském průmyslu a jako dezinfekční prostředek k úpravě pitné vody. Jeho význam je tak velký, že na něj lze pohlížet jako na indikátor výkonnosti chemického průmyslu dané země.

Vyrábí se elektrolyzou vodného roztoku chloridu sodného – solanky, kdy se na anodě vylučuje chlor a na katodě sodík, který s vodou reaguje na hydroxid sodný a vodík. V zásadě se používají dva typy elektrolyzérů – se železnou a rtuťovou katodou, tzv. amalgámový způsob.

Chlor se zkapalňuje a plní do cisteren. Největší část produkce je určena na výrobu mezi-produktu PVC ethylen dichloridu, na výrobu organických a anorganických chemikálií a na výrobu papíru.

Za celou dobu 1. světové války vyrobily hlavní mocnosti 100 000 tun chloru. Za stejnou dobu (asi 4 roky) dnes tyto mocnosti vyrobí asi 100 miliónů tun, to je 1000krát více. Toto porovnání je významné při posuzování chloru nejen jako suroviny k výrobě bojových chemických látek, ale dokazuje, že chlor může být použit jako toxická látka přímo na bojišti (například informace z války v Bosně v polovině 90. let minulého století).



*Foto 145. Kapalný chlor.
[Zdroj: F-145]*



*Foto 146. Tuhý chlor při -150°C.
[Zdroj: F-146]*

V chemickém průmyslu je chlor velmi důležitou surovinou. Velmi hojně se využívá při výrobě mnoha běžných materiálů, např. polyvinylchloridu (PVC) a mnoha dalších organických hmot. Dále se využívá pro výrobu chloroformu, trichlorbenzenů, propylenoxidu a také fosgenu

a yperitu (chemické zbraně). Je také používán pro výrobu anorganických sloučenin a desinfekčních prostředků. Chlor či některé jeho sloučeniny se užívají k bělení buničiny, celulózy a papíru. Baktericidních vlastností chloru se využívá pro desinfekci pitné vody i vody v nádržích a bazénech určených pro rekreaci. Chlor (a jeho sloučeniny) je využíván v desinfekčních přípravcích, barvivech, insekticidech, lacích, rozpouštědlech, textilu či lékařství.

Dostane-li se chlor do životního prostředí kupříkladu v důsledku havárie, může bezprostředně popálit blízké rostliny, ale pak rychle zreaguje se vzdušnou vlhkostí na chlorovodík.

Chlor je velice nebezpečný a agresivní plyn. Jeho výhodou je velmi silný zápach, který je člověku patrný již při nízkých koncentracích. To varuje před blížícím se nebezpečím a umožňuje zasažený prostor urychleně opustit. Chlor může být do organismu vdechnut. Ihned reaguje s vlhkostí za vzniku agresivního chlorovodíku (a kyseliny chlorné). Proto nelze přesně odlišit dopady expozice chlorem a chlorovodíkem. U exponované osoby chlorem (resp. chlorovodíkem) se mohou projevit následující rizika a potíže:

- podráždění nosu, dýchacích cest, vznik trhlínek na dýchacích cestách, silné kašláni, krvácení z nosu a bolest na hrudi,
- dráždění plic, dušnost, tvorba tekutiny v plicích (edém) i nebezpečí udušení,
- popálení očí a kůže s nevratným poškozením.

Opakované expozice mohou nenávratně poškodit plíce a zuby a vyvolat vyrážky. V ČR platí následující limity: expozice 8 hodin PEL 8 mg.m⁻³ (přípustný expoziční limit) a krátkodobá expozice NPK-P 15 mg.m⁻³ (nejvyšší přípustná koncentrace – pracovní). Při emisích do ovzduší nad 10 000 kg ročně, platí povinnost hlášení do Integrovaného registru znečišťování (IRZ).

7.2.6 Chlorovodík

Kyselina chlorovodíková (neboli rozpuštěný chlorovodík) je čirá, nebo mírně nažloutlá kapalina. Její neutralizací vznikají chloridy. Plynný chlorovodík se projevuje velmi štiplavým agresivním zápachem. Jeho hustota činí 1,18 kg.m⁻³, je tudíž jen nepatrně lehčí než vzduch (1,29 kg.m⁻³). Je to velmi agresivní a korozivní plyn.

Již v roce 1658 prováděl německý chemik a lékař Johann Rudolf Glauber (1604 až 1668) pokusy s rozkladem solí a vypracoval postup výroby kyseliny chlorovodíkové. Plynný chlorovodík připravil a popsal v roce 1772 anglický chemik Joseph Priestley (1733 až 1804), když zahříval chlorid sodný s kyselinou sírovou.

Chlorovodík se vyrábí rozkladem chloridu sodného kyselinou sírovou (sulfátový způsob), nebo pokud je žádán vysoce čistý produkt, přímou syntézou chloru a vodíku. Při tomto způsobu, který získává v poslední době stále větší oblibu, se vysušený plynný chlor spaluje v pecích v proudu vodíku. Vzniklý chlorovodík se ochladí a zbaví vody (vymrazováním) a chloru.

Značná část chlorovodíku vzniká rovněž jako vedlejší produkt při chloraci organických látek, např. při výrobě alifatických a aromatických chlorovaných uhlovodíků, při výrobě iso-kyanátů reakcí aminů s fosgenem nebo při výrobě fluorovaných uhlovodíků konverzí chlorovaných uhlovodíků pomocí fluorovodíku (HF). Ročně se na celém světě vyrobí několik milionů tun chlorovodíku. Přebytečný chlorovodík se zpracovává na chlor a vodík. Množství odpadního chlorovodíku v organické chemii všeobecně převyšuje jeho spotřebu.

Chlorovodík je využíván pro hydrochloraci pryže, ve výrobě vinylchloridů a alkylchloridů, při oddělování bavlny od vlny a při čištění bavlny. Užívá se také pro leptání polovodičových krystalů a je meziproduktem v mnoha průmyslových výrobních procesech.

Kyselina chlorovodíková se užívá při moření povrchu oceli. Lze jí využít k odstranění koroze (oxidů železa) před dalším zpracováním oceli. Nejčastěji se k tomuto účelu využívá technická 18% kyselina chlorovodíková. Kyselina chlorovodíková je také užívána při výrobě polyaluminiumchloridu. Hojně je používána v elektrochemickém průmyslu při galvanizaci a výrobě baterií.

Další její využití je v organických chemických výrobcích, například polykarbonátů, aktivního uhlí a kyseliny askorbové. Dále je přítomna při výrobě ingrediencí a aditiv do jídla, aspartamu, fruktózy nebo kyseliny citronové. Kyselina chlorovodíková je látka přirozeně se vyskytující v trávicím traktu mnoha živočichů i člověka, kde se významným způsobem podílí na trávení přijímané potravy.

Chlorovodík je velmi korozivní látka, která napadá mnohé kovy a vápenec, což vede k narušení budov i kulturních památek. Plynný chlorovodík se velmi rychle rozpouští ve vodě (i ve vzdušné vlhkosti) za vzniku silné kyseliny chlorovodíkové, která je při vyšších koncentracích toxická pro vodní organismy a poškozuje také rostliny. Akutní ohrožení volně žijících živočichů a rostlin emisemi ze spalovacích procesů je však s výjimkou případných havárií nepravděpodobné.

Chlorovodík vznikající v atmosféře přispívá ke kyselosti dešťů tím, že se rozpouští ve vodních částicích mraků a způsobuje tak zvýšení kyselosti dešťové vody oproti normálu. Určité typy půd a jezer mohou být obzvláště citlivé na výskyt kyselých dešťů. Hlavní plyny podílející se na vzniku kyselých dešťů jsou oxid siřičitý a oxidy dusíku, ale i chlorovodík může hrát určitou roli. Tyto látky mohou být díky používání vysokých komínů rozptylujícími znečišťujícími látky vysoko v ovzduší transportovány atmosférickými proudy na vzdálenosti tisíců kilometrů.

U exponované osoby chlorovodíkem (resp. chlorem) se mohou projevit následující potíže:

- podráždění nosu, dýchacích cest, vznik trhlínek na dýchacích cestách, silné kašláni, krvácení z nosu a bolest na hrudi,
- dráždění plic, dušnost, tvorba tekutiny v plicích (edém) i nebezpečí udušení,
- popálení očí a kůže s nevratným poškozením.

Opakované expozice mohou nenávratně poškodit plíce a zuby a vyvolat vyrážky. V ČR platí následující limity: expozice 8 hodin PEL 8 mg.m⁻³ (přípustný expoziční limit) a krátkodobá expozice NPK-P 15 mg.m⁻³ (nejvyšší přípustná koncentrace – pracovní). Při emisích do ovzduší nad 10 000 kg ročně, platí povinnost hlášení do Integrovaného registru znečišťování (IRZ).

7.2.7 Chlorid fosforitý

Chlorid fosforitý je sloučenina fosforu a chloru se vzorcem PCl₃. Je nejvýznamnějším ze tří chloridů fosforu. Důležitý je hlavně pro chemický průmysl, používá se při výrobě organických sloučenin fosforu pro širokou škálu aplikací.

Chlorid fosforitý se používá k výrobě kyseliny fosforité, di- a triesterů kyseliny fosforité, kyseliny hydroxyethandifosfonové, chloridu fosforečného, trichloridu fosforylu, thiochloridu fosforu, chloridů alifatických kyselin, tenzidů a stabilizátorů. Uplatňuje ve výrobě organofosforových pesticidů (i výroba nervově paralytických bojových chemických látek), což má velký význam i z vojenského hlediska. Jeho výroba je založená na přímé syntéze bílého fosforu s plynným chlorem ($P_4 + 6 Cl_2 \rightarrow 4 PCl_3$).

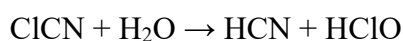
Lze jej připravit i působením plynného chlorovodíku na dimér oxidu fosforitého (P₄O₆). Technický chlorid fosforitý má čistotu větší než 99,7 % a neobsahuje elementární fosfor. Jeho světová spotřeba v roce 1979 činila 220 000 tun, z toho polovina ve Spojených státech. Zásoby fosfátové rudy se odhadují na 131 000 milionů tun, nejvíce v Maroku (42 000 milionů tun). Je prekurzorem jiných sloučenin fosforu, podléhá oxidaci na chlorid fosforečný (PCl₅), thiochlorid fosforečný (PSCl₃) nebo oxychlorid fosforečný (POCl₃). Při průchodu elektrického výboje směsí par PCl₃ a vodíku se tvoří vzácný chlorid fosforu, tetrachlordifosfan (P₂Cl₄). PCl₃ je toxický, v koncentraci 600 ppm usmrcuje už za několik minut. Evropská směrnice 67/548/EEC ho označuje jako vysoce toxický a žíravý. Hydrolýzou, a to i při kontaktu s kůží a sliznicemi (včetně dýchacího ústrojí a očí), vznikají kyseliny chlorovodíková, fosforečná a fosforitá. Výsledkem je silné podráždění, při vyšších koncentracích poleptání sliznic a kůže. Může se vyvinout plicní edém, někdy s prodlevou až 36 hodin. Při otravě se objevuje také mírná leukocytóza, neutrofilie a zvýšená sedimentace červených krvinek. Systémově se projevuje hyperfosfatáza, hypokalcémie a metabolická acidóza (výsledek vstřebání kyseliny fosforečné z rozkladu chloridu fosforečného).

V ČR platí následující limity: expozice 8 hodin PEL 1 mg.m⁻³ (přípustný expoziční limit) a krátkodobá expozice NPK-P 3 mg.m⁻³ (nejvyšší přípustná koncentrace – pracovní).

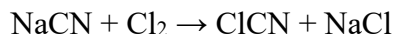
7.2.8 Chlorokyan

Chlorokyan (označení CK) je anorganická sloučenina se vzorcem NCCl. Tento lineární, tříatomový pseudohalogen je za běžných podmínek velmi snadno kondenzující bezbarvý plyn. Je rozpustný ve vodě, alkoholech a diethyletheru. Přestože se vzorec uvádí jako CNCl, molekula chlorokyanu je spojena v posloupnosti ClCN. Uhlík a chlor jsou spojeny jednoduchou vazbou, uhlík a dusík vazbou trojnou. Molekula je lineární, jako u příbuzných halogenokyanů (fluorokyan – NCF, bromokyan – NCB a jodokyan – CNI). Chlorokyan se vyrábí oxidací kyanidu sodného chlorem. Sloučenina v přítomnosti kyselin trimerizuje na heterocyklický 2,4,6-trichlor-1,3,5-triazin. Chlorokyan se používá pro organické syntézy.

Chlorokyan s vodou pomalu hydrolyzuje za uvolňování kyanovodíku:



Chlorcyan objevil v roce 1802 francouzský chemik Claude Louis Berthollet. Vzniká chlorací kyanovodíku ($\text{HCN} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{ClCN} + \text{HCl}$). Reakce probíhá přes meziproduct dikyan (CN)₂. Laboratorní i průmyslová výroba je založená na chloraci kyanidu sodného:



Chlorcyan je vysoce toxickým krevním jedem, kdysi se uvažovalo o použití jako chemická zbraň. Při kontaktu s očima a s dýchacími orgány způsobuje okamžitou otravu.

Mezi příznaky patří otupělost, rhinorrhea (tečení z nosu), bolesti v krku, kašel, schvácenost, nauzea, zvracení, edém, bezvědomí, křeče, paralýza a smrt. Chlorcyan je zvláště nebezpečný tím, že je podle amerických analytiků schopen procházet filtry ochranných masek. Je také nestabilní kvůli svému sklonu k polymerizaci, která někdy může probíhat i explozivně. Chlorcyan je uveden na Seznamu 3 Konvence o chemických zbraních. Veškerá výroba musí být hlášena Organizaci pro zákaz chemických zbraní (*Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons* – OPCW).

7.2.9 Kyanovodík

Kyanovodík je za normálních podmínek bezbarvá těkavá kapalina s teplotou varu 26,5 °C a s intenzivním pachem hořkých mandlí. Je slabou kyselinou, při rozpouštění ve vodě se částečně přeměňuje na kyanidový iont. Páry kyanovodíku jsou hořlavé a potenciálně výbušné. Soli kyanovodíku, kyanidy, jsou rovněž často využívány k různým účelům. Stačí pouze změna pH (okyselení) a uvolňuje se z nich kyanovodík. Proto nelze jednoznačně a striktně oddělit kyanovodík a jeho soli jako dvě samostatné látky.

V přírodě je kyanovodík obsažen v tzv. kyanogenních rostlinách, kde je vázán na cukr ve formě glykosidů, jako je amygdalin. Obsahují ho hořké mandle, pecky švestek, třešně, meruňka a broskví. Produkují je i některé houby (špička), které tak zamezují výskytu dalších druhů hub. Zajímavým zdrojem kyanovodíku je stonožka *Apheloria corrugata*, jež disponuje nitrilem kyseliny mandlové, který v případě ohrožení dokáže enzymaticky štěpit na benzaldehyd a kyanovodík. Ten pak v obraně vystřeluje na útočníka jako chemickou zbraň.

Významným zdrojem kyanovodíku je metalurgický průmysl. Uvolňuje se během činností, které zahrnují používání kyanovodíku nebo jeho solí. Jedná se o těžbu kovů (kyanidové loužení), hutnictví, galvanické pokovování, tvrzení kovů, zplyňování uhlí, koksárenství a využití kyanidových sloučenin jako kouřových desinfekčních prostředků.

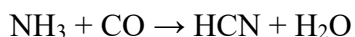
Kyanovodík vzniká při hoření plastů s obsahem dusíku – polyamidu (silon, nylon), polyuretanu (molitan), močovinoformaldehydové pryskyřice (umakart, lepidla, laky), akrylátbutylstyrenu (palubní desky automobilů), peroxyacetylnitrátu, vlny, peří, přírodního hedvábí atd. Proto se vysoké koncentrace HCN uvolňují při požárech obchodů s oděvy a koberci, při požárech interiérů automobilů a letadel i při každém bytovém požáru. Vznikat může také při spalování komunálního odpadu nebo na skládkách přeměnou kyanidových odpadů. Je obsažen i v tabákovém kouři a ve výfukových plynech automobilů. Uvolňuje se také při detonaci výbušnin, např. trinitrofenolu. Kyanovodík může vznikat i přirozenými procesy. Do atmosféry se může dostávat spalováním biomasy, vulkanickou činností a přirozenými biogenními procesy rostlin a bakterií.

V roce 1710 objevil berlínský chemik Johann Conrad Diesbach (1673 až 1734) komplexní sloučeninu železa s kyanidy (ferrokyanid železitý), která vešla ve známost pod názvem berlínská modř (v Německu) nebo pruská modř (v anglicky mluvících zemích). V roce 1782 Carl Wilhelm Scheele zahříváním berlínské modři s kyselinou sírovou, objevil kyanovodík a nazval jej „kyselinou berlínské modři“, dnešní německý název *Blausäure*.

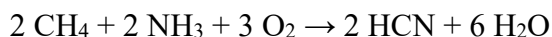
Chemické složení této toxické látky určil v roce 1786 Claude Louis Bertholleta strukturu popsal v roce 1811 francouzský chemik Joseph Louis Gay Lussac (1778 až 1850).

Hlavním využitím kyanovodíku je výroba organických chemikálií (např. akrylonitril, methylnmethakrylát, adiponitril), které se dále používají pro výrobu syntetických vláken a plastických hmot (např. akrylových pryskyřic). Kyanovodík je deratizačním a insekticidním prostředkem proti škůdcům a v organických syntézách. Je výchozím činidlem pro výrobu kyanidu sodného, kyseliny nitrilotrioctové, chelatačních činidel a dalších látek. Kyanovodík se dále využívá při různých průmyslových procesech (kalení oceli, barvení a při výrobě výbušnin). V galvanotechnice se při povrchové úpravě kovů používají kyanidové lázně – nádrže o objemu až 1 500 litrů, kde koncentrace kyanidových iontů dosahuje 45 až 90 g.l⁻¹. Koncentrace kyanidů v odpadové vodě je 40 až 60 mg.l⁻¹ v případě pozinkování nebo až 200 mg.l⁻¹ v případě pokadmiování. Kyanidy se používají pro extrakci zlata z rud, při těžbě stříbra, kobaltu nebo niklu. První závod s touto technologií byl založen v roce 1889 na Novém Zélandu (Crow Mine), počátkem dalšího století byl postup aplikován v Jižní Africe, Austrálii, Spojených státech, Mexiku a ve Francii. Na světě, včetně ČR se zejména zlato těží tímto způsobem.

Predigova metoda výroby kyanovodíku je založená na vedení směsi amoniaku a oxidu uhelnatého přes oxid hlinitý nebo oxid ceričitý jako katalyzátor při teplotě 500 až 700 °C:



Jiná metoda (Andrusovova) spočívá v katalytické oxidaci směsi methanu a amoniaku vzdušným kyslíkem na platinové síťce za vysokých teplot:



Kyanovodík lze připravit také termickým rozkladem formamidu, okyslením kyanidů, reakcí acetylénu s dusíkem, zahříváním chloroformu s amoniakem nebo reakcí kyanidu rtuťnatého se sulfanem. Výroba kyanovodíku a kyanidů je poměrně značná. Například v roce 1994 provozovalo 36 společností v USA, západní Evropě a v Japonsku celkem 44 zařízení na výrobu kyanovodíku s celkovou výrobní kapacitou více než milion tun. Rozhodující část, asi 80 %, se spotřebuje na výrobu organických látek, zbytek připadá na výrobu kyanidu sodného, z čehož 90 % se uplatní v důlním průmyslu. Největším světovým producentem kyanovodíku je společnost DuPont. Produkty na bázi kyanidů vyrábí i česká společnost LZ Draslovka v Kolíně, založená již roku 1906. Jejimi tradičními produkty jsou kyanid sodný (pro galvanotechniku a těžbu zlata) a desinsekční a deratizační prostředek URAGAN D2, který obsahuje pevný nosič s adsorbovaným kyanovodíkem podobně jako Zyklon B (koncentrační tábor).

Kyanovodík se vyskytuje ve vzduchu volně, v menším množství se může vázat na částice aerosolu. Poločas odstranění kyanovodíku z atmosféry je 1 až 3 roky. Atmosférickou depozicí se dostává do vody nebo půdy, kde se může přeměňovat na kyanidy. Většina kyanidů z povrchových vod časem odtéká ve formě kyanovodíku. Kyanidy v půdě mohou opět odtékat jako kyanovodík do ovzduší, mohou být vyplaveny vodou do hlubších vrstev nebo se mohou mikrobiální činností přeměnit na jiné formy. Ve vyšších koncentracích jsou kyanidy pro půdní organismy silně toxické. Kyanovodík je v různé míře toxický pro všechny organismy. Silně toxický je zvláště pro organismy vodní.

Do organismu proniká kyanovodík velmi rychle všemi cestami – sliznicemi, kůží i plíci. Kyanovodík může velmi lehce pronikat buněčnými membránami, neboť se při fyziologickém pH vyskytuje převážně v nedisociovaném stavu. Kyanidový iont má vysokou afinitu k železitým iontům. Po průniku do buňky velmi rychle reaguje s trojmocným železem enzymu cytochromoxidasy dýchacího řetězce v mitochondriích. Je tak zablokován přenos elektronu na molekulární kyslík, který pak nemůže být využit pro oxidační pochody.

Vzhledem k tomu, že tkáň nemohou zpracovávat kyslík, obsahuje i žilní krev mnoho oxyhemoglobinu a je tudíž světle červená. Barva kůže je proto růžová.

Kyanovodík patří k nejrychleji působícím jedům. Nejrychlejší je průběh otravy po inhalaci par kyanovodíku – smrt nastává v průběhu několika sekund. Při požití anorganických kyanidů se kyanovodík uvolňuje působením kyseliny chlorovodíkové v žaludku a první příznaky otravy se objeví po několika minutách. Po požití nitrilu nebo amygdalinu z rostlinných zdrojů se otrava začíná projevovat až po určité době latence – od čtvrt hodiny po hodinu. Smrtebnou dávkou kyanovodíku pro člověka je 50 mg, v případě kyanidu draselného 200 mg.

Otrava se začíná projevovat nejprve u tkání s největšími nároky na kyslík. Nejcitlivější je nervová tkáň – prvními příznaky při otravě kyanidy jsou únava, bolesti hlavy, hučení v uších a nevolnost. Po inhalaci kyanovodíku se rychle dostavuje závrať, zmatenost, křeče, zvracení, tachykardie, bezvědomí a bleskově dochází ke smrti zástavou dýchání. Smrt nastává jako důsledek nedostatku kyslíku v životně důležitých centrech v prodloužené míše. Nízké koncentrace kyanovodíku (20 až 40 mg.m⁻³) dráždí spojivky a dýchací cesty.

V ČR platí následující limity: expozice 8 hodin PEL 3 mg.m⁻³ (přípustný expoziční limit) a krátkodobá expozice NPK-P 10 mg.m⁻³ (nejvyšší přípustná koncentrace – pracovní). Při emisích do ovzduší nad 200 kg ročně, platí povinnost hlášení do Integrovaného registru znečišťování. Kyanovodík je velmi hořlavý a při koncentracích nad 5,5 % obj. je výbušný.

Terapeutický zásah při otravě kyanovodíkem musí být velice rychlý, aby léčba měla smysl. Je třeba rychle dodat dostatečné množství železitých iontů, aby se přerušila vazba kyanidů na cytochromoxidasu. Účinným je podání dusitanů, které oxidují železnatý iont hemoglobinu na železitý a obnovují tak funkci cytochromoxidasu. Terapeuticky podaná síra v podobě thiosíranu sodného umožní další detoxikaci kyanidů. Kyanidové ionty, které se pomalu uvolňují z kyanmethemoglobinu, se následně sloučí s thiosíranem sodným a vyloučí močí.

V terapii se pak nově využívá ještě vazby kyanidového iontu na hydroxykobalamin za vzniku vitamínu B12, stabilního komplexu kyanokobalaminu. Jde o léčbu bez rizika, problémem je spíše vysoká cena léku.

Vitamin B17 z přírodních zdrojů může uvolnit hydrolyzou předem neurčitelné množství volného kyanidu. Vitamin B17 byl poprvé objeven v roce 1974 lékařem a biochemikem dr. Krebsem, jr. Vitamin B17 je ve vodě rozpustná, v zásadě neškodná látka, označovaná jako přírodní chemoterapeutikum. Je obsažen ve více než 1 200 druzích rostlin, z nichž velká část je jedlých.

Vitamin B17 je znám pod jménem laetril (laetrile) či nitrilosid. Každý z těchto názvů označuje jednu a tutéž látku. Laetril je nehydrolyzovaná, purifikovaná forma amygdalinu. Tento vitamin je složen ze čtyř molekul vzájemně do sebe pevně propojených. Centrální molekulu vitamínu tvoří molekula kyanovodíku, stejně jako u vitamínu B12, neboli kyanokobalaminu. Dále je tento vitamin tvořen dvěma molekulami cukru a benzenovým řetězcem, případně acetonem.

Jak je všeobecně známo, nejvyšší koncentrace vitamínu B17 je obsažena v jádrech pecek běžných druhů ovoce jako jsou meruňky, broskve, švestky, třešně, višně, ryngle, špendlíky a dalších. Jádra pecek meruněk a broskví obsahují téměř 2 % vitamínu B17 ze své celkové hmotnosti. Jedinými druhy ovoce na severní polokouli, které neobsahují vitamin B17, jsou plody citrusů.



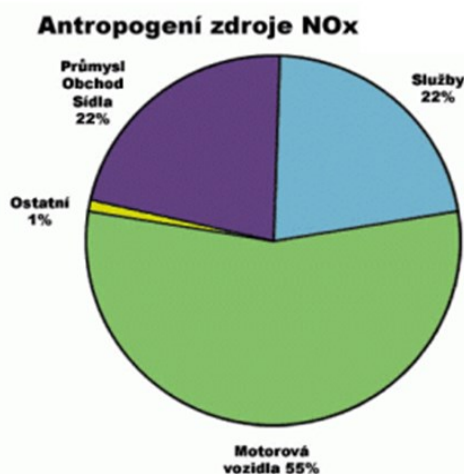
Obrázek 115. Vitamin B 17 jako alternativní léčba rakoviny. [Zdroj: O-115]

7.2.10 Oxidy dusíku

Skupina těchto látek zahrnuje širokou škálu oxidů dusíku. Mezi nejčastěji se vyskytující patří: oxid dusnatý (NO, bezbarvý plyn bez zápachu) a oxid dusičitý (NO₂, červenohnědý plyn štiplavého zápachu). Hustotami jsou oba nejvýznamnější oxidy dusíku srovnatelné se vzduchem. Dále do této skupiny patří oxid dusný (N₂O) známý jako „rajský plyn“ a používaný jako celkové inhalační anestetikum, oxid dusitý (N₂O₃), tetraoxid dusíku (N₂O₄) a oxid dusičitý (N₂O₅). Další oxidy dusíku se vyskytují v menších množstvích a nepředstavují významné riziko. Suma NO + NO₂ se běžně označuje jako NO_x, nebo nitrozní plyny. Nejvýznamnější jsou přírodní zdroje oxidů dusíku, např. biologická produkce NO asi 15krát převyšuje emise z průmyslových zdrojů a činí 455 milionů tun za rok. NO se oxidací vzdušným kyslíkem nebo ozónem v atmosféře mění na NO₂, který vzniká fotochemicky.

Obsah nitrozních plynů ve spalinách domácích topenišť se odhaduje na 0,002 % obj., v dýmových vlečkách průmyslových procesů na 0,5 % obj. a ve výfukových plynech automobilů na 0,005 až 0,3 % obj.. Tzv. fotochemický smog, vzniká fotolýzou oxidu dusičitého, přičemž se uvolňuje ozon, který reaguje s některými dalšími látkami v ovzduší na nežádoucí produkty. Produktem tohoto procesu je například pro lidský organismus značně toxický peroxyacetylitrát (PAN), vyskytující se ve smogu typu Los Angeles.

Oxidů dusíku, konkrétně oxidu dusičitého (NO₂) je využíváno jako meziprojektu ve výrobě kyseliny dusičné (HNO₃). Nejprve oxidací amoniaku za přítomnosti katalyzátorů (platina, rhodium, paladium) vzniká oxid dusnatý, který se dále v absorpčně-oxidačním zařízení oxiduje na oxid dusičitý. Tento se zavádí do zředěné kyseliny a poskytuje koncentrovanou kyselinu dusičnou. Oxid dusičitý je také používán v mnohých průmyslových procesech jako silné oxidační činidlo. Vzhledem k jeho oxidačním vlastnostem může být použit i v raketových palivech. Oxid dusnatý (NO) je využíván ve výrobě hydroxylaminu, který vzniká reakcí oxidu dusičitého s vodíkem v přítomnosti katalyzátoru.



Graf 4. Emise NO_x z antropogenních zdrojů.
[Zdroj: G-4]

Emise oxidů dusíku jsou dnes velmi závažným problémem hlavně díky tomu, že jsou spojeny se spalováním i ušlechtilých paliv (plyn, nafta) a biomasy. Emise oxidů dusíku mají navíc v dnešní době rostoucí charakter. Primárním zdrojem (vytvářejícím až 55 % antropogenních NO_x) jsou i přes využívání katalyzátorů motorová vozidla. Při spalování ušlechtilých paliv v motorech je dosahováno vysoké teploty hoření, a proto zde dochází k oxidaci vzdušného dusíku (N₂) na takzvané vysokoteplotní NO_x. Emise oxidů dusíku ze spalování vznikají ze tří důvodů a dle nich se nazývají palivové, vysokoteplotní a promptní.

Palivové NO_x – zdrojem těchto oxidů dusíku jsou paliva obsahující dusíkaté látky. Dusík je během hoření oxidován na oxidy dusíku a odchází společně s dalšími produkty hoření do ovzduší. Tento druh

oxidů dusíku může tvořit až 50 % z celkové produkce oxidů dusíku při spalování olejů (LTO) a až 80 % při spalování uhlí. Emise lze snížit či vyloučit používáním bezdusíkatých paliv.

Termické NO_x – vznikají z molekul N₂ obsažených ve vzduchu, který se účastní spalování. Vlivem vysoké teploty je tento atmosférický dusík rozštěpen a s přítomnými atomy kyslíku vznikají oxidy dusíku. Jejich množství je závislé na teplotě spalování a na době zdržení ve spalovacím prostoru. Emise proto lze snížit vhodným uspořádáním spalování.

Promptní NO_x – vznikají tak, že molekulární dusík je přeměňován přes meziproducty na NO na rozhraní plamene radikálovými reakcemi za přítomnosti uhlovodíků. Emise lze snížit obtížně, avšak jejich podíl je obvykle malý. Běžnou koncentrační situaci oxidu dusičitého nad Evropou ukazuje obrázek 116. Z obrázku je zřejmá souvislost emisí oxidů dusíku se silniční dopravou a průmyslovou činností, zejména energetikou. Proto na mapce nacházíme nejvyšší koncentrace v okolí měst (Paříž, Londýn, Madrid, Praha a další) a v průmyslových oblastech (Porýní, sever Itálie, Belgie a Nizozemí).

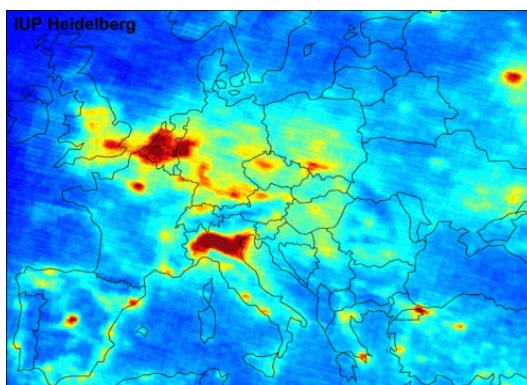
Mezi další možné antropogenní zdroje úniků oxidů dusíku je nutné zařadit veškeré chemické procesy, kde jsou tyto oxidy přítomny a kde může k jejich úniku dojít, například výroba kyseliny dusičné. Takové výroby jsou však dnes vybaveny účinným zařízením na odstranění oxidů dusíku z odpadních plynů. Situaci emisí z antropogenních zdrojů ukazuje Graf 4. Dále lze zmínit i přírodní zdroje jako jsou například biologické procesy v půdách, kde mikroorganismy v rámci svého životního cyklu produkují oxid dusný (N₂O) a dusík (N₂). Oxidy dusíku vznikají také oxidací vzdušného dusíku během výbojů v atmosféře (blesků).

Dusík jako je biogenní prvek, to znamená, že je v přiměřeném množství nezbytný pro růst rostlin. Je praxí, že je dodáván do půdy ve formě různých hnojiv pro podporu růstu plodin. Na druhou stranu ale oxidy dusíku jako NO a NO₂ ve vyšších koncentracích rostliny poškozují a mohou způsobit jejich větší náchylnost k negativním vlivům okolí jako je mráz či plísň.

Oxid dusičitý je společně s oxidy síry součástí takzvaných kyselých dešťů, které mají negativní vliv například na vegetaci a stavby a dále okyselují vodní plochy a toky. Důvodem je fakt, že oxidy dusíku v ovzduší postupně přecházejí na kyselinu dusičnou, která reaguje s prachovými částicemi a například s oxidy hořčíku a vápníku či s amoniakem za vzniku tuhých částic, které jsou z atmosféry odstraňovány jednak sedimentací a jednak vymýváním srážkovou činností. Je třeba zdůraznit, že množství dusíku, které se atmosférickou depozicí dostává do půd, již není zanedbatelné ve srovnání s množstvím z průmyslových hnojiv. Dusičnanové ionty, které jsou v zeminách a vodách přítomny, sice působí příznivě na růst rostlin, ale při vyšších koncentracích dochází i k úhynu ryb a nežádoucímu nárůstu vodních rostlin (tzv. eutrofizace vod).

Oxid dusičitý (NO₂) společně s kyslíkem a těkavými organickými látkami přispívá k tvorbě přízemního ozonu a vzniku tzv. fotochemického smogu. Vysoké koncentrace přízemního ozonu poškozují živé rostliny včetně mnohých zemědělských plodin. Oxid dusnatý (NO) je také jedním ze skleníkových plynů. Kumuluje se v atmosféře a společně s ostatními skleníkovými plyny absorbuje infračervené záření zemského povrchu, které by jinak uniklo do vesmírného prostoru, a přispívá tak ke vzniku tzv. skleníkového efektu a následně ke globálnímu oteplování planety. Jelikož atmosférická depozice je zdrojem dusíku i pro povrchové vody, je nutné o oxidech dusíku uvažovat i jako o látkách, které se mohou přeneseně promítnout do parametru „celkový dusík“, který má vliv zejména na vznik tzv. eutrofizace vod.

Oxidy dusíku mohou negativně působit na zdraví člověka především ve vyšších koncentracích, které se ovšem běžně v ovzduší nevyskytují. Vdechování vysokých koncentrací, nebo dokonce čistých plynů, ovšem vede k závažným zdravotním potížím a může způsobit i smrt.



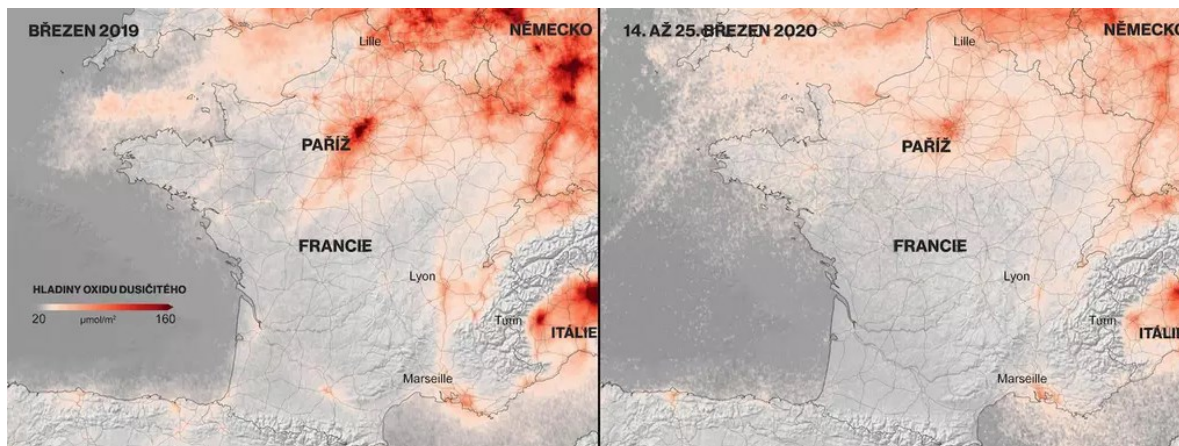
Obrázek 116. Rozložení koncentrace NO₂ v ovzduší nad Evropou (červená = zvýšená koncentrace). [Zdroj: O-116]

Předpokládá se, že se oxidy dusíku váží na krevní barvivo a zhoršují tak přenos kyslíku z plic do tkání. Některé náznaky ukazují, že oxidy dusíku mají určitou roli i při vzniku nádorových onemocnění. Vdechování vyšších koncentrací oxidů dusíku dráždí dýchací cesty.

Hlavní dopad oxidu dusného na životní prostředí spočívá v jeho schopnosti absorbovat infračervené záření zemského povrchu, čímž se řadí mezi tzv. skleníkové plyny, tedy látky podílející se na vzniku skleníkového efektu s důsledky v globálním oteplování Země. Jeho potenciál přispívat k intenzifikaci skleníkového efektu (tedy schopnost molekul absorbovat unikající infračervené záření zemského povrchu) je ve srovnání s nejvíce diskutovaným oxidem uhličitým zhruba 270 až 310 x vyšší. Ve velkých výškách (30 km) je fotochemicky rozkládán na dusík a kyslík. Malá jeho část (~10%) je však rozkládána na oxid dusnatý (NO). Součástí reakcí oxidu dusného jsou i reakce s ozonem, proto se řadí i mezi látky poškozující ozonovou vrstvu Země. Oproti oxidům dusíku (NO_x) se však jedná o látku považovanou za neškodnou. Jeho průměrné koncentrace v ovzduší se pohybují mezi $0,24 \times 10^{-4}$ až $0,29 \times 10^{-4}$ % obj..

Expozice vyšším koncentracím oxidu dusného může dráždit oči, nos a hltan s následným kašlem či dušností. Exponovaná osoba se může cítit malátně, unaveně a ospale. Vysoké koncentrace způsobují bezvědomí a velmi vysoké koncentrace mohou být smrtelné. Existuje podezření na teratogenitu (poškození vývoje plodu), zatím však bylo toto působení zjištěno pouze u zvířat. V běžném prostředí je však koncentrace oxidu dusného velice nízká a nepředstavuje prakticky žádné riziko.

Ačkoli to v době šíření koronaviru SARS-CoV-2 může znít paradoxně, leckde se obyvatelstvu v době pandemie dýchá lépe. Že pandemie koronaviru má pozitivní dopad na životní prostředí, ukázala nedávno i Evropská kosmická agentura (ESA), která zveřejnila satelitní snímky zemí Evropy, podle kterých se v nich v březnu během pár dní viditelně zlepšilo ovzduší. V porovnání se situací před rokem významně klesly hodnoty oxidu dusičitého (NO₂), který produkují zejména automobily a těžký průmysl.

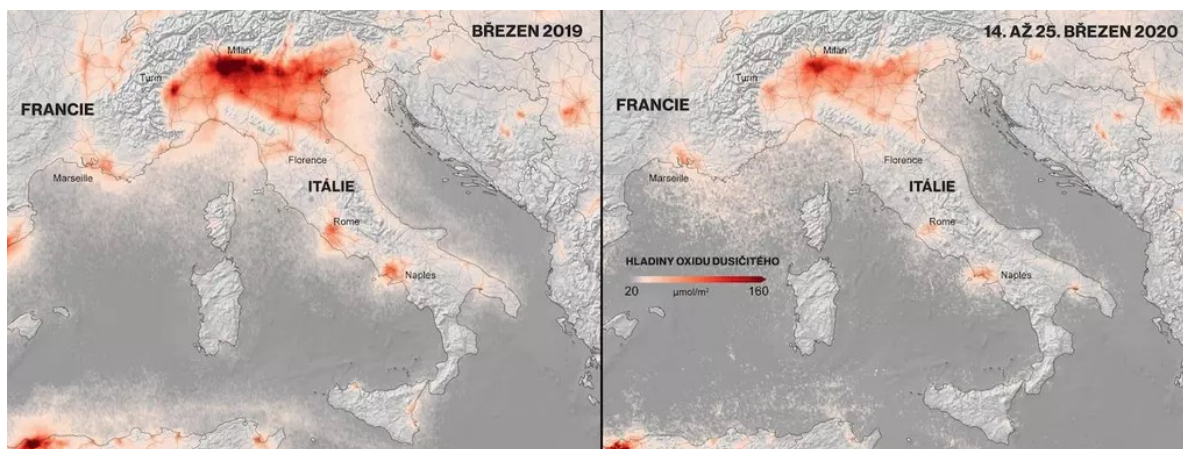


Obrázek 117. Vývoj koncentrace oxidu dusičitého nad Francií. Foto: contains modified Copernicus Sentinel data (2019-20), processed by KNMI/ESA. [Zdroj: O-117]

Data z družice Copernicus ukázala značné snížení koncentrace oxidu dusičitého nad Francií, Itálií, Španělskem, Portugalskem, částečně i Německem, státy Beneluxu a zeměmi na pobřeží Jadranu. Nové obrázky jasně ilustrují výrazné snížení koncentrace oxidu dusičitého ve velkých městech – konkrétně zejména v Miláně a Paříži. Podle ESA něco takového lze pozorovat i nad Madridem. Snímky zachycují období od 14. do 25. března, pro porovnání vědci využili stejný typ snímků z loňského celého března.

Satelit pořídil i únorové snímky nad Čínou, kde se též zlepšilo ovzduší – podle ESA rovněž z důvodu protikoronavirových opatření, kdy byla přerušena výroba v továrnách a utlumena veškerá doprava.

„Koncentrace oxidu dusičitého se mění ze dne na den kvůli změnám počasí. Závěry nelze vyvodit pouze z jednodenních údajů,“ uvedl Henk Eskes z Královského nizozemského meteorologického ústavu (KNMI) s tím, že za 10 dní monitorování už lze jasně ukázat dopad změn v důsledku lidské činnosti.



Obrázek 118. Vývoj koncentrace oxidu dusičitého nad Itálií. Foto: contains modified Copernicus Sentinel data (2019-20), processed by KNMI/ESA. [Zdroj: O-118]

Se znečištěním podle některých vědců může souviset i jeho dopad na lidskou populaci. Podle Italských expertů se v prašném prostředí nový typ koronaviru může lépe šířit, podle americké studie zase hrozí nakaženým lidem větší riziko úmrtí, jestliže před pandemií dlouhodobě žili v oblasti s horší kvalitou vzduchu.

V ČR platí pro oxidy dusíku následující limity: expozice 8 hodin PEL $10 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (přípustný expoziční limit) a krátkodobá expozice NPK-Pje $20 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (nejvyšší přípustná koncentrace – pracovní), pro oxid dusný PEL – $180 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, NPK-P je $360 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Při emisích do ovzduší nad 100 000 kg ročně oxidů dusíku, nebo 10 000 kg ročně oxidu dusného platí povinnost hlášení do Integrovaného registru znečišťování (IRZ).

7.2.11 Oxidy síry

Do této skupiny látek patří oxid siřičitý (SO_2) a oxid sírový (SO_3). Oxid siřičitý je bezbarvý štiplavý plyn s teplotou varu minus $10,2 \text{ }^\circ\text{C}$. Je nehořlavý a rozpouští se ve vodě za vzniku kyselého roztoku, přičemž jeho rozpustnost je závislá na teplotě: při $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ činí $113 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$, zatímco při $0 \text{ }^\circ\text{C}$ již $228 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$. Oxid sírový je meziproduktem při výrobě kyseliny sírové a jedná se o tuhou nebo kapalnou látku dobře rozpustnou ve vodě za vzniku kyseliny sírové.

Jednou z významných vlastností oxidu siřičitého je schopnost působit jako redukční činidlo. Proto je využíván v mnoha aplikacích, jako je například ochrana dřeva. V potravinářství je využíváno oxidu siřičitého jako konzervačního prostředku v alkoholických nápojích a sušeném ovoci. Primárním místem výskytu oxidu siřičitého je ale průmysl výroby kyseliny sírové, kde je využíván ve velkých množstvích. Kapalným oxidem siřičitým byl v minulosti využíván k rafinaci ropných produktů. Plynný byl využíván jako ochranná atmosféra zabráňující oxidaci při tavení hořčíku, avšak byl nahrazen fluoridem sírovým. Oxid siřičitý se používá při výrobě ultramarínu, při bělení vlny, tkanin, papíru, při dezinfekci nádob a v zemědělství jako fungicidní prostředek.

Vyrábí se spalováním čisté síry, pražením sulfidových rud (pyritu, chalkopyritu, galenitu a sfaleritu), spalováním síry zachycené na plynárenské čistící látce a z odpadové kyseliny sírové. U nás se nejčastěji používá spalování elementární síry – je dražší, ale vysoce účinný.

Obsah oxidu siřičitého v ovzduší je důležitým faktorem hygienické vhodnosti prostředí a indikátorem jeho celkového znečištění. Do ovzduší se dostává zejména ze spalovacích procesů při výrobě tepla a energie. Při spalování tuhých paliv asi 95 % přítomné síry přechází na SO₂, u kapalných paliv je to prakticky 100 %. Oxid siřičitý je ve spalinách částečně oxidován na SO₃. V kouřových plynech z elektráren před odsiřením dosahuje poměr SO₃/SO₂ 1/40 až 1/80. Mnohdy lze ale použít účinná odsiřovací zařízení či jiné technologie, které mohou u některých zdrojů emise oxidů síry omezit nebo dokonce prakticky zcela zlikvidovat. Hlavní význam mají emise oxidu siřičitého, protože oxidu sírového se ve spalinách běžně nachází jen asi 2 % (z celkového obsahu sloučenin síry). Oxid sírový v ovzduší následně vzniká oxidací oxidu siřičitého UV zářením. Mezi největší domácí zdroje znečištění patří tepelné elektrárny, které v 80. letech produkovaly jednotlivě až 100 000 tun oxidu siřičitého ročně (Tušimice, Pruněrov, Počerady, Tisová, palivový kombinát Vřesová). Výsledkem vysokých hodnot emisí těchto zdrojů byl kromě jiného souvislý pás od Chomutova po Hřensko s koncentrací SO₂ kolem 100 µg.m⁻³ se všemi z toho plynoucími důsledky. Objektivně však vzhledem k velikému počtu různých zdrojů mají emise v průmyslových a urbanizovaných oblastech plošný charakter. Mezi přírodní zdroje můžeme zařadit vulkanickou činnost a přirozené lesní požáry.

Koncentrace oxidu sírového jsou v ovzduší obvykle podstatně menší než koncentrace oxidu siřičitého. Oxid siřičitý může způsobovat širokou škálu negativních dopadů jak na životní prostředí, tak na zdraví člověka. Během určité doby v ovzduší přechází fotochemickou nebo katalytickou reakcí na oxid sírový, který je hydratován vzdušnou vlhkostí na aerosol kyseliny sírové. Rychlost oxidace závisí na povětrnostních podmínkách, teplotě, slunečním svitu, přítomnosti katalyzujících částic atd. Běžně se během jedné hodiny odstraní 0,1 až 2 % přítomného SO₂. Kyselina sírová může reagovat s alkalickými částicemi prašného aerosolu za vzniku síranů. Síran se usazuje na zemský povrch nebo jsou z ovzduší vymývány srážkami. Při nedostatku alkalických částic v ovzduší dochází k okyselení srážkových vod až na pH < 4.

Tímto způsobem oxidy síry společně s oxidy dusíku tvoří takzvané kyselé deště. Ty pak mohou být větrem transportovány na velké vzdálenosti a způsobit značná poškození lesních porostů i průmyslových plodin, uvolňují z půdy kovové ionty, poškozují mikroorganismy, znehodnocují vodu a mohou způsobit úhyn ryb.

Oxidy síry byly podstatnou příčinou vzniku tzv. smogu „londýnského typu“. Kyselé deště poškozují stavby tím, že postupně při delších expozicích rozpouštějí některé druhy zdiva.

Při běžných koncentracích kolem 0,1 mg.m⁻³ oxid siřičitý dráždí oči a horní cesty dýchací. Při koncentraci 0,25 mg.m⁻³ dochází ke zvýšení respirační nemocnosti u citlivých dospělých i dětí. Koncentrace 0,5 mg.m⁻³ vede k vzestupu úmrtnosti u starých chronicky nemocných lidí. Významně ohroženou skupinou lidí jsou především astmatici, kteří bývají na působení oxidů síry velmi citliví. Při kontaktu s vyššími koncentracemi oxidu siřičitého (SO₂) dochází u exponované osoby zejména k následujícím konkrétním projevům:

- poškození očí,
- poškození dýchacích orgánů (kašlán, ztížení dechu),
- při velmi vysokých koncentracích tvorba tekutiny v plicích (edém).

Opakovaná expozice způsobuje ztrátu čichu, bolesti hlavy, nevolnost a závratě. Účinky oxidu sírového, který se v ovzduší nachází v menší koncentraci, jsou v podstatě účinky aerosolu kyseliny sírové, jejíž dráždivé účinky na dýchací orgány jsou ještě nepříznivější než u oxidu siřičitého.

V ČR platí pro oxid sírový limity: expozice 8 hodin PEL 1 mg.m⁻³ (přípustný expoziční limit) a krátkodobá expozice NPK-P 2 mg.m⁻³ (nejvyšší přípustná koncentrace – pracovní), pro oxid siřičitý PEL 5 mg.m⁻³ a krátkodobá expozice NPK-P 10 mg.m⁻³.

Při emisích do ovzduší nad 150 000 kg ročně, platí povinnost hlášení do Integrovaného registru znečišťování (IRZ).

7.2.12 Oxid uhelnatý

Oxid uhelnatý je hořlavý a prudce jedovatý bezbarvý plyn s teplotou varu minus 192 °C bez zápachu, který je hlavním produktem nedokonalého spalování materiálů s obsahem uhlíku. Je hmotností srovnatelný se vzduchem (hustota je 1,25 kg.m⁻³ oproti 1,29 kg.m⁻³ vzduchu při 101,325 kPa a 20 °C).

Oxid uhelnatý, který objevil Joseph Priestley, je nejrozšířenější jed, má na svědomí nejvyšší počet otrav včetně smrtelných. Vzniká hořením uhlíku v soustavě s nedostatkem kyslíku (podstatou reakce jeho vzniku je redukce oxidu uhličitého).

Laboratorně se připravuje např. rozkladem kyseliny mravenčí nebo kyseliny šťavelové koncentrovanou kyselinou sírovou. Je obsažen v četných plynech, běžně používaných v energetice a v důlním průmyslu: kouřové plyny (1 až 36 % CO podle rychlosti hoření), svítíplyn (4 až 11 %), koksárenské plyny (7 %), generátorový plyn (27 až 29 %), dřevoplyn (28 %), vodní plyn (37 až 39 %), kychtové plyny 25 až 30 %, výfukové plyny motorů (4 až 8 %), plyny po výbuchu dynamitu (28 %), plyny po výbuchu trinitrotoluenu (až 60 %) nebo plyny při výrobě karbidu vápenatého (60 až 70 %).

Generátorový plyn se vyrábí v šachtových pecích (generátorech), v nichž se přes několik metrů tlustou vrstvu koksu zesodu vhnání vzduch ($2\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}$). Pokud se do generátoru s rozžhaveným koksem vhnání vodní pára, vzniká směs CO s vodíkem, označovaná jako vodní plyn ($\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$). Oxid uhelnatý vzniká také účinkem vodní páry na zemní plyn nebo naftu případně parciální oxidací těžkého topného oleje (tzv. parní reforming), kdy vzniká syntézní plyn (synplyn).

Reaktivity oxidu uhelnatého se využívá v hutnictví při rafinaci kovového niklu. Nikl tvoří s oxidem uhelnatým těkavou látku zvanou karbonyl niklu, který se ochotně rozkládá zpět na nikl a oxid uhelnatý. Právě na této reakci je rafinace založena. Oxid uhelnatý se dále používá při výrobě některých chemikálií. Hlavní metoda průmyslové výroby kyseliny octové je založena na reakci oxidu uhelnatého a methanolu.

Oxid uhelnatý v atmosféře reaguje fotochemickými reakcemi s jinými látkami, zejména s hydroxylovým radikálem, čímž se rozkládá, avšak na druhou stranu tyto reakce zvyšují koncentrace methanu a především škodlivého přízemního ozonu v ovzduší (fotochemický smog). Konečným produktem reakcí oxidu uhelnatého je oxid uhličitý. Doba setrvání oxidu uhelnatého v ovzduší se odhaduje na 36 až 110 dní. V konečném důsledku je možné oxid uhelnatý díky jeho přeměně na oxid uhličitý označit rovněž jako skleníkový plyn (tedy plyn přispívající k intenzifikaci skleníkového efektu a následně k oteplování planety).

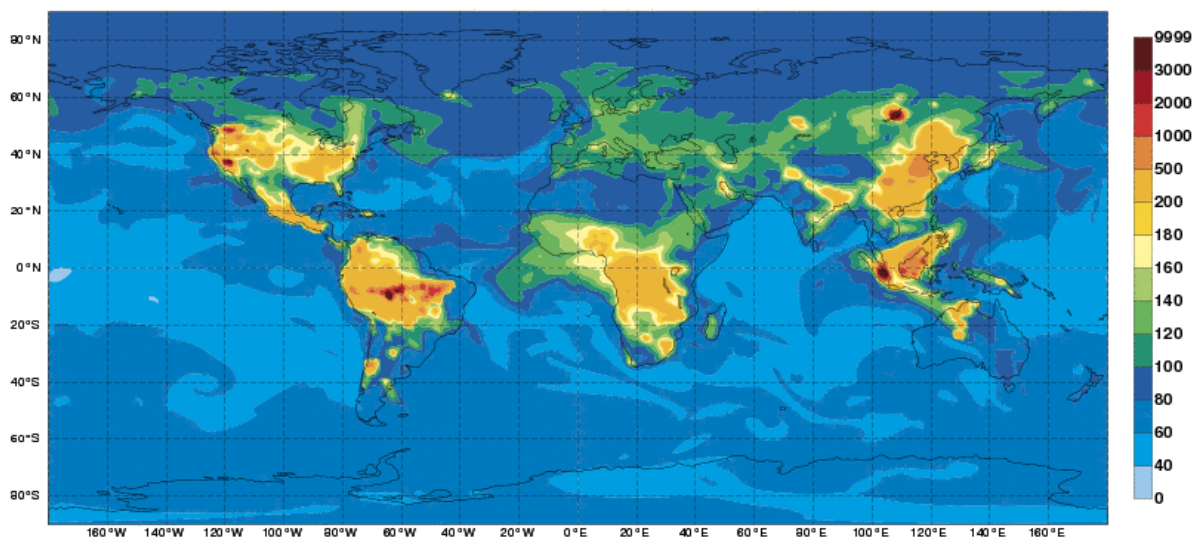
V minulosti byl podstatným zdrojem oxidu uhelnatého tzv. svítíplyn, který se od 19. století používal běžně na svícení, vytápění a vaření. Znám byl také pod názvem městský plyn. Vyráběl se reakcí rozžhaveného koksu s vodní párou a byl tvořen směsí vodíku a oxidu uhelnatého. Svítíplyn byl díky přítomnému oxidu uhelnatému jedovatý. V současné době je nahrazen plynem zemním. Znám je rovněž výraz dřevoplyn, který vzniká nedokonalým spálením dřeva a obsahuje rovněž především oxid uhelnatý.

Koncentrace oxidu uhelnatého v přirozeném ovzduší je asi 0,1 až 0,2 mg.m⁻³ a v dlouhodobém horizontu vykazuje slabý vzestup. Oxid uhelnatý je z ovzduší kromě zmíněné oxidace na oxid uhličitý přirozeně odstraňován i některými druhy půdních bakterií a rostlin.

Oxid uhelnatý je v malé míře rovněž absorbován oceány, jeho rozpustnost ve vodě činí přibližně 26 mg.l^{-1} . Na obrázku 119 je pro zajímavost znázorněn satelitní snímek Země s obsahy oxidu uhelnatého ve spodních vrstvách atmosféry pořízený geografickým satelitem v rámci monitorování ovzduší projektu EU – Copernicus.

Oxid uhelnatý vstupuje vdechováním (plicními sklípky) do krevního oběhu, kde se váže na krevní barvivo hemoglobin silněji než kyslík, který má být prostřednictvím hemoglobinu transportován organismem do orgánů a tkání. Malé koncentrace oxidu uhelnatého, které se mohou vyskytovat i běžně v ovzduší například ve městech, mohou způsobit vážné zdravotní potíže zejména lidem trpícím kardiovaskulárními chorobami (angina pectoris). Delší expozice zvýšeným koncentracím oxidu uhelnatého ($>100 \text{ mg.m}^{-3}$) v ovzduší může i zdravým lidem přinášet různé potíže jako sníženou pracovní výkonnost, sníženou manuální zručnost, zhoršenou schopnost studia a potíže s vykonáváním složitějších úkolů. V těhotenství může expozice malými dávkami oxidu uhličitého způsobit nižší porodní váhu novorozence. Při vyšších koncentracích je oxid uhelnatý přímo jedovatý. Otrava se projevuje hnědočerveným zabarvením kůže, následuje kóma, křeče a smrt.

Thursday 20 August 2015 00UTC MACC Forecast t+036 VT: Friday 21 August 2015 12UTC
Surface Carbon Monoxide [ppbv]



Obrázek 119. Obsah oxidu uhelnatého ve spodních vrstvách atmosféry. [Zdroj: O-119]

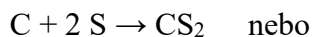
Poznámka: 1 ppbv (1 ppb volume) označuje jednu objemovou část v miliardě (10^9)

V ČR platí následující limity: expozice 8 hodin PEL 30 mg.m^{-3} (přípustný expoziční limit) a krátkodobá expozice NPK-P 10 mg.m^{-3} (nejvyšší přípustná koncentrace – pracovní). Při emisích do ovzduší nad 500 000 kg ročně, platí povinnost hlášení do Integrovaného registru znečišťování (IRZ).

Produkce průmyslových zplodin už v roce 2010 narostla na úroveň, která výrazně překonala nejhorší scénář, před nímž varovali vědci při Mezivládním panelu pro klimatické změny (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC). V roce 2013 nárůst pokračoval a podíl oxidu uhličitého se zvýšil o dvě částice z předchozích 390,9 částice CO_2 v milionu částic atmosféry. Hodnoty CO_2 v atmosféře jsou podle Světové meteorologické organizace (WMO) na 140 procentech úrovně z preindustriální éry první poloviny 18. století. V posledních 260 letech bylo do atmosféry uvolněno na 375 miliard tun plynu. Tyto miliardy tun CO_2 navíc v atmosféře zůstanou po celá staletí a budou způsobovat pokračující oteplování naší planety a mít dopad na všechny aspekty života na Zemi. Kromě CO_2 jsou významnými skleníkovými plyny například metan či oxid dusný, také jejich hodnoty podle zprávy překonaly rekordy.

7.2.13 Sirouhlík

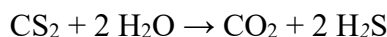
Sirouhlík je sloučeninou uhlíku a síry. Jeho vzorec je CS₂. Nazývá se také sulfid uhličitý. Sirouhlík je základní látkou chemického průmyslu, která se používá při výrobě chloridu uhličitého, viskózních vláken, celofánu, gumárenských chemikálií, pesticidů apod. V České republice se nevyrábí, dováží se ze zahraničí. Jeho výroba je založená na přímé syntéze síry a uhlíku (vedením par síry přes rozžhavený uhlík),



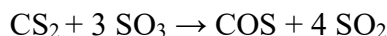
na reakci methanu a síry (CH₄ + 2 S₂ → CS₂ + 2 H₂S) nebo ze sirných par a polokoksu na fluidní vrstvě. Moderní výroby sirouhlíku vycházejí ze zemního plynu. Čistí se destilací a odpadní sulfan se zpracovává Clausovým procesem na síru.

Sirouhlík je za normálních podmínek bezbarvá kapalina, s vůní po etheru. Komerčně dostupný sirouhlík má silný zápach, který je způsoben nečistotami, nejčastěji karbonylsulfidem a fosfanem. Na světle žlutne. Je to jedovatá hořlavina. Je to výborné rozpouštědlo síry, fosforu a jodu. Jelikož je jedovatý a toxický, je při práci s ním zapotřebí opatrnosti. Používá se jako rozpouštědlo organických látek.

S vodou sirouhlík reaguje až za zvýšené teploty:



S oxidem sírovým reaguje za vzniku sulfidu karbonylu:



Páry se vzduchem vytvářejí třaskavou směs v širokém rozsahu koncentrací (od 1 do 60 % obj.). Jde o nervový jed (bolesti hlavy, psychické poruchy, delirantní stavy, zrakové halucinace, bezvědomí a smrt). Chronické otravy snižují chuť k jídlu, typická je bledost, poruchy spánku, neurózy a celkové postižení centrální nervové soustavy (CNS). Typickým syndromem je oslabení paměti. Nadýchání ve vysoké koncentraci způsobuje narkózu.

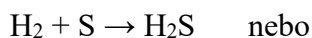
Využívá se při výrobě viskózy, celofánu, kaučuku apod. Rozsah výroby a spotřeby sirouhlíku ve světě je značný, v roce 1979 to bylo (bez Číny) více než 1,7 milionů tun. V roce 2002 bylo v USA celkem vyrobeno 94 000 tun sirouhlíku (při roční kapacitě amerických podniků 159 000 tun, jedná se o společnosti Akzo Chemicals, Atochem North America a PPG Industries). Tentýž rok USA dovezly 1 800 tun a vyvezly 14 500 tun sirouhlíku. Z vyrobeného množství připadlo 40 % na výrobu umělých vláken, 18 % na výrobu chemických přípravků pro ošetřování zemědělských kultur, 16 % v gumárenském průmyslu, 12 % na výrobu celofánu a regenerované celulózy (14 % na jiné účely). Za dobu jednoho roku bylo do prostředí v USA uvolněno 42 200 tun sirouhlíku, z toho celých 99,2 % do atmosféry. V ČR platí následující limity: expozice 8 hodin PEL 10 mg.m⁻³ (přípustný expoziční limit) a krátkodobá expozice NPK-P 20 mg.m⁻³ (nejvyšší přípustná koncentrace – pracovní).

7.2.14 Sulfan (sirovodík)

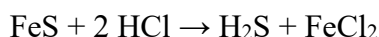
Sulfan (sirovodík, H₂S) je bezbarvý plyn zapáchající po zkažených vejcích. Je těžší než vzduch a snadno se zkapalňuje. Je to nejstálější a nejdůležitější sloučenina síry a vodíku. Je prvním členem homologické řady sulfanů. Obecný vzorec sloučenin je H₂S_n, takže např. vzorec disulfanu je H₂S₂, trisulfanu H₂S₃ atd. Soli odpovídajících kyselin se nazývají polysulfidy. Sulfan, jehož strukturu popsal v roce 1796 Claude Louis Berthollet, je hlavním zdrojem síry v atmosféře, do které se dostává z vulkanické činnosti, v důsledku biologických procesů rozpadu organické hmoty a emisí při zpracovávání ropy, uhlí, celulózy a výrobě papíru, nebo při výrobě viskózních vláken.

Celkový roční odhad emisí sulfanu je více než 100 milionů tun. V ovzduší se sulfan mění vlivem kyslíku, vlhkosti a slunečního záření na oxid siřičitý, oxid sírový a kyselinu sírovou.

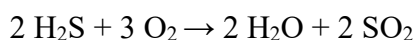
Sulfan se průmyslově vyrábí nejčastěji přímou syntézou síry s vodíkem při 350 °C a za přítomnosti katalyzátorů (oxidy Co, Mo na oxidu hlinitém):



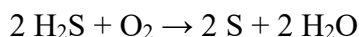
laboratorně reakcí sulfidů (např. FeS – sulfid železnatý, pyrit) s minerálními kyselinami. Takto vyrobený sulfan je výchozí látkou pro výrobu hydrogensulfidu a sulfidu sodného a organických siřných sloučenin jako thiofenů a thiolů.



Je dobře rozpustný v různých kapalinách včetně vody a alkoholu. Rozpouštěním ve vodě vzniká kyselina sulfanová, dříve nazývaná sirovodíková se stejným vzorcem jako sulfan. Je to slabá kyselina, tvoří soli dvojího typu – sulfidy (S^{2-}) a hydrogensulfidy (HS^-). V bakteriích, které žijí v sopkách, nahrazuje při fotosyntéze vodu a vzniká tak pevná síra, kterou bakterie vylučují pod sebe. Rozlišujeme dva druhy spalování sulfanu, máme tzv. spalování dokonalé tj. za dostatečného přístupu vzduchu a spalování nedokonalé tj. za nedostatečného přístupu vzduchu. Dokonalým spalováním sulfanu vzniká oxid siřičitý a voda:



Při nedokonalém spalování vzniká síra a voda:



V analytické chemii se sulfan používá jako činidlo. Lze jím totiž vysrážet nerozpustné sulfidy kovů (například sulfid olovnatý) a dokázat tak přítomnost daných kovových kationtů. Sulfan se používá v analytické chemii pro analýzu iontů kovů. Dále se používá v hutnictví pro přípravu kovových sulfidů. Své uplatnění má i při přípravě olejových doplňků a v organické syntéze. Používá se i při zpracovávání deuteria, což je jeden ze tří izotopů vodíku.

Sulfan je prudce jedovatý, i v menších dávkách může způsobit smrtelné otravy (včetně okamžité smrti bez morfologických změn). Jeho účinky jsou podobné jako u kyanovodíku. Obě látky inhibují enzym cytochrom C oxidázu a brání tak tkáním využívat kyslík. To se projevuje především v CNS paralyzou dýchacího centra.

Sulfan má dráždivý i dusivý účinek. Dráždí dýchací ústrojí a oči (podráždění se objevuje při dlouhodobější expozici již u koncentrací 10,5 až 21,0 ppm). V očích způsobuje keratokonjunktivitidu, podráždění dýchacího traktu je největší v jeho dolní části, může vést k edému plic. Při koncentracích 1 000 až 2 000 ppm se sulfan rychle vstřebává do krve a způsobuje nejprve zrychlené dýchání, které je později vystřídáno zástavou dechu. Vyšší koncentrace okamžitě paralyzují dýchací centrum. To bez resuscitace (případně spontánní obnovy dýchání) vede ke smrti udušením.

Při koncentracích 100 až 1000 ppm je příčinou smrti edém plic. Čichem jsou rozpoznatelné již koncentrace 0,0005 až 0,13 ppm (podle individuální citlivosti), nicméně vysoké koncentrace rychle paralyzují čichové buňky, proto zápach plynu ztrácí svoji varovnou funkci.



Foto 147. Masivní erupce plynů sirovodíku (H_2S) vyfotografována z raketoplánu v prosinci 1985 u pobřeží Namibie. [Zdroj: F-147]

Sirovodík patří spolu s oxidem dusnatým a oxidem uhelnatým k tzv. gasotransmitterům. Sirovodík proto působí (jako oxid dusnatý) jako relaxans na hladkosvalové buňky ve stěnách cév (vasorelaxační účinek). Dobře patrný byl i jeho vliv na uvolnění napětí hladké svaloviny trávicího traktu (myorelaxační účinek).

Sirovodík zlepšuje prokrvení penisu, přežití při infarktu a ztrátě krve, může léčit poruchy erekce, některé typy migrén a různé srdečně cévní obtíže nebo pomáhat při jejich prevenci. Problémem pro humánní využití je relativně vysoká toxicita plynu pro člověka – na rozdíl od některých laboratorních zvířat, která jej snáší relativně lépe.

7.3 Průmyslové toxické látky jako bojové chemické látky

7.3.1 Období první světové války

Chlor, fosgen a kyanovodík

Mezi průmyslovými toxickými látkami a bojovými chemickými látkami, v zásadě není ostrá dělicí čára. Řada průmyslových toxických látek totiž splňovala a dodnes splňuje základní požadavky kladené na bojové chemické látky, a to zejména požadavky na toxicitu, masovou výrobu a snadnost válečné aplikace.



Foto 148. Plynový útok na německé jednotky (západní fronta, nedaleko St. Quentin 1918. [Zdroj: F-148]

Ačkoli existuje všeobecné mínění, že v 1. světové válce byl bojový plyn použit poprvé Němci, není to tak. Bojové plyny použily všechny hlavní válčící mocnosti. V období od srpna 1914 do jara 1915 byly sporadicky použity bez většího efektu dráždivé látky. Na západní frontě použila francouzská armáda v srpnu 1914 v puškových nábojích ráže 26mm s obsahem 19 ml *ethylbromacetát* a *xylylbromid*. Němci na oplátku použily 2. října 1914 u města Nueve-Chapelle dělostřelectvem *o-dianisidin*, když 3 000 granáty ráže 105 mm (Ni-schrapnell) zasypaly francouzské postavení. Francouzská

odpověď přišla v listopadu 1914, když v ručních a puškových granátech použila *chloraceton*.

Na východní frontě byl slzný plyn v nových německých granátech ráže 150 mm označených 12T použit 31. ledna 1915 v bitvě u Bolimova 50 km na západ od Varšavy. I když bylo německou stranou vystřeleno 18 000 ks houfnicových nábojů obsahujících směs *xylyl- a xylylen- bromid*, bylo vlivem nízké teploty (při mínus 20 °C) použití plynu neúspěšné. Při dalším použití těchto granátů Němci v březnu 1915 u Nieuport ve Flandrech byl vzhledem k vyšší teplotě vzduchu účinek větší. V létě pak v obdobně zkonstruovaných granátech, s vyšší trhavou náplní k zachování střepinového účinku, byl použit *chlorovaný mravenčan methylnatý*.

Tyto příklady prvního použití ukázaly vojenským odborníkům, že k tomu, aby se dosáhlo vysokých bojových koncentrací a tím dostatečného otravného účinku, bylo nutné použít daleko větší množství otravné látky. Německý generální štáb proto uvítal návrh německého chemika prof. Fritze Habery (v té době v hodnosti hejtmana), který doporučil používat *chlór* pro vlnový útok, který znamenal podobný předěl v dějinách válek jako svržení atomové bomby na Hirošimu.

Chlor, jako jeden z nejdůležitějších chemikálií pro výrobu organických barviv, zahájil vlastně novodobou historii chemické války. Stalo se tak na západní frontě, kdy německá armáda provedla 22. dubna 1915 u belgického Ypres vlnový útokem chlorem proti postavení francouzských jednotek, přičemž usmrtila až 5 000 vojáků. Příkladem Německa následovaly i ostatní mocnosti. Velká Británie provedla svůj první vlnový útok chlorem 25. září 1915 u Loose, Francie 15. února 1916 u Remeše a Rusko 5. září 1916 u Smorgonu. Další významnou sloučeninou průmyslu organických barviv, jež doznala masové vojenské použití, se stal fosgen. Poprvé jej použila francouzská armáda 21. února 1916 v bitvě u Verdunu. O čtyři měsíce později, 1. července 1916, nasadila francouzská armáda na Sommě bojovou recepturu Vincennite, která obsahovala kyanovodík.

Z celkového množství 189 020 tun bojových chemických látek vyrobených za dobu 1. sv. války v Německu, Francii, Velké Británii a USA bylo množství vyrobeného chloru, fosgenu a kyanovodíku 73 % (138 500 tun). Kromě chloru, fosgenu a kyanovodíku byly v průběhu 1. světové války v menším množství použity i další průmyslové toxické látky. Například Velká Británie provedla 14. června 1916 u Monchy vlnový útok směsí sulfanu se sirouhlíkem (90:10) a o rok později zavedla bojovou směs sulfanu s chlorpikrinem (35:65).

Tabulka 61. Výroba bojových chemických látek v 1. sv. válce (v tunách). [Zdroj: T-61]

Látka	Země				
	Německo	Francie	V. Británie	USA	Celkem
Chlor	58 100	12 500	20 800	2 400	93 800
Fosgen	18 100 ^a	15 700	1 400	1 400	36 600
Kyanovodík	-	7 700 ^b	400	-	8 100

Poznámka:

^a – Německo vyrobilo kromě toho 11 600 tun difosgenu

^b – směs Vincennite (3850 tun kyanovodíku)

Rakousko-uherská armáda použila v září 1916 dělostřeleckou municí plněnou bromkyanem a francouzská armáda nasadila chlorkyan. Je zajímavé, že na podzim 1915 navrhl hrabě Dundonald (vnuk admirála z krymské války) použití oxidu siřičitého, ale podobně jako v případě jeho děda byl návrh zamítnut. Celkem bylo vyzkoušeno více než 50 chemických látek.

Tabulka 62. Kódová označení vybraných látek používaných v 1. sv. válce. [Zdroj: T-62]

Látka	Označení		
	Francie	Velká Británie	Německo
Chlor	Bertholite Clairsite (thiofosgen)	Blue Star (+chlorid sirný) Red Star White Star (+fosgen) Yellow Star (+chlorpikrin)	Grünkreuz Klop (chlorpikrin) Zusatz (fosgen)
Fosgen	Collongite (SnCl ₄)	CBR (+chlorid arsenitý) CG PG-Mixture (+chlorpikrin) White Star (+chlor)	Grünkreuz D-Stoff (difosgen) F-Öl
Kyanovodík	Vincennite (AsCl ₃ , SnCl ₄) Forestite Manganite (AsCl ₃)	IL (+tetrachlormethan) JBR (+chlorpikrin) Jellite (+chloroform) VN (Vincennite)	
Chlorkyan	Mauguinite Vitrite (AsCl ₃)	CC CK (USA)	
Sulfan		NG, NG-2 (sirouhlík) Red Star-2 Vomiting Gas (chlorpikrin)	

7.3.2 *Období po první světové válce*

Po 1. světové válce se fosgen, kyanovodík a chlorkyan jako rychle působící letální bojové chemické látky zařadily do chemické výzbroje vyspělých armád na celém světě. Také československá armáda v přípravě na německou invazi po roce 1936 plánovala vytvořit zásobu fosgenu, nakonec dala přednost výrobě stabilizátorů výbušnin (fosgen sloužil jako surovina). Velké světové zásoby těchto chemikálií byly vytvořeny zejména v průběhu 2. světové války.

Tabulka 63. Výroba otravných látek ve vybraných zemích do roku 1945. [Zdroj: T-63]

Látka	USA	SSSR	Německo	Japonsko	Celkem
Fosgen	18 200	8 300	5 900 ^a	-	32 400
Kyanovodík	500	11 100	Zyklon B	255	11 855 + Zyklon B
Chlorkyan	11 400	-	-	-	11 400

Poznámka:

^a – údaj platí pro fosgen a difosgen celkem

Fosgen se objevil na bojišti v občanských válkách v Rusku (1918 až 1922), ve Španělsku (1936 až 1939), při invazi italské armády do Habeše (1935 až 1936), v japonsko-čínské válce (1937 až 1945) a v letech 1965 až 1967 egyptskými jednotkami i ve válce v Jemenu. Úmluva o chemických zbraních považuje fosgen, kyanovodík a chlorkyan za bojové chemické látky zařazené do Seznamu 3. A. Jejich deklarační limit je 30 tun a limit pro inspekce 200 tun.

Klasické vojenské použití kyanovodíku bylo zaznamenáno v průběhu irácko-iránské války (1980 až 1988). V letech 1985 až 1987 se uvádí nejméně 26 případů nasazení krevních jedů letectvem a dělostřelectvem, většinou v kombinaci s nervovými látkami nebo s yperitem. Podle některých údajů byl takto kyanovodík použit také 18. března 1988 na kurdské město Halabja, kdy na následky chemického útoku zahynulo 5 000 obyvatel.

Mimo těchto průmyslových toxických látek (tzv. záložních nebo náhradních bojových chemických látek) nezapadla do zapomenutí ani možnost válečného použití dalších jednoduchých chemických látek, jako je chlor a amoniak. Z poslední doby jsou známy úvahy o jejich použití v průběhu válek na Balkáně, v Čečensku, Afghánistánu, Sýrii a Iráku (Islámský stát). Rusko dokonce obvinilo čečenské ozbrojence, že na přelomu let 1999 a 2000 použili proti federálním jednotkám improvizovanou chemickou municí plněnou chlorem a amoniakem a donutili je tak vyhlásit chemický poplach.



Obrázek 120. Občanská válka ve Španělsku. Bombardování města Andujar 1938.

[Zdroj: O-120]

Příkladem zneužití průmyslových toxických látek je masové vyhlazování „méněcenných ras“ (Židé, Slované a Romové) v německých koncentračních táborech ve 2. světové válce. Nejprve se používal oxid uhelnatý, který byl generován jako výfukový plyn z dieselových motorů (tzv. Wirthův – Heckenholffův výfukový plyn) a vháněn do ložné plochy automobilů, případně plynových komor plných věžňů. Později bylo navrženo používání insekticidního přípravku cyklon B (Zyklon B), který obsahoval pevný porézní nosič nasycený kyanovodíkem (starší prostředek cyklon A obsahoval methylkyanát). Varianta Diagriess obsahovala jako nosič pecky z dřevěných vláken, varianta Erco granule z gypsového materiálu. Prostředek vynalezl německý chemik Walter Heerdt (patent 438 818 z roku 1922).

Vlastníkem patentu byla společnost DEGESCH (Deutsche Gesellschaft für Schädlingbekämpfung) z Frankfurtu nad Mohanem a podílníkem koncern IG Farben, který do přípravku zavedl „varovnou látku“ bromethylacetát a stabilizátor chlormethylformiát. Látku Cyklon B pro DEGESCH vyráběly firmy Dessauer Werken für Zucker und Chemische Industrie (Dessau) a Kaliwerken (Kolín) a prodávaly Heerdts und Lingler (Frankfurt nad Mohanem) a Tesch und Stabenow (Hamburk). Dostupná literatura (SIPRI) uvádí dodávky cyklonu B do koncentračních táborů: Osvětim 19 653 kg, Sachsenhausen 4352 kg, Lublin 1628 kg (podle jiných autorů až 7000 kg), Neuengamm 607 kg, Gross-Rosen 430 kg a Ravensbruck 352 kg, celkem 27 022 kg. Cyklon B měl podíl na vyhubení 6 milionů Židů a jiných národů.



Obrázek 121. Kyanovodík, ZYKLON B, (Cyklon B) používaný v německých koncentračních táborech. [Zdroj: O-121]



Obrázek 122. Kyanovodík (stabilizovaný), URAGAN D2, (HCN min. 96,7 %). Výrobce Lučební závody Draslovka a.s. Kolín. [Zdroj: O-122]

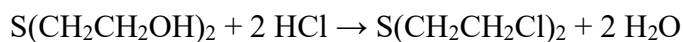
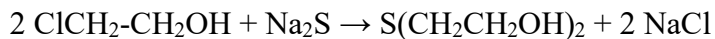
7.3.3 Průmyslové toxické látky jako prekurzory

Podle Úmluvy o chemických zbraních je při posuzování chemické zbraně nutno brát v úvahu nejen toxické chemické látky, ale také jejich prekurzory. Prekurzor znamená jakoukoliv chemicky reagující složku, která se libovolným způsobem účastní kteréhokoliv stádia výroby toxické chemické látky. Z látek relevantních k problematice toxických průmyslových škodlivin, byl chlorid fosforitý jako prekurzor zařazen do Seznamu 3. B.

Tabulka 64. Přehled vybraných průmyslových toxických látek používaných při výrobě bojových chemických látek. [Zdroj: T-64]

Látka	Použití při výrobě BCHL	Poznámka
fosgen	bojové chlorformiáty	Úmluva, Seznam 3. A.
kyanovodík (kyanidy)	brombenzylkyanid, Clark II, tabun	Úmluva, Seznam 3. A.
chlor	BCHL s obsahem chloru	
dusitany	Clark I	k diazotaci
oxid siřičitý, siřičitany	Methyldick, Dick, Clark I	redukční činidlo
sulfan (sulfidy)	sulfidický yperit, fosgenoxim, thiofosgen	
chlorovodík	Clark I, sulfidický yperit, organofosfáty, bis-(chlormethyl)ether	
sirouhlík	fenylkarbylaminchlorid, perchlormethylmerkaptan (Cl ₃ C-SCl)	1. světová válka
fluorovodík	organofosfáty	
chlorid fosforitý	sulfidický yperit, organofosfáty	Úmluva, Seznam 3. B.
amoniak	kyanovodík	
oxid uhelnatý	fosgen, kyanovodík	
formaldehyd	bis-(chlormethyl)ether	

Například v průběhu války v Zálivu (1990 až 1991) spojenecké síly bombardovaly ve dnech 17. ledna až 1. února 1991 iráckou továrnu Habbaniyah-2 (Fallujah-2), která skladovala velké množství chloridu fosforitého jako prekurzoru na výrobu nervových látek (kromě toho zásoby chloru, kyseliny chlorovodíkové a velkého počtu organických sloučenin). Dalším může být výroba yperitu (HD) podle Meyera (z ethylenchlorhydrinu na thiodiglykol), při níž se uplatňují sulfidy i chlorovodík:



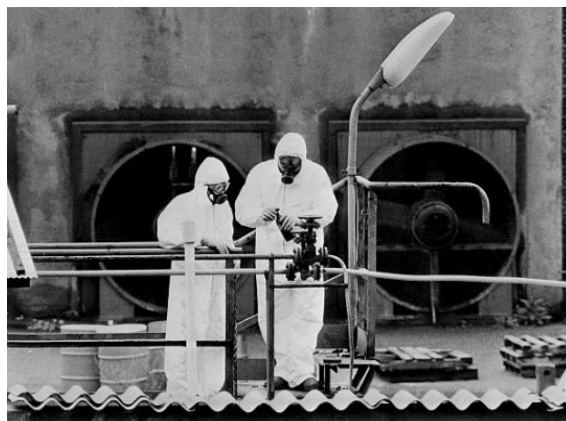
7.3.4 Chemické havárie a požáry

Chemická havárie je speciálním případem průmyslové havárie. S využitím definice průmyslových toxických látek, lze chemickou havárii označit za únik těchto látek v průběhu průmyslové činnosti (výroba, zpracování, používání, přeprava, skladování) a vede k okamžitým nebo zpožděným nebezpečným následkům pro člověka a životní prostředí uvnitř nebo vně havarovaného objektu. V zásadě mluvíme o havárii chemického typu, při níž dochází k úniku průmyslové toxické látky bez hoření nebo výbuchu, o havárii požárního typu, kdy tyto látky vznikají až v průběhu hoření nebo výbuchu, a konečně o kombinovaném typu havárie, který se v praxi vyskytuje nejčastěji.

Od roku 1900 je systematicky evidováno a hodnoceno více jak 2 500 velkých průmyslových havárií, z nichž značná část měla všechny znaky havárií chemických. Do dějin průmyslových katastrof vstoupily zejména chemické havárie v Sevesu a Bhopálu, které (podobně jako Černobyl a Fukušima Daichi I, v případě jaderné energetiky) znamenaly zásadní zlom v přístupu k problematice bezpečnosti chemických provozů s důrazem na oblast prevence. Obě havárie potvrdily známý poznatek, že nejchoulostivějším článkem technologického procesu je jeho samotný tvůrce, totiž člověk.

Seveso

V italském městečku Seveso, vzdáleném asi 20 km severně od Milána, uniklo 10. července 1976 z reaktoru továrny na výrobu herbicidu 2,4,5-trichlorfenolu asi 2,5 kg vysoce toxického 2,3,7,8-tetrachlordibenzo-p-dioxinu (TCDD, dioxin), jenž vzniká jako vedlejší produkt. Továrna společnosti Industrie Chimice Media Societa Anonima (ICMESA) patřící švýcarské společnosti Givaudan (koncern Hoffmann – LaRoche), oznámila tento únik až sedmnáct dní po výbuchu (27. července), kdy se účinky jedu projevily nejen na zvířatech, ale i na lidech. Došlo k chemické kontaminaci území o rozloze nejméně 1800 ha, na němž uhynulo více než 3100 drobných hospodářských zvířat a onemocnělo 200 dospělých lidí (chlorakné) a velký počet dětí. Preventivním prohlídkám bylo podrobeno asi 220 000 osob. Tato havárie však rozhodně nebyla první svého druhu. Již koncem roku 1953 došlo k úniku TCDD z chemické továrny společnosti BASF v německém Ludwigshafenu, kdy na následky otravy zemřelo nejméně 21 postižených. V roce 1954 došlo k další havárii s únikem TCDD v hamburském závodě koncernu Boehringer – Ingelshiem, vyrábějícím látku 2,4,5-trichlorfenol. Nebyla však ani poslední – v roce 1983 dioxin unikl z chemické továrny v Trentonu v severoamerickém státě New Jersey.



Obrázek 123. Chemici v italském městě Seveso v roce 1976 po havárii. [Zdroj: O-123]

Závažná je však souvislost těchto havárií s válečným používáním herbicidů, které obsahovaly nečistoty ve formě TCDD, jaké bylo zaznamenáno ve Vietnamu.

Bhopál

Rozsáhlejší nehoda s obrovskými přímými ztrátami na lidských životech se stala v noci z 2. na 3. prosinec 1984 v Bhopálu, hlavním městě indického státu Madhjadpraděš.



Obrázek 124. Při chemické havárii v indickém městě Bhopál v roce 1984 přišli lidé o zrak. [Zdroj: O-124]

Objektem havárie byla továrna Union Carbide India Ltd. (UCIL), americké společnosti Union Carbide Corporation ze Západní Virginie vyrábějící herbicid Aldicarb. Uniklo přibližně 64 tun methylisokyanátu a 12 tun dalších látek, nevyjímaje kyanovodík, fosgena chlor. Toxický mrak kontaminoval území o rozloze 40 km². Tragédie si vyžádala smrt 3800 lidí (dle jiných údajů až 15 000). Kolem 150 000 muselo být evakuováno a celkový počet zasažených se odhaduje na 500 000. Jako příčinu havárie lze uvést konstrukční a technologické vady způsobené zavedením okleštěné technologie (tzv. ekologický kolonialismus). V souboru bezpečnostního systému nebylo zahrnuto, ani

tak zásadní opatření, jakým je instalace automatických detektorů varovné koncentrace úniku methylisokyanátu, což prodloužilo dobu expozice a tím pádem vedlo k vysokým ztrátám na životech.

Havárie s únikem amoniaku

Havárie s únikem amoniaku patří mezi nejčastější. Není dne, kdy k takové události někde ve světě nedojde, i když nemá ty nejzávažnější následky. Riziko nelze podceňovat. V roce 1969 havarovala v Crete (Holandsko) silniční cisterna s amoniakem, přičemž bylo usmrceno 9 osob. V roce 1989, v závodě Azotas asi 12 km od litevského města Jonova, vybuchla nádrž s obsahem 7 000 tun kapalného amoniaku. Toxický oblak dosahoval délky 35 km a plocha ohrožení představovala 4 000 km². Evakuováno bylo 32 000 lidí, oficiální statistiky mluví o 7 mrtvých a 57 otrávených.

K mimořádně závažné havárii došlo ve francouzské továrně na výrobu umělých hnojiv AZF, umístěné asi tři kilometry od centra města Toulouse. V komplexu, kde bylo skladováno 3 000 tun dusičnanu amonného, došlo 21. září 2001 k explozi, která zranila celkem 2 400 osob, z nichž 29 zemřelo a 34 bylo těžce poraněno. Dva hasiči utrpěli 13. ledna 2014 poleptání rukou v Medlově na Olomoucku při likvidaci úniku čpavku ze zásobníku ve strojně firmy vyrábějící mražené pečivo. Hasiči zřídili dekontaminační stanoviště. Ze zásobníku s kapacitou tisíc litrů, ho uniklo 200 litrů. Čpavek zůstal uvnitř strojovny. Hasiči jej zkrápěli roztržitým proudem vody a následně ho jímali a přečerpávali do náhradních nádob. Ven do ovzduší se ho dostalo minimální množství a evakuace nebyla nutná.



Foto 149. Únik čpavku v Medlově a dekontaminační stan. [Zdroj: F-149]

Havárie s únikem fosgenu

Po skončení 1. sv. války, došlo 24. října 1919 v severním Německu na základně Breloh (nedaleko Munsteru), k explozi a následnému uvolnění asi 1 000 tun fosgenu a yperitu.

Jednalo se o německé bojové chemické látky, které byly určeny k likvidaci pod dozorem komise vítězných mocností. V době vyzbrojování Německa, 28. května 1929, vybuchla v objektu firmy Stoltzemberg v Hamburku nádrž s 10 tunami fosgenu. Několik stovek lidí, převážně z hamburské čtvrti, bylo otráveno a 10 zemřelo. V roce 1974 došlo k úniku fosgenu v závodě v Pardubicích, 80 osob bylo zraněno.

Havárie s únikem chloru



Schéma 13. Území ohroženo chlorem uniklým z chemičky Spolana Neratovice (21. 7. 2000). [Zdroj: S-13]

Vzhledem k obrovské produkci chloru a vysoké toxicitě patří havárie s jeho únikem mezi velice nebezpečné. V dubnu 1952 byla v německém Walsumu zaznamenána havarijní emise chloru a 5 mrtvých. V roce 1962 došlo v kanadském Cornwallu k havárii silniční cisterny s chlorem a úmrtím 89 osob. V letech 1988 a 1989 se v Izraeli převrátily cisterny s brómem resp. s chlorem. Nehody byly bez obětí jenom proto, že v prvním případě vítr odvál plyn mimo obydlenou oblast a v druhém případě bylo obyvatelstvo včas ukryto ve svých domovech.

Dne 11. dubna 1996 došlo v Albertonu (americký stát Montana) k nehodě tankerů převážejících chlor, přičemž do prostředí uniklo asi 59 tun plynu. Jeden přepravce na následky otravy plynem zemřel, mnoho dalších bylo přiotráveno. Kolem 1 000 obyvatel muselo být na několik týdnů evakuováno.

Učebnicový případ úniku chloru v České republice, byť bez fatálních následků, se odehrál 21. července 2000 v podniku Spolana Neratovice. Z jednoho ze dvou skladů, vybavených čidly nastavených na koncentraci 6, resp. 24 mg.m⁻³, uniklo asi 188 kg chloru, který kontaminoval areál podniku a jeho blízké okolí. Podstatná část uniklého chloru byla zachycena roztokem hydroxidu sodného za vzniku chlornanu sodného (přímo ve skladu) a vodními clonami, které instalovala podniková jednotka požární ochrany. V průběhu zásahu byla poskytnutá lékařská péče celkem 12 hasičům. Se Spolanou Neratovice je spojen i únik velkého množství chloru, snad několik tun, při povodních v srpnu 2002, kdy došlo k zaplavení celého areálu chemičky a protržení barelů s plynem. Chlor byl cítit do vzdálenosti 10 km.



Foto 150. Hasiči pracují na neutralizaci kyseliny chlorovodíkové. [Zdroj: F-150]

Dne 21. ledna 2014 došlo na 177. kilometru u Říčan na Brněnsku dálnice D1 ve směru na Prahu k havárii kamiónu převážejícího kyselinu chlorovodíkovou. Zhruba 10 kilometrový úsek dálnice musel být uzavřen v obou směrech uzavřen po dobu 15 hodin. Při havárii se poškodily čtyři barely a uniklo 3 500 z 19 000 litrů přepravované kyseliny. Kolem dotčeného místa záchranáři vytvořili bezpečnou zónu. Chemikálie vytvořila hustou mlhu.

Havárie s únikem kyanidů a kontaminace vodních zdrojů

Příkladem zhoubného vlivů kyanidů na vodné ekosystémy jsou havárie zaznamenané v poměrně nedávné době při práci společností těžících zlato a další těžké kovy.

V prosinci 1992 byla uniklými kyanidy z dolu na zlato „Summitville“ (pohoří San Juan v jihozápadním Coloradu) kontaminována řeka Alamosa v délce 27 km. Podobná událost se tentýž rok stala v Jižní Karolině, kde kyanidy ze zlatého dolu Brewer usmrtily 11 000 ryb žijících v řece Lynches River (kontaminováno 80 km). V srpnu 1996 uniklo ze zlatého dolu Omai v Guyaně do řeky Essequibo více než 3,2 miliardy litrů kyanidového odpadu. Zlikvidován byl veškerý život v délce 4 km. O dva roky později vyteklo z dolu Quarry do dvou říček v Nevadě kolem 1 miliónu litrů tohoto odpadu.

Tabulka 65. Přehled havárií ve Spolaně od roku 1991. [Zdroj: T-65]

Datum	Množství	Popis události
červen 1991	asi 50 kg chloru	Plynem bylo zasaženo přílehlé staveniště, kde pracovalo přes 200 montérů. Případ se obešel bez vážnějších následků na zdraví.
5. dubna 1993		Výbuch a následný požár toxického karcinogenního vinylchloridmonomeru (VCM). Nebylo kontaminováno ovzduší v okolí Neratovic. Zraněno bylo 6 lidí těžce, 5 středně a 3 lehce. Škoda 18 miliónů korun
20. srpen 1998	několik kg chlorovodíku	Havárie nezpůsobila zranění a nezatížila životní prostředí Neratovic.
21. červenec 2000	za více než dvanáct hodin 188 kg chloru.	Kapalný chlór pronikl do vnitřní části čerpadla prasklou ochrannou membránou. Výbuch pak iniciovalo sepnutí elektrického obvodu. Chlór poškodil rostliny v nejbližším okolí závodu. Nejvíce byly poškozeny sazenice okrasných a lesních dřevin, dále listová zelenina a brambory.

V kyrgyzském dolu Kumfor uniklo 20. května 1998 do místních vodních zdrojů 1 762 kg kyanidu sodného (NaCN) a o devět dní později Homestake Mine v Black Hills (Severní Dakota) vypustili do Whitewood Creek asi 7 tun kyanidového odpadu. Z poloviny 90. let minulého století je znám dlouhodobý boj indiánského kmene Assiniboinů v rezervaci Fort Becknap v Little Rocky Mountains v Montaně proti kanadské těžební společnosti Pegasus.



Obrázek 125. Zlatý důl Aurul v rumunské oblasti Baie Mare. [Zdroj: O-125]

K velké havárii došlo 30. ledna 2000 v rumunské oblasti Baie Mare v dolech Aurul, na jejichž těžbě se podílela australská důlní společnost. Při nehodě uniklo asi 100 miliónů litrů odpadních kyanidových vod, které se dostali do řeky Szamos, vlévající se do Tisy, která je přítokem Dunaje.

Havárie, v menším rozsahu se stala 5. listopadu 2001 v Číně, kde v provincii Henan vyteklo do řeky Luohe (přítok Žluté řeky) asi 11 tun roztoku kyanidu sodného. Na likvidaci následků byla povolána armáda, která použila 500 tun dekontaminačních látek.

V roce 2010 se v maďarském městě Ajka protrhla hráz odpadní jímky továrny na výrobu hliníku. Do okolí asi 40 km² unikla až miliarda litrů červeného kalu, který byl žíravý a toxický a obsahoval těžké kovy. V půdě byly následně naměřeny vysoké koncentrace rtuti, arsenu a chromu. Uniklý kal se také dostal do okolních vod a putoval až do řeky Dunaje. Po cestě usmrtil veškerý život v nejbližším potoce a způsobil kontaminaci vody. V postižené oblasti podle úřadů bylo nutné odtěžit dvoucentimetrovou vrstvu půdy.

V našich podmínkách jsou poměrně časté nehody v galvanizovnách. V bývalé ČSSR bylo v průběhu 10 let (1970 až 1980) zaznamenáno celkem 50 havárií s únikem kyanidů. Například 13. října 1976 uniklo z podniku Šroubárny Turnov asi 3 000 litrů kyanidové lázně (asi 200 kg kyanidů) a způsobilo úhyn ryb v řece Jizera.

V Tesle Rožnov pod Radhoštěm uniklo dne 24. dubna 1979, přes 600 litrů kyanidové léčivé lázně (asi 60 kg kyanidů) a kontaminovalo řeku Bečvu. K podobné kontaminaci Červeného potoka došlo 18. září 1980 po úniku léčivé lázně z podniku ALBA Hořovice. Z poslední doby si zaslouží zmínku případ z jedné z našich největších galvanizoven – Bižuterie Jablonec nad Nisou, kde při požáru 18. února 2001 nedošlo pouze náhodou k přehřátí a roztržení nádrže s velkým obsahem kyanidů.



Foto 151. Chemická havárie v maďarském městě Ajka v roce 2010. [Zdroj: F-151]

Únik průmyslových toxických látek při požárech

Závažnost celé problematiky havarijního úniku průmyslových toxických látek je podtržena tím, že jejich značné množství a prakticky kompletní rozsah je deponován ve formě nejrůznějších, byť běžně netoxických a v málo nebezpečných chemikáliích a v průmyslových výrobcích. Tyto mohou totiž průmyslové toxické látky uvolňovat při hoření.

Tabulka 66. Příklady vzniku průmyslových toxických látek při hoření. [Zdroj: T-66]

Průmyslová toxická látka	Organické sloučeniny
fosgen	halogenalkany (chlorethan, dichlormethan, dichlorethan), halogenalkeny (dichlorethen, tetrachlorethen), perchlormethylbenzen, propionylchlorid, dichlorethanol, kyseliny chloroctové, , acetylchlorid, ethyldichlorstearát
kyanovodík	nitrily (acetonitril, propionitril, akrylonitril, benzykyanid), dimethylkvanamid, 2-kyanoethylakrylát, deriváty kyseliny kvanooctové
oxidy dusíku	pyrrol, deriváty pyridinu, deriváty močoviny, heteroatomy
oxid siřičitý	thiofen, ethanthiol, butan-1-thiol, perchlormethanthiol, p-toluensulfonamid 2-sulfanyl-benzthiazol, kyselina thioglykolová, dimethylsulfoxid, tetramethylthiuramdisulfid, benzensulfonylchlorid,
sulfan	thioly (ethanthiol, butan-1-thiol, 2-hydroxyethan-1-thiol)
chlorovodík	většina chlorovaných organických sloučenin
fluorovodík, PFIB	většina fluorovaných organických sloučenin
formaldehyd	některé aldehydy, např. 1,3,5-trioxan, paraformaldehyd

Nebezpečí je ještě zvýšeno nízkou mírou jistoty, jaké látky a v jakém množství (nebo v jakých poměrech) se mohou při požárech do okolí uvolňovat. Prakticky to znamená, že v případě požáru je nutno chovat se tak, jako kdyby došlo k chemické havárii.

Dne 12. srpna 2015 došlo k výbuchu v čínském přístavu Tchien-ťin. Čínské úřady nařídily evakuaci obyvatel z tříkilometrového okruhu okolo skladiště nebezpečného materiálu. Z oblasti výbuchu bylo 13. srpna evakuováno 10 000 lidí. Čínská firma Ruihai Logistick vlastní skladiště, kde k explozím došlo, měla v minulosti problémy s porušením bezpečnostních předpisů. Čínská pravidla pro bezpečnost práce vyžadují, aby podobná zařízení byla nejméně 1000 metrů od obytných budov, úřadů a silnic.



Foto 152. Požár likvidují stovky hasičů i vojáci z protichemické jednotky. [Zdroj: F-152]

Online mapa nicméně ukazuje, že sklad Ruihai International Logistics byl ve vzdálenosti 500 metrů od dálnice a od bytového komplexu s plochou 100 tisíc m². V těchto bytech tlaková vlna vyrazila okna a ohnivá koule ožehla zdi. Společnost osm měsíců manipulovala s nebezpečnými chemikáliemi, aniž by k tomu měla oprávnění. Nejmenovaný člen vedení firmy řekl agentuře AP: „Společnost zacházela s nebezpečnými chemikáliemi i v době, kdy k tomu neměla oprávnění.“

Čínské úřady až 15. srpna oficiálně přiznaly, že se ve skladu nacházelo kromě dusičnanu sodného (NaNO₃), karbidu vápenatého (CaC₂) a dusičnanu draselného (KNO₃) také i 700 tun jedovatého kyanidu sodného (NaCN), tedy sedmdesátinásobek povoleného množství. Příbuzní obětí a nezvěstných protestovali před hotelem, kde se konali tiskové konference, protože nebyly informováni, že ve skladu jsou uloženy nebezpečné chemikálie. Úřady uzavřely 50 webů, které podle nich vyvolávaly v souvislosti s explozemi paniku, neboť zveřejňovaly neověřené informace. Z téhož důvodu bylo zrušeno několik set účtů na sociálních sítích. Kritice čelili i hasiči, protože napřed použili vodu. Ve skladu byl skladován i karbid vápenatý, který při styku s vodou prudce reaguje za vzniku vysoce hořlavého acetylenu.

S ohněm bojovalo tisíc hasičů. Povoláno bylo 214 vojáků z protichemické jednotky. Půl kilometru od místa výbuchu byly naměřeny vysoké koncentrace oxidů síry, uhlíku a dusíku. Požár v místě výbuchu dosahoval výše stovek metrů. Výbuch zaznamenaly i družicové snímky. První výbuch měl podle expertů sílu tří tun trinitrotoluenu, druhý byl mnohem větší a měl sílu 21 tun TNT. Dle čínských seizmologů první exploze vyvolala otřesy o síle 2,3 stupně. Druhý výbuch pak sílu 2,9 stupně. Výbuchy si vyžádaly 139 mrtvých, 34 lidí je pohřšováno. Nejméně 21 požárníků při zásahu zahynulo. Policie zadržela 23 osob. Exploze ve skladu v přístavu Tchien-ťin se tak stala nejtragičtější událostí za více než šedesát let působení sboru. Exploze byly tak silné, že se podařilo identifikovat jen 24 těl. U zbytku ostatků budou potřeba testy DNA. Nová Čína uvedla, že zhruba 721 lidí utrpělo zranění, 25 jich stále zůstává v kritickém stavu a stav u dalších 33 je vážný. Na 6 300 lidí výbuchy připravily o střechu nad hlavou.



Foto 153. Průběh prvního výbuchu ve skladu v čínském přístavu Tchien-ťin 12. 8. 2015. [Zdroj: F-153]

Očití svědkové vypověděli, že nejprve zahlédli obří ohnivý kotouč, po němž zazněl silný výbuch. Obyvatelé okolních obcí se domnívali, žešlo o zemětřesení. Okolí bylo bez elektrického proudu, tlaková vlna rozbila okna.

Očití svědkové vypověděli, že nejprve zahlédli obří ohnivý kotouč, po němž zazněl silný výbuch. Obyvatelé okolních obcí se domnívali, žešlo o zemětřesení. Okolí bylo bez elektrického proudu, tlaková vlna rozbila okna.



Foto 154. Požár likvidují stovky hasičů i vojáci z protichemické jednotky. [Zdroj: F-154]

přišel druhý výbuch, a tak jsme vyběhli ven. Bydlíme ve 20. patře. Všechny požární východy a nouzové schodiště byly plné lidí,“ dodala. Uvedla také, že lidé se nemohli dostat z bytu ven, protože jim tlaková vlna poničila dveře.

Dole už byla spousta lidí. *„Mnoho jich spěchalo dolů a neměli čas se obléknout, někteří byli jen ve spodním prádle. Všechna auta měla rozbitá okna a zničené střechy. Skočili jsme do auta a vydali se k nemocnici. Cestou jsme přibrali ženu s malým dítětem, které bylo od krve, a také zraněného muže. Na silnici byla spousta aut a cesta byla ucpaná. Když jsme dorazili do nemocnice, řekli nám, že je plno a my musíme do jiné,*“ vylíčila žena.

Jiný svědek popsal, že viděl na nebi „masivní záři“, následovala tlaková vlna. *„Znělo to, jako kdyby se mi někdo snažil silou vylomit dveře, cloumalo to jimi,*“ popsal. To Chua Chung-weje tlaková vlna po druhém výbuchu odhodila o několik metrů dál a srazila k zemi. Mladý dělník přitom byl v ubytovně vzdálené kilometr od průmyslové zóny. *„Nechápal jsem, co se to děje,*“ vylíčil z nemocničního lůžka.

A co v Čechách?

Dne 14. května 1998 došlo ve skladu závodu na výrobu chladících a mrazících zařízení Linde Frigera v Berouně k požáru, při němž shořelo asi 25 tun dřeva, 10 tun obalového materiálu na bázi papíru, lepenky a igelitu, 2,5 tuny polyvinylchloridu, 2,5 tuny polyethylenu, polystyrenu a polyuretanu. Do ovzduší se uvolnil chlorovodík, chlor a fosgen. Při požáru zasahovalo 140 příslušníků HZS a 72 z pluku CO (Civilní ochrany) Rakovník.

Měření koncentrace toxických škodlivin v ovzduší, zajišťovali specialisté Školiciho střediska CO v Kamenici. Během zásahu bylo 36 zasažených a 12 hospitalizovaných osob, z toho část byla intoxikovaná.

Podobný případ se stal 24. května 2000 v Otovicích u Karlových Varů, kde hořela část skladových zásob plastových rámečků (skladováno 70 milionů kusů). Tato rámečka z polystyrenu při hoření uvolňovala styren, kyanovodík, oxid uhelnatý a aldehydy. Na místo zásahu byly povolány dva protiplynové vozy HZS a později výjezdová jednotky chemické laboratoře Školiciho střediska HZS Třemošná. Zásahu se zúčastnilo 92 hasičů, z nichž 50 pracovalo v dýchacích přístrojích. Spotřebovalo se více než milion litrů vody a 1600 litrů pěnidla.



Foto 155. Požár likvidují stovky hasičů i vojáci z protichemické jednotky. [Zdroj: F-155]

Tabulka 67. Výběr požárů v ČR, které způsobily škodu za 200 milionů či více. [Zdroj: T-67]

Datum	Místo	Příčina	Škoda v Kč
21. 11. 2002	výrobní pryskyřic Spolku pro chemickou a hutní výrobu (Spolchemie) v Ústí nad Labem	nedodržení technologické kázně při výrobě způsobil výbuch a poté požár	2,17 miliardy
16. 10. 2008	požár levého křídla Průmyslového paláce na pražském Výstavišti	požár způsobila nedbalost, viníka se nepodařilo vypátrat.	dle hasičů miliarda,
30. 5. 2001	dřevozpracující firma Haas Fertigbau v Chanovicích na Klatovsku	závada elektroinstalace	525 miliónů
23. 11. 1996	čerpací stanice a technologická zařízení v tankovišti společnosti Česká rafinérská v Záluží u Mostu	-	326 miliónů
8. 4. 2011	areál společnosti na recyklaci plastů Remiva v Chropyni na Kroměřížsku	dle hasičů požár založen úmyslně, nebo nedbalosti při kouření,	290 miliónů
9. 3. 1998	prádelna lnu firmy PAJAV Trutnově	výbuch lněného prachu	289 miliónů
9. - 10. 1. 1999	sklad hotových výrobků a obalových materiálů společnosti STV Glass Valašské Meziříčí na Vsetínsku	-	256 miliónů
24. 12. 2009	sklářská hala v Heřmanově Huti na severním Plzeňsku	únik taveniny a výbuch tlakových lahví skladovaných v hale	250 milionů
29. - 30. 5. 2001	výrobní hala firmy VDO Mannesmann v Brandýse nad Labem, s uskladněnými díly pro automobilky	oheň kdosi úmyslně založil.	226 miliónů
16. 10. 2007	výrobní hala společnosti Lohmann & Rauscher v Nové Pace na Jičínsku zdravotnický obvazový materiál	-	210 miliónů
22. 12. 2012	hala textilní továrny Mileta v Hořicích na Jičínsku	-	předběžná škoda 200 miliónů
13. - 14. 8. 2015	výrobní hala ethylenu chemičky Unipetrolu v Záluží u Litvínova	při poruše chyběla chladicí voda, zvyšováním teploty exploze	v šetření

7.3.5 Průmyslová havárie jako sekundární chemická zbraň

Vojenská síla státu je dána mnoha faktory, z nichž ekonomická síla hraje jednu z rozhodujících rolí. Přitom důležitým předpokladem ekonomické síly je jistá úroveň chemického a petrochemického průmyslu, dodávajícího válčícím ozbrojeným silám potřebné pohonné hmoty, výbušniny a suroviny na výrobu nezbytných prostředků pro vedení války (včetně prostředků protichemické ochrany a dekontaminace). Z tohoto důvodu se nejvýznamnější výrobní komplexy stávají důležitým cílem leteckého a dělostřeleckého bombardování, případně cílem speciálně vycvičených komand. Tento způsob boje, v regulérní válce naprosto legitimní (spojenecké nálety na německý průmysl v době 2. světové války), ohrožuje však i značné procento populace žijící na přilehlém území, kdy se každá zasažená chemická továrna či sklad stává velice nebezpečnou „sekundární chemickou zbraní“.



Obrázek 126. Bombardování komplexu Novi Beograd. [Zdroj: O-126]

Pokud je hlavním cílem takového útoku zastrašení civilního obyvatelstva a zbytečné zvyšování jeho válečných útrap, pak se jedná o jeden z projevů chemického terorizmu. Týká se to i činnosti nejrůznějších teroristických skupin, které využívají zejména diverzních metod poškození nebo likvidace podniků s chemickými provozy nebo transportů s toxickými látkami.

V době občanské války v Jugoslávii 6. srpna 1995 podnikly federální letecké síly masivní útok na továrnu INA Petrokimija nedaleko Kutiny (Chorvatsko). Letouny typu Eagle vystřelily na objekt 32 neřízených střel ráže 57 mm a způsobily destrukci částí výrobního zařízení. K vážnějším následkům naštěstí nedošlo, ale riziko bylo značné. Továrna v době útoku totiž skladovala přes 200 000 tun chemikálií, které v případě destrukce kontejnerů a hoření mohly uvolnit do ovzduší velké množství toxických par a plynů, jež by se šířily do vzdálenosti až 100 km a ohrozily by životy několika desítek tisíc lidí. Bylo zde skladováno 13 705 tun bezvodého amoniaku, 8 000 tun elementární síry, 1 971 tun kyseliny dusičné, 3 639 tun kyseliny sírové, 20 500 tun chloridu draselného, 20 000 tun surového fosforu a 103 000 tun umělých minerálních hnojiv zejména na bázi dusíku.



Obrázek 127. Bombardování komplexu Pančevo.
[Zdroj: O-127]

od Bělehradu. V noci 18. dubna 1999 byly bombardovány tři závody tohoto komplexu (závod na výrobu dusíku a petrochemický závod), přičemž do prostředí uniklo velké množství chemických látek, kromě jiného 1 000 tun ethylen-dichloridu, 1 000 tun vinylchloridu, 1000 tun 33% kyseliny chlorovodíkové a větší množství chloru, fosgenu, amoniaku a produktů hoření ropy (shořelo asi 80 000 tun ropy). V celém průběhu války byly tímto způsobem uvolněny do ovzduší, půdy a vod tisíce tun vysoce nebezpečných látek (včetně dioxinu), které způsobily kontaminaci plochy o více než 100 tisíc km² (rozloha australského ostrova Tasmánie).



Obrázek 128. Bombardování komplexu Novi Sad.
[Zdroj: O-128]

V době války o Kosovo, spojené s bombardováním vybraných cílů v Jugoslávii leteckými silami NATO, bylo od 24. března do 8. června 1999 napadeno 23 petrochemických závodů, ropných rafinerií a skladů pohonných hmot (Pančevo, Novi Sad, Prahovo, Lipovica, Bogutovac, Smederevo, Novi Beograd, Sombor, Priština, Kragujevac, Baric a Bor) a 121 důležitých průmyslových závodů obsahujících různé chemikálie a lidskému zdraví škodlivé látky.

Nejznámějším je případ průmyslového komplexu Pančevo, se 150 tisíci obyvateli, který se nachází 15 km severovýchodně

Při bombardování Prištiny, uniklo do Dunaje asi 1 000 tun amoniaku, 330 tun kyseliny chlorečné, 1 400 tun ethylendichloridu a stovky tun ropy, které se mohly dostat až do Černého moře. Některé informační zdroje mluvily o potenciální environmentální katastrofě v celém balkánském regionu. Např. na kyselé deště jako důsledek bombardování chemických továren a rafinerií v Jugoslávii si stěžovala rumunská vláda a Bulharsko informovalo o „žlutém dešti“ v podunajské oblasti Vidin.

7.4 Použití Sarinu v pražském metru – případová studie

Tato část je sice zaměřena, na možnosti zneužití pouze nervově paralytických bojových chemických látek a na podmínky pražského metra, ale do značné míry je možné závěry aplikovat i na jiné velké metropole, kde se podzemní dráha vyskytuje. Protože jsou v dalším textu používána zásadně jen kódová označení bojových chemických látek, jsou tyto nebezpečné a vysoce toxické chemické sloučeniny přehledně uvedeny v tabulce 68.

Seřadíme-li z pohledu bojového použití nejběžnějším výbušným způsobem nervové jedy podle nebezpečnosti, která je dána souběžnou kombinací inhalační a perkutánní intoxikace, pak zřejmě vyjde poměrně jednoznačně:

- pro chladnější pásma je sekvence: VX → GD → GB → GA → GF,
- pro velmi teplé klimatické zóny: VX → GF → GD → GA → GB.

Prostor pražského metra můžeme přiřadit k chladnějšímu (mírnému) klimatickému pásmu. Výbušný způsob rozptylu však pravděpodobně nepřipadá jako vhodný, zejména rozhodně ne v případě vnitřního prostoru vagonu a nejspíše ani při použití ve stanicích. Lze předpokládat, že nejvhodnějším způsobem rozptylu je volné resp. usnadněné odpaření a dominantním způsobem zasažení inhalační intoxikace.

Tabulka 68. Kódy a chemické názvy nervově paralytických látek. [Zdroj: T-68]

Triviální název BCHL	Kód BCHL	Chemický název BCHL
Sarin	GB	O-isopropyl methylfosfonofluoridát
Cyklosarin	GF	O-cyklohexyl methylfosfonofluoridát
Soman	GD	O-pinakolyl methylfosfonofluoridát
Látka VX, USA	VX	O-ethyl S-[2-(diisopropylamino)ethyl] methylfosfonothiolát
VX-R látka, Rusko	R-33	O-isobutyl S-[2-(diethylamino)ethyl] methylfosfonothiolát
Tabun	GA	O-ethyl N,N-dimethyl fosforamidokyanidát

V tomto případě je nutno brát v úvahu vedle toxicity také těkavost. Za popsaných podmínek se jeví z pohledu nebezpečnosti značně jiná sekvence (od nejvhodnější látky po nejméně vhodnou) a to v následujícím pořadí: GB → GF → GD → GA → VX.

Z uvedených kritérií pak vychází jako nejnebezpečnější látka silně toxický a přitom nejtěkavější sarin (GB), jemuž je věnována výhradní pozornost v další části. Je pravděpodobné, že takovým způsobem se dobrala k výběru sarinu jako „nejvhodnější látky“ pro teroristické napadení i náboženská sekta Óm Širikjó (Nejvyšší pravda).

Je zřejmé, nebo i nejlépe pravděpodobné, že vzhledem k reálným možnostem techniky rozptylu, ale zejména vzhledem k souboru toxických a fyzikálně chemických vlastností, je nejpravděpodobnějším způsobem intoxikace akutní inhalační otrava. Pro vyrazení živé síly zneschopněním v důsledku závažných symptomů akutní inhalační otravy (miosa, dýchací obtíže), tak pro usmrcení, je sarin přesto mezi nejdůležitějšími nervovými jedy až na 3. místě (usmrcení LC_{50} 100 mg.min.m⁻³, zneschopnění EC_{50} 50 až 75 mg.min.m⁻³) za ca trojnásobně toxičtější somanem a asi troj až desetinásobně toxičtější látkou VX.

Vezmeme-li v úvahu potenciální možnosti rozptýlení, zejména v daných podmínkách nejjednodušším způsobem prostého odpaření, pak ze srovnání těkavosti jednoznačně vyplývá jeho dramaticky vyšší celková nebezpečnost. Maximální koncentrace (těkavost) C_{20max} totiž činí 11 500 mg.m⁻³. Překonává tak soman asi pětinašobně a látku VX dokonce tisícinásobně. Vysoká toxicita látky VX by byla zhodnocena pouze technikou rozptylu ve formě aerosolu, aby současně došlo k využití jeho nesmírně vysoké toxicity na nechráněnou kůži, nejlépe výbušným způsobem, který si lze u teroristického úderu ve vnitřních prostorech obtížně představit.

Takové použití už odpovídá podmínkám válečného nasazení chemických zbraní. Z uvedeného vyplývá, že v cílovém prostoru je nutno pro dosažení nebezpečného efektu inhalační intoxikací sarinem, tj. 50% zneschopnění až usmrcení dosáhnout hodnotou dávkového příkonu v rozmezí 50 až 100 mg.min/m³. Pro další kalkulace je nutno aplikovat další vstupní předpoklad, tj. odhad reálné expozice parám sarinu, vyplývající z předpokládaného setrvání (pobytu) osob v (kontaminovaných) prostorách metra.

Vzhledem k rozměru stanic a frekvenci pohybu vlaků, lišící se podle tratí i denní doby, lze odhadnout, že praktický pobyt jednotlivce, resp. skupiny cestujících od vstupu do eskalátorového tunelu přes čekání na vlak a nástup do vagonu, resp. analogický pobyt a pohyb po výstupu z vagonu obráceným směrem, v průměru nejspíše nepřesáhne dobu 5 minut. Z toho vyplývá, že vzhledem k shora zmíněným hodnotám bude pro danou expozici 5 minut ve vnitřním prostoru metra potřebná cílová koncentrace sarinu v parách 10 až 50 mg.m⁻³.

Ve vagonech tomu bude jinak. Vzhledem k menší rozloze pražského metra jsou jízdní doby, ve srovnání s Paříží, Londýnem, New Yorkem, Moskvou, Tokiem a jinými megametropolemi, kde běžně jsou trasy i s více než hodinovou dobou jízdy, nepoměrně kratší. Vzhledem k pouhým třem trasám s centrálním trojúhelníkem a velké frekvenci přestupujících cestujících v centrálních zónách lze mít za to, že průměrná doba pobytu ve vagonu pro cestující mezi pražskými stanicemi dálkové železniční a autobusové dopravy, přípoji na letiště i pro ostatní cestující se bude (dle zkušeností autora této zprávy) pohybovat v průměru cca 8 až 12 minut. Zvolíme-li pro jednoduchost expoziční dobu pro vagon metra 10 minut, pak bude ve vnitřním prostoru vagonu potřebná cílová koncentrace sarinu v parách 5 až 25 mg.m⁻³.

V obou uvedených případech jde o průměrné cílové koncentrace bojové chemické látky. Je nasnadě, že v závislosti na způsobu rozptylu se budou tyto koncentrace vytvářet postupně a zejména v případech prostého odpaření od nulových počátečních hodnot. Příslušný stupeň ohrožení cestujících v podzemní dráze zahrnuje v závislosti na způsobu rozptylu integrální hodnotu, která je dána dynamikou postupného vytváření účinných koncentrací, což je nutno zahrnout do dalších úvah o možnostech chemického napadení. Z toho zejména vyplývá, že potřebná počáteční množství pro danou kubaturu prostoru budou muset být nejspíše podstatně (tj. několikanásobně) vyšší nebo bude nezbytné kalkulovat s použitím metod facilitovaných způsobů urychleného odpaření.

Takové metody mohou využívat technik rozptylu, přiměřených teroristickému použití v uzavřeném prostoru, které však přitom nesmějí ohrozit samotné aktéry chemického teroristického napadení. V našich podmínkách zřejmě nepřipadají v úvahu neodhadnutelné následky úderů provedených sebevražednými teroristy ochotnými obětovat svůj život v rámci extrémního náboženského, etnického, nacionálního nebo politického fanatismu. Tato situace se však může dramaticky změnit jednak v souvislosti s turistickým ruchem, ale také z pohledu velké migrace obyvatelstva. Jak je všeobecně známo, v současné době vznikají různé komunity muslimských skupin také v České republice a to včetně budování základních náboženských symbolů, jako jsou mešity, modlitebny a jiné stavby.

Závěry, doporučení a shrnutí – terorismus je celosvětovou hrozbou, která vzrostla po teroristických útocích z 11. září 2001. Vyžaduje globální řešení, které nebude založeno jen na porážce teroristů, ale musí zároveň obsahovat snížení utrpení některých národů, kterého teroristé zneužívají pro své cíle. Mnohostranných mezinárodních a národních řešení je také potřeba k zabránění dalšího šíření zbraní hromadného ničení a případné možnosti jejich zneužití.

Chemický terorismus představuje v současné, v blízké i vzdálenější časové perspektivě závažnou bezpečnostní hrozbu v České republice. Její aktuálnost a nebezpečnost vyplývá z mnoha skutečností. Některé byly podrobně uvedeny v tomto odborném sdělení.

Pokud se jedná o oběti teroristických útoků, tak to nejsou pouze přímé lidské oběti, usmrcení a zranění lidí, ale také nepřímé oběti, jako jsou pozůstalí, kamarádi, známí, ale i informovaná veřejnost. Především na informovanou veřejnost teroristé spoléhají a své činy připravují jako kruté, brutální a velmi násilné, aby tím šokovali a stresovali celou veřejnost. Do této kategorie patří právě chemický terorismus, který může způsobit nebývalé rozsáhlé až katastrofické následky. Rovněž zde můžeme počítat kategorii zúčastněných osob, které nebyly vůbec zasaženy, ani poškozeny. Nicméně vzniklé trauma z prožitých hrůz na místě chemického napadení jistě zanechá v těchto lidech hluboké a většinou negativní vzpomínky na mrtvé, zasažené a postižené jedince. Nutností současné doby je pak potřeba intenzivního zapojení státních zpravodajských a tajných služeb, které se musí odhalováním přípravy teroristických útoků trvale zabývat s cílem zamezit provedení takového násilí nebo vydírání ve spolupráci s policií a dalšími orgány státní správy.

Z výše uvedeného vyplývá řada různých závěrů, které je třeba vzít v úvahu případně je i dále rozpracovat do té podoby, aby se z nich mohly odvodit zcela konkrétní a jasné organizačně-bezpečnostní a technicko-bezpečnostní opatření k ochraně obyvatelstva.

V závěru je nutno konstatovat, že pro:

- názornost jednoduchosti uskutečnění chemického teroristického napadení,
- přípravu celého složitého a provázaného řetězce preventivních, represivních, záchranných, ochranných, likvidačních a obnovovacích opatření,
- je nutno vytvářet možné ilustrační scénáře chemického terorismu, jak byly naznačeny v tomto odborném sdělení. Je třeba podtrhnout, že modelování chemického teroristického napadení, i jeho devastujících následků jsou nezbytným předpokladem pro důkladné vědecké bádání v dané oblasti, k zvýšení účinnosti i efektivnosti opatření ochrany obyvatelstva. Je pochopitelné, že i v rozvinuté společnosti České republiky musí stát na prvním místě zájmu občan a jeho osobní, rodinná a další bezpečnost.

Celkové závěry je možné shrnout do následujících doporučení:

Bez ohledu na to, nakolik je v našich podmínkách reálné nebo pravděpodobné očekávání teroristických napadení, je na místě předpokládat, že mezi důležitými terči potenciálního chemického napadení patří pražské metro mezi nejpravděpodobnější (jednak jednotlivý vagon vlakové soupravy podzemní dráhy, jednak prostor vlastní stanice s nástupišti). Proto je nezbytné studovat možnosti a okolnosti takového možného chemického napadení jako důležité a základní východisko k reálným preventivním, represivním, ochranným, záchranným a likvidačním, resp. nápravným opatřením.

Z praktického hlediska je účelné uvažovat s krajními scénáři chemického napadení, tj. s nejnebezpečnějším scénářem s vražednými cíli, a s cílem vyvolání paniky. Oba krajní scénáře mohou mít řadu odstupňovaných realizovatelných způsobů provedení, z nichž některé jsou výše naznačeny.

- Pro první – nejnebezpečnější – scénář je účelné předpokládat použití nejtoxičtějších supertoxických letálních nervových jedů (sarin, cyklosarin, soman, tabun).
- Pro druhý scénář lze předvídat použití zejména dráždivých látek (CS-látka, CR-látka, chloracetofenon, brombenzylkyanid, Adamsit, Clark I, Clark II, chlorpikrin).
- Vzhledem k nejpravděpodobnějšímu způsobu intoxikace formou akutní inhalační otravy se jeví jako nejnebezpečnější kontaminant (vzhledem k nejvhodnějšímu souboru fyzikálních a toxických vlastností) O-2-propyl methylfosfonofluoridát, tj. sarin. Bezpečná výroba sarinu není zcela jednoduchá, ale organizovanou skupinou a kvalifikovaným chemikem v podmínkách vysokého stupně ochrany je potřebné množství vyrobitelné, otázkou je konečná čistota produktu (resp. zápach nečistot).

Místa rozptylu kontaminantu v podstatě odpovídají cílovým místům napadení. V případě vagonu je to vhodné místo při nebo na podlaze, v případě stanice je to jednak středový prostor (u ostrůvkových stanic), resp. nástupištní prostor u halových stanic s centrálními kolejišti (typu Hlavní nádraží, Vyšehrad), jednak u všech typů stanic je to dále hrana nástupiště u vjezdu z traťového tunelu (s možným využitím proudu vzduchu tlačeno před příjíždějící vlakovou soupravou k rozptylu kontaminantu).

Vzhledem k toxicitě zvoleného kontaminantu jsou na základě parametrů jeho akutní inhační intoxikace, tj. středního zneschopňujícího účinku EC₅₀ a středního smrtícího účinku LC₅₀ a předpokládaných dob pobytu cestující veřejnosti ve vlastním staničním prostoru pro dva základní typy stanic (ražené a hloubené, zásadně se lišící objemem) a v prostoru vagonu odvozeny průměrné cílové koncentrace kontaminantu. Na základě takto expertně kvalifikovaně odhadnutých cílových koncentrací jsou odvozena minimální množství kontaminantu pro dané použití.

Autorům není známo, zda z pohledu stavební konstrukce metra a jeho technického vybavení neexistují další možná rizika utajeného zevního vnesení kontaminantu např. nějakým staničním větracím systémem nebo jiným podobným vstupem. Rozhodně však lze obecně uvažovat o další možnosti vnesení kontaminantu cestou dopravního tunelu. Navržená množství kontaminantu pro dané případy jsou výchozími úvahami pro reálné modelové testování za autentických podmínek, přičemž za kritický (z pohledu navrženého minimálního množství) lze pokládat způsob rychlého vytvoření cílové průměrné koncentrace (zejména ve vagonu).

Pro požadovanou cílovou koncentraci (vzhledem k žádoucímu účinku) bude pro volné odpaření (vzhledem k dynamice postupného vytváření cílové koncentrace v uzavřeném prostoru) potřebné mnohonásobně vyšší počáteční množství než v případě možného reálného usnadněného odpaření za použití výparníků různé konstrukce nebo v krajním případě mechanického rozptylu, který je schopen danou koncentraci vytvořit v době řádově desítek sekund (ovšem s vyšší možností včasného odhalení).

Na to může dát zcela reálnou odpověď pouze autentický modelový experiment (takové experimenty již byly v podmínkách pražské podzemní dráhy prováděny, ale jsou z pochopitelných důvodů utajovány). Ideálním řešením je vypracování odborné bezpečnostní zprávy nebo studie, na které by se měli podílet erudovaní odborníci mnoha různých profesí (jako například civilní a vojenští toxikologové, lékaři, zástupci hasičského záchranného sboru a policie České republiky, zástupci podzemní dráhy, atd.). Vysoce kvalifikovaná a pečlivá týmová práce může přinést i v tomto případě zásadně nové teoretické poznatky a návrhy praktických řešení. Jen taková komplexní odborná bezpečnostní zpráva nebo studie může problematiku důsledně analyzovat a vyhodnotit a tím v podstatě připravit podmínky pro jak teoretickou, tak i praktickou přípravu celého integrovaného záchranného systému a to včetně zahrnutí preventivních otázek.

7.5 Dopady pesticidů na zdraví lidí a životní prostředí – případová studie

7.5.1 Negativní dopady pesticidů na potraviny a zdraví

Na zdraví lidí jako konzumentů a zdravotní nezávadnost potravin mohou mít negativní vliv zbytky či rezidua pesticidních přípravků obsažená v potravinách a potravinových surovinách, pokud se vyskytují v množství vyšším, než jsou úředně stanovené tzv. maximální limity reziduí (dále v textu MLR). Maximální limit reziduí pesticidů je nejvyšší přípustné, toxikologicky přijata množství pesticidů v potravinách a potravinových surovinách, které se vyjadřují v hmotnostním poměru mg.kg⁻¹ celého definovaného produktu.

Podle Zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů jsou:

- potravinami látky určené ke spotřebě v nezměněném nebo upraveném jako jídlo nebo nápoj (z rostlinných produktů např. ovoce, zelenina, brambory atd.),
- potravinovými surovinami zemědělské, lesní, mořské a jiné produkty, určené pro výrobu potravin, popřípadě potraviny určené k dalšímu zpracování (na obiloviny, chmel atd.).

V procesu ověřování vlastností každého přípravku na ochranu rostlin v rámci registračního řízení (jiného řízení o povolení) je sledován průběh a rychlost jeho rozpadu po ošetření dané plodiny. Z hodnocení dynamiky reziduí přípravku se současně odvozuje ochranná lhůta jako doba stanovená ve dnech, která musí být dodržena termínem aplikace a sklizní nebo ošetřením skladovaného rostlinného produktu a jeho spotřebou a vyskladněním a uvolněním ke konzumu nebo krmení. Ochranná lhůta je proto vždy, pokud přichází v úvahu s ohledem na příslušný termín použití uvedena v Přehledu registrovaných přípravků na ochranu rostlin.

Podle citovaného zákona o potravinách je zakázáno uvádět do oběhu potraviny jiné než zdravotně nezávadné. Potraviny, v nichž je vyšší množství reziduí pesticidu než je stanovený maximální limit pro daný pesticid nebo obsahují rezidua pesticidu, pro který není MLR stanoven, tj. zpravidla při použití neregistrovaného pesticidního přípravku jsou tyto potraviny „jiné než zdravotně nezávadné“. Jako takové nesplňují podmínky zdravotní nezávadnosti a příslušný orgán státního dozoru (v případě potravin rostlinného původu příslušný Inspektorát Státní zemědělské a potravinářské inspekce) zakáže uvádění této závadné potraviny do oběhu a nařídí příslušná opatření k jejímu využití (použití jako suroviny, přepracování).

K vážnému ohrožení zdravotní nezávadnosti a bezpečnosti potravin a potravinových surovin při používání přípravků dochází zejména v případech, kdy uživatel přípravků použije neregistrovaný přípravek, pro který není v ČR stanoven MLR, nebo překročí stanovenou dávku přípravku nebo nedodrží stanovenou ochrannou lhůtu. Většinu zákazníků v první řadě zajímá, jaký vliv mají chemicky ošetřená pole na naše zdraví. Právě potravinami se do lidského těla dostává nejvíce cizorodých látek. Zbytky pesticidů se podle oficiálních testů objevují v nemalé části ovoce a zeleniny, které lze koupit v obchodech. Státní zemědělská a potravinářská inspekce v nich našla zbytky 116 druhů pesticidů. Ale většina vzorků dodržuje předepsané limity. Překračuje je zhruba jedno procento testovaných potravin. Patřila mezi ně česká jablka, španělské grapefruity nebo paprika z Maroka.

V posledních desetiletích vědci zjistili, že některé chemické látky – takzvané endokrinní disruptory – mohou narušovat účinek lidských hormonů a vývoj malých dětí v matčině těle. Patří mezi ně i řada pesticidů. Hnutí DUHA podrobně mapovalo jejich používání v českém zemědělství. Farmáři jich používají stovky tun ročně, například linuron na bramborách nebo kukuřici či thiram určený k ochraně obilovin. Potíží je v tom, že podle některých výsledků by endokrinní disruptory mohly působit i při extrémně nízkých dávkách, které se u běžných toxických účinků považují za naprosto bezpečné. Lékaři se domnívají, že stojí za některými nepříznivými zdravotními trendy, především dlouhodobým poklesem množství spermií.

Kontroloři navíc sledují pouze koncentrace jednotlivých pesticidů. Ve skutečném životě však na lidské zdraví působí směsice mnoha látek. Některé lékařské výzkumy naznačují, že v koktejlů různých chemikálií se účinky mohou vzájemně podporovat a násobit. Nakolik je to opravdu vážné riziko, ještě není jasné. Podle státního Vědeckého výboru pro potraviny jsou tyto kombinace „závažným a doposud neuzavřeným problémem“.

A konečně – statistiky sice ukazují, že na potraviny s nadlimitním obsahem pesticidů v obchodech narazíte jen vzácně. Nicméně to stále nic nemění na faktu, že těch několik lidí, co mají smůlu, je jejich účinkem postiženo.

Podobně optimistická čísla vycházejí z testů ve Velké Británii. Několik tamních toxikologů a ekologických expertů je podrobilo matematickým pravděpodobnostním kalkulacím. Z propočtů vyšlo, že jablko nebo hrušku, kde koncentrace pesticidů překračuje bezpečný limit, každý den sní něco mezi 10 až 220 dětmi.

Rozhodně nehrozí, že se ovocem nebo zeleninou ze supermarketu otrávíte. A dozajista je zdravější jíst jablka či mrkev, byť ošetřených nemalými dávkami pesticidů, než kombinovat uzeniny s kolou plnou cukru a prosolenými chipsy. Hlavní riziko toxických postřiků nesporně spočívá ve škodách, jež působí při použití. Přinejmenším kvůli ozdravení krajiny a návratu přírody do polí a sadů je namístě dívat se v obchodech po zboží, které zemědělci vypěstovali bez masového nasazení pesticidů.

Negativní účinky pesticidů na lidské zdraví jsou velice komplexní. V posledních letech přibývá vědeckých studií prokazujících souvislost mezi vystavením určitým pesticidům a vznikem závažných civilizačních chorob jako jsou nemoci srdce a cév (např. mozková mrtvice, srdeční infarkt), narušení hormonálního systému (např. cukrovka, poruchy štítné žlázy) nebo nervového systému (např. Parkinsonova choroba).

V Evropské unii byly v roce 2007 nalezeny pesticidy skoro v polovině testovaných vzorků potravin. Tato zbytková množství chemických postřiků se označují jako rezidua pesticidů. Laboratorní analýzy prokázaly téměř 350 různých chemikálií, přičemž mezi 10 nejčastěji prokázanými pesticidy byly látky vyvolávající mutace a rakovinu, chemikálie narušující hormonální systém nebo ohrožující rozmnožování. Přibližně 5 % testovaných vzorků potravin obsahovalo pesticidy v množství překračujícím evropské limity. Zhruba čtvrtina testovaného ovoce, zeleniny a obilovin obsahovala dva nebo více pesticidů. Více než 5 % testovaných vzorků obsahovalo dokonce pět či více pesticidů. Ale v řadě potravin bylo nalezeno více než 10 pesticidů (!), nejčastěji v paprikách a hroznovém víně.

Vlivy dlouhodobého působení nízkých dávek reziduí pesticidů a jejich směsí zatím nejsou dostatečně prozkoumané. Odborníci za závažný problém považují zejména současný výskyt několika druhů pesticidů s podobným účinkem, např. organofosfáty a karbamáty působící na enzym cholinesterázu.

Potraviny s nejvyššími hodnotami pesticidů (seřazeno od nejvyšších hodnot)

- *Celer* – obsah 64 zbytků známých pesticidů. Z nich je 13 známých či možných karcinogenů, 31 podezřelých narušitelů hormonů, 12 neurotoxinů, 14 toxinů škodících vývoji a reprodukci a 20 včelích toxinů.
- *Broskve* – obsah 62 zbytků známých pesticidů. Z nich je 10 známých či možných karcinogenů, 29 podezřelých narušitelů hormonů, 12 neurotoxinů, 11 toxinů škodících vývoji a reprodukci a 25 včelích toxinů. Jako extrémně lákavé pro škůdce se používá hodně pesticidů, více jich bude v dovozových.
- *Jarmuz* – obsah 55 zbytků známých pesticidů. Z nich je 9 známých či možných karcinogenů, 27 podezřelých narušitelů hormonů, 10 neurotoxinů, 10 toxinů škodících vývoji a reprodukci a 23 včelích toxinů.
- *Jahody* – obsah 54 zbytků známých pesticidů. Z nich je 9 známých či možných karcinogenů, 24 podezřelých narušitelů hormonů, 11 neurotoxinů, 12 toxinů škodících vývoji a reprodukci a 19 včelích toxinů. Dovozové jahody jsou často ošetřeny postřikem, lepší je dávat přednost tuzemským s ověřeným původem.
- *Borůvky* – obsah 52 zbytků známých pesticidů. Z nich je 8 známých či možných karcinogenů, 24 podezřelých narušitelů hormonů, 14 neurotoxinů, 7 toxinů škodících vývoji a reprodukci a 21 včelích toxinů. Není nad to si je nasbírat v lese.

- *Hlávkový salát* – obsah 51 zbytků známých pesticidů. Z nich je 12 známých či možných karcinogenů, 29 podezřelých narušitelů hormonů, 9 neurotoxinů, 10 toxinů škodících vývoji a reprodukci a 21 včelích toxinů.

- *Paprika* – obsah 49 zbytků známých pesticidů. Z nich je 11 známých či možných karcinogenů, 26 podezřelých narušitelů hormonů, 13 neurotoxinů, 10 toxinů škodících vývoji a reprodukci a 19 včelích toxinů. Zejména španělské a turecké papriky jsou zatíženy pesticidy.

- *Špenát* – obsah 48 zbytků známých pesticidů. Z nich je 8 známých či možných karcinogenů, 25 podezřelých narušitelů hormonů, 8 neurotoxinů, 6 toxinů škodících vývoji a reprodukci a 23 včelích toxinů. Hhnojení dusíkatými hnojivými vede k nárůstu nitrátu v listech.

- *Kapusta* – obsah 46 zbytků známých pesticidů. Z nich je 9 známých či možných karcinogenů, 25 podezřelých narušitelů hormonů, 10 neurotoxinů, 8 toxinů škodících vývoji a reprodukci a 25 včelích toxinů. V listech kapustech se mohou hromadit těžké kovy a tedy i použité pesticidy.

- *Fazole* – obsah 44 zbytků známých pesticidů. Z nich je 8 známých či možných karcinogenů, 22 podezřelých narušitelů hormonů, 11 neurotoxinů, 8 toxinů škodících vývoji a reprodukci a 18 včelích toxinů.

- *Jablka* – obsah 42 zbytků známých pesticidů. Z nich je 7 známých či možných karcinogenů, 19 podezřelých narušitelů hormonů, 10 neurotoxinů, 6 toxinů škodících vývoji a reprodukci a 17 včelích toxinů. Česká jablka se nesmějí voskovat, ale stříkat ano a pesticidy jsou tedy na slupce, kterou když oloupeme, přijdeme o mnoho dobrých látek. Lepší budou asi „obyčejnější jablka“ klídně i s červíkem.

- *Třešně* – obsah 42 zbytků známých pesticidů. Z nich je 7 známých či možných karcinogenů, 22 podezřelých narušitelů hormonů, 7 neurotoxinů, 8 toxinů škodících vývoji a reprodukci a 18 včelích toxinů. Dovozové třešně obsahují značené množství „ochranných rostlinných prostředků“, nejlepší je si je natrhat.

- Stojí za zmínku:

- Brambory – obsah 37 známých reziduí pesticidů.
- Okurky – obsah 35 známých reziduí pesticidů.
- Rajčata – obsah 35 známých reziduí pesticidů.
- Hrozny – obsah 34 známých reziduí pesticidů.
- Brokolice – obsah 33 známých reziduí pesticidů.

Potraviny obsahujících nejméně zbytků pesticidů

- *Banány* – obsah 12 zbytků známých pesticidů. Z nich jsou 4 známé či možné karcinogeny, 7 podezřelých narušitelů hormonů, 2 neurotoxiny, 5 toxinů škodících vývoji a reprodukci a 2 včelí toxiny. Slupky banánů se smějí automaticky ošetřit postřikem, protože se nepředpokládá, že by je někdo konzumoval.

- *Grapefruit* – obsah 11 zbytků známých pesticidů. Z nich jsou 4 známé či možné karcinogeny, 4 podezřelé narušitelé hormonů, 4 neurotoxiny, 4 toxiny škodící vývoji a reprodukci a 2 včelí toxiny.

- *Mandle* – obsah 9 zbytků známých pesticidů. Z nich je 1 známý či možný karcinogen, 4 podezřelé narušitelé hormonů, 3 neurotoxiny, 0 toxinů škodících vývoji a reprodukci a 4 včelí toxiny.

- *Chřest* – obsah zbytků známých pesticidů. Z nich je 1 známý či možný karcinogen, 7 podezřelých narušitelů hormonů, 4 neurotoxiny, 3 toxiny škodící vývoji a reprodukci a 5 včelích toxinů.

- *Cibule* – obsah 1 zbytek známých pesticidů. Z nich je 0 známých či možných karcinogenů, 0 podezřelých narušitelů hormonů, 0 neurotoxinů, 0 toxinů škodících vývoji a reprodukci a 0 včelích toxinů.

7.5.2 Negativní dopady pesticidů na zdraví zemědělců

Zemědělci, kteří přicházejí do kontaktu s pesticidy, mají zvýšené riziko onemocnění rakovinou mozku. S odkazem na novou vědeckou studii o tom informovala agentura Reuters. Studie se zúčastnilo téměř 700 dospělých lidí, část z nich s mozkovými nádory.

Francouzští vědci zjistili, že lidé pracující v zemědělství, kteří jsou nejvíce vystaveni pesticidům, mají dvakrát vyšší pravděpodobnost, že onemocní rakovinou mozku, než ti, co v práci s pesticidy nepracují. Zároveň vědci objevili důkaz, že lidé, kteří ošetřují své domácí rostliny pesticidy, jsou rovněž více ohroženi rakovinou mozku. Vědci však upozornili, že nové zjištění dosud nebylo v předchozích studiích pozorováno, pro potvrzení je tedy potřeba další výzkum, píše Reuters.

Starší studie dávaly do souvislosti vystavení pesticidům a negativní dopady na mozek, jako například zvýšené riziko Parkinsonovy choroby. Nová studie se zaměřila na obyvatele francouzské oblasti Bordeaux. Tento region s proslulými vinicemi patří mezi oblasti s největším výskytem rakoviny mozku na světě. Isabelle Baldiová z univerzity v Bordeaux se svými kolegy srovnávala 221 dospělých, kteří mezi lety 1999 a 2001 onemocněli rakovinou mozku, se 442 zdravými lidmi stejného věku.

Zjistilo se, že průměrné riziko rakoviny mozku je obecně o 29 procent vyšší mezi lidmi, kteří jsou v zaměstnání vystaveni pesticidům, než mezi lidmi, kteří jim vystaveni nejsou. Nebyl objeven důkaz, že by lidé vystaveni nižším koncentracím byli více ohroženi rakovinou mozku. Avšak mezi farmáři, vinaři a dalšími lidmi, kteří jsou ve velké míře pesticidům vystaveni, je riziko mozkového nádoru dvojnásobné. Průzkum typů nádorů ukázal, že u lidí pracujících s pesticidy se třikrát častěji vyskytoval gliom.

7.5.3 Negativní dopady pesticidů na blanokřídlé

Včely patří k nejvíce ohroženým druhům hmyzu při aplikaci pesticidů, zejména insekticidů. Pesticidy, které zemědělci používají k ochraně úrody nebo včelstev, mohou „zkratovat“ mozek včel a ovlivnit jejich paměť a schopnosti navigace. Ty jsou přitom nezbytně nutné, aby včela dokázala najít potravu a zároveň opylovala plodiny, což je životně důležité pro lidskou produkci potravin, uvedli vědci ve studii, kterou zveřejnil časopis Nature Communications.

Tým pozoroval mozky včel v laboratoři poté, co je vystavil neonikotinoidovým insekticidům používaným na plodiny a organofosfátům, které se používají proti roztočům zamořujícím včelí úly. Po vystavení obdobným koncentracím, s jakými by se včely setkaly ve volné přírodě, okruhy pro učení v jejich mozku rychle přestaly pracovat, uvedli vědci: „*Společně tyto dvě třídy pesticidů prokázaly větší negativní dopad na včelí mozek a předpokládá se, že brání včelímu učení*“, řekl agentuře AFP spoluautor studie Christopher Connolly z lékařského výzkumného ústavu University of Dundee.

„*Opylovači vykonávají složité chování, zatímco shánějí potravu, a to od nich vyžaduje učit se a pamatovat si květinové znaky spojené s jídelm,*“ dodala Geraldine Wrightová ze střediska pro chování a evoluci Newcastle University.

Zjistí-li chovatel včel, že došlo k úhynu včel v důsledku použití přípravků, oznámí to neprodleně příslušnému orgánu Státní veterinární správy (SVS), která v součinnosti s Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským (ÚKZUZ) provede místní šetření a podle výsledku zajistí odběr vzorků a jejich vyšetření odborným ústavem – Národní referenční laboratoří (NRL) a informování chovatele včel o výsledku tohoto vyšetření. Výsledek vyšetření vzorků poskytne též ÚKZUZ.

K vyšetření příčin uhynutí včel musí být odebrán vzorek uhynulých včel v počtu nejméně 500 jedinců a vzorek ošetřeného porostu o hmotnosti nejméně 200 gramů. Vzorky musí být označeny a zabaleny v prodyšném pevném obalu a nejpozději do 72 hodin po ošetření porostu doručeny odbornému ústavu k provedení analýzy.

7.5.4 Negativní dopady vojenského používání pesticidů

7.5.4.1 Vojenské použití pesticidů ve Vietnamu – 1962 až 1971

Herbicidy nejsou zahrnuty v žádném seznamu chemických látek obsažených v Úmluvě, ale jejich použití jako prostředku bojové činnosti je Úmluvou zakázáno.

Taktickým i strategickým záměrem užití herbicidů ve Vietnamu v rámci „*Operace Ranch Hand*“ bylo vedle ničení úrody zejména odlišování přirozeného krytu vojenských základen. Při bojovém použití bylo použito herbicidů nejčastěji ve formě vodných nebo olejových roztoků, emulzí, suspenzí. Převážně však bylo použito fytotoxických látek ve formě aerosolů. Ty byly rozptýlovány do ovzduší na fyzikálně-chemickém nebo mechanickém principu. Kontaminace přízemních vrstev atmosféry byla ve Vietnamu:

- prováděná pomocí disperze kapalných nebo tuhých látek,
- vypařováním nebo sublimací kapalných nebo tuhých látek.

V obou případech přechází použitá látka do ovzduší buď jenom ve formě par, nebo ve formě aerosolů. Na základě široce prováděných vojskových zkoušek a zkušeností z použití herbicidů zejména při konfliktu, se ukázalo, která z těchto složek za dané situace převažuje. Také bylo zjištěno, že efektivní použití uvedených typů látek je závislé na mnoha faktorech:

- na druhu a způsobu disperze,
- na fyzikálně-chemických vlastnostech dané látky,
- na teplotě a vertikální stabilitě atmosféry v pásmu šíření aerosolového oblaku,
- na velikosti aerosolových částic (jejich rozměr a tvar závisejí na tenzi par těchto látek,
- na druhu chemické sloučeniny,
- na konstrukci munice nebo vypouštěcích zařízení.

Převedením látky do formy aerosolu se dosahovalo rozptýlení většího množství dané látky do ovzduší, než odpovídá její výparnosti. Dispergovány mohou být i takové kapalné nebo tuhé látky, které nejsou za normálních podmínek schopny tvořit potřebnou koncentraci par.

Převedením herbicidů do aerosolové formy se dosahovalo při stejném celkovém objemu látky několikanásobného zvýšení jejího povrchu, a tím i zvýšení účinné (styčné) plochy. Tato skutečnost právě u herbicidů hrála významnou roli, protože pro dosažení ničivého účinku na porost je nutný bezprostřední styk. Rozptýlení herbicidů ze vzduchu byl nejspolehlivější postup pro rychlé pokrytí oblasti bez ohledu na velikost. Nejdůležitější taktické směsi herbicidů, používané armádou USA ve Vietnamu, byly nazvány od barevných zátek, které uzavíraly barely, jako Agent Orange, Agent White, Agent Purple a Agent Blue.

Ve Vietnamu se praktikovaly nejčastěji tyto způsoby:

- postřik nebo poprášení neředěnými herbicidy,
- postřik zředěnými herbicidy, ale ve velkém množství,
- opakovaný postřik stejných oblastí.

Defolianty bylo postiženo 12 % lesů a 5 % zemědělské půdy ve Vietnamu. Z postižených lesů zmizela většina savců a více než 3/4 druhů ptáků. Zničen byl i ekosystém v mangrovo- vých porostech na mořském pobřeží. Zde se návrat do normálního stavu se odhaduje asi na 100 let.

Následky operace Ranch Hand nese Vietnam ještě 45 let po válce a ještě dlouho ponese, i když asi nebylo americkým záměrem takovýmto způsobem zničit území svého tehdejšího spojence. Dioxiny nebyly v té době známy a tak může operace Ranch Hand sloužit jako varování, že ne každý zdánlivě neškodný nápad lidé a příroda ocení.

Tabulka 69. Použité druhy herbicidů americkou armádou ve Vietnamu. [Zdroj: T-69]

Herbicid	Složení	Použití	Poznámka
Agent Orange	50: 50 směs esterů n-butyl-2,4-D a 2,4,5-T	1/65-4/70	rozpuštěný v motorové naftě, nerozpuštěný ve vodě, použití – lesy, zemědělství
Agent Orange II Super Orange	50:50 směs n-butylesteru 2,4-D a izooctyl kyseliny 2,4,5-T	1968-1969	rozpuštěný v motorové naftě, nerozpuštěný ve vodě, použití – lesy, zemědělství
Agent Purple	20 % izobutyl-1,4,5-T 50 % n-butyl-2,4-D 30 % n-butyl-2,4,5-T	1/62-1964	rozpuštěný v motorové naftě, nerozpuštěný ve vodě, použití – lesy, zemědělství
Agent Pink	4:1 směs triisopropanolamin 2,4-D a 4-amino-3,5,6-trichloro-2-pyridinecarboxylová kyselina (Pikloram)	1962-1964	rozpuštěný ve vodě, nerozpuštěný v motorové naftě,
Agent Green	2,4,5-T	1962-1964	
Agent White	36% triisopropanolamonium-2,4-D 8 % triisopropanolamonium-4-amino-3,5,6-trichloropikolinát (sůl Picloramu)	---	použití – zejména zemědělství,
Agent Blue	27,7 % dimethylarzinát sodný (kakodylát sodný) a 4,8 % kyselina dimethylarzinová (kyselina kakodylová)	---	vodní roztok, použití – lesy, zemědělství a kolem amerických základů
Dinoxol	2,4-D a 2,4,5-T	1962-1964	
Trinoxol	2,4,5-T	1962-1964	
Diquat	1,1'-ethylen-2,2'-bipyridyldiylidium dibromid	1962-1964	
Bromacil	5-bromo-6-methyl-3-(1-methylpropyl)uracil	1962-1964	- prášek s 80 % účinné látky označení Hyvar-X, - ve vodě rozpustný prášek s 50 % účinné látky označení Hyvar-X-WS, - kapalný roztok 480 g.litr ⁻¹ označení Urox „B“
Monuron	3-(4-chlorfenyl)-1,1-dimethylmočovina	1962-1964	granulát s 2 % monuronu-TCA označení Urox 2
Diuron	3-(3,4-dichlorfenyl)-1,1-dimethylkarbonyldiamid	1962-1964	
Dalapon	sodná sůl kyseliny 2,2-dichlorpropanové	1962-1964	

7.5.4.2 Vojenské použití pesticidů mimo Vietnam

Austrálie – v roce 2008 prohlašoval australský vědec Jean Williams, že výskyt rakoviny ve městě Innisfail, stát Queensland byl 10krát vyšší než v celostátním průměru a to vzhledem k tajnému testování Agent Orange ze strany australských vojenských vědců během války ve Vietnamu.

Williams obdržel za výzkum o vlivu chemických látek na americké válečné veterány Řád Austrálie. Zdravotní oddělení státu Queensland však došlo k závěru, že výskyt rakoviny ve městě Innisfail nebyl vyšší než v ostatních částech tohoto australského státu.

Brazílie – Brazilská vláda použila herbicidy ke zničení části amazonského deštného pralesa, aby mohla z důvodu hornické činnosti postavit u Tucuruí hráz. Velké plochy deštného pralesa byly zničeny, spolu s domovy a půdou tisíců venkovských rolníků a domorodých kmenů.

Kambodža – Agent Orange byl používán jako defoliant ve východní Kambodži během vietnamské války, ale jeho dopad na obyvatelstvo a přírodu lze obtížně posoudit vzhledem k chaosu, který panoval za vlády Rudých Kmerů.

Kanada (New Brunswick) – se svolením kanadské vlády testovala americká armáda herbicidy, včetně Agent Orange, v lesích poblíž základny kanadských sil Gagetown v New Brunswick a to po dobu třech dnů v roce 1966 a čtyř dnů v roce 1967. Vojákům pracujícím na základně bylo řečeno, že chemikálie by neměly mít na ně žádné škodlivé účinky. Tato nepřesnost vedla o mnoho let později k žádostem o náhradu za úchy za lékařskou péči. Dne 12. září 2007 oznámil Greg Thompson (kanadský ministr pro záležitosti veteránů), že vláda Kanady nabízí postiženým jednorázové odškodnění ve výši 20.000 dolarů za expozici herbicidem Agent Orange, ke kterému došlo u vojenské základny Gagetown. Dne 12. července 2005 podala organizace Merchant Law Group LLP jménem více než 1100 kanadských veteránů a civilistů, kteří žili ve městě a okolí základny Gagetown u federálního soudu Kanady žalobu pro nečinnost v soudních sporech týkající se použití herbicidů Agent Orange a Agent Purple. Dne 4. srpna 2009, byl případ soudem pro nedostatek důkazů zamítnut. Proti rozhodnutí bylo podáno odvolání. V roce 2007 kanadská vláda oznámila, že výzkumem a zjišťováním skutečností zahájených v roce 2005, bylo zjištěno, že lidé pracující na základně byli v bezpečí.

Kanada (Ontario) – dne 17. února 2011 bylo v médiích Toronto Star zveřejněno, že stejné chemikálie jaké byly používány v džunglích Vietnamu, byly použity na pozemcích v severním Ontariu. Toronto Star uvedl, že záznamy z let 1950, 1960 a 1970 ukazují na přítomnost lesních dělníků, často studentů a mladé Rangers, kteří tam pobývali celé týdny v době, kdy nízko letící letadla prováděla postřik toxickými herbicidy, včetně směsi známé jako Agent Orange. Ve stejný den, v reakci na článek Toronto Star, zahájila vláda provincie Ontario šetření v používání herbicidu Agent Orange. Na druhý den tj. 18. února 2011 rozšířilo Ministerstvo přírodních zdrojů provincie Ontario šetření o používání Agent Orange na všechny oblasti provincie, kde obhospodařování lesů měla na starosti provinční vláda.

Britská Kolumbie – záznamy ukazují, že koncem šedesátých a začátkem let sedmdesátých, bylo použito desítek tisíc galonů směsí ke zničení trávy, křovin a stromů v blízkosti dálnic a podél elektrického vedení. V některých případech byla směs nastříkána blízko obytných domů a farem. Směs kyselin 2,4-D a 2,4,5-T byla ve vládních finančních fakturách označována jako „*Type B Weed a Brush Killer*“. Když inženýři objednali a používali samotnou (čistou) kyselinu 2,4,5-T, tak ji označovali ji jako „*typ C Weed a Brush Killer*“. Celkem bylo v letech 1965 až 1972 použito k postřikům asi 26.000 galonů herbicidů typu B Weed a Brush Killer a asi 10.000 galonů typu C Weed a Brush Killer. Sudy s chemikáliemi byly ministerstvem silnic odeslány do čtyř oblastí: Kamloops, Nelson, Prince George a Vancouver.

Guam – analýza látek v půdě na ostrově Guam ukazují, že herbicid Agent Orange byl mezi používanými herbicidy na a kolem vojenských základen Anderson Air Force Base, Naval Air Station Agana a Guam. Navzdory důkazům ministerstvo obrany USA nadále popírá, že by byl Agent Orange skladován nebo používán na Guamu. Veteráni sloužící na Guamu získali důkazy, které použili v soudních přech, ve kterých se dožadovali nároků pro invalidy pro přímé vystavení účinkům dioxinů, které obsahují herbicidy jako je kyselina 2,4,5-T.

Postižení lidí, kteří byli vystaveni účinkům herbicidů na Guamu, bylo stejné jako postižení vojáků, kteří byli vystaveni stejné chemické látce Agent Orange použité ve Vietnamu.

Korea – herbicid Agent Orange byl použit v Koreji na konci šedesátých let. Vojenské jednotky Korejské republiky byli jediní, kteří se podíleli na stříkání herbicidů v korejské demilitarizované zóně (DMZ). Odtajněné dokumenty amerického ministerstva obrany ukazují, že se korejští úředníci obávají žalob tisíců svých vojáků, kteří mohli přijít do styku s herbicidy na konci šedesátých a začátku let sedmdesátých. Podle jednoho vysokého jihokorejského vládního úředníka, může jít až o 30.000 korejských veteránů trpících nemocemi v důsledku expozice herbicidy. V roce 1999 podalo kolem 20.000 Jihokorejců dvě oddělené žaloby proti společnostem v USA, ve kterých žádali odškodné ve výši více než 5 miliard dolarů. Poté, co soud prohráli, tak v roce 2002 podali odvolání proti rozhodnutí. V lednu 2006 nařídil jihokorejský odvolací soud americkým chemickým firmám Dow Chemical a Monsanto zaplatit náhradu ve výši 62 miliónů dolarů pro zhruba 6.800 lidí.

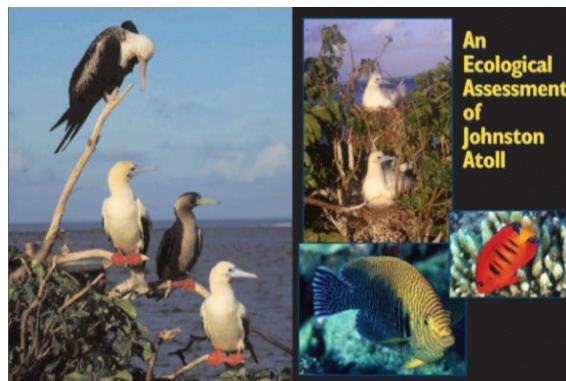
V soudním rozhodnutí bylo konstatováno, že „obžalovaným (firmám) se nepodařilo zajistit bezpečnost, jelikož jejich vyrobené defolianty měly vyšší množství dioxinů, než byl standard“, což byla „příčinná souvislost“ mezi herbicidem Agent Orange a 11 prokázanými onemocněními, včetně rakoviny plic, hrtanu a prostaty. Soudci se nepodařilo potvrdit „vztah mezi účinky chemikálií a periferní neuropatii (poškození nervů periferní nervové soustavy), nejrozšířenější nemoci mezi oběťmi herbicidu Agent Orange“. Periferní nervový systém zaznamenává podněty, jako třeba teplo, bolest, dotyk a informace o nich posílá do míchy a dále do mozku. Zde se daná informace vyhodnotí a tělo na ni pak odpovídajícím způsobem zareaguje. Častými projevy pak jsou slabost, snížená citlivost a bolest, která postihuje především ruce a nohy, ale může postihnout i jiné části těla.

Laos – části Laosu byly postříkány herbicidem Agent Orange během války ve Vietnamu.

Nový Zéland – expozice vojáků Nového Zélandu ve Vietnamu po použití Agent Orange bylo sporné, vzhledem k vlastní výrobě herbicidu Agent Orange pro Vietnam a další uživatele v továrně Ivon Watkins-Dow ve městě Paritutu státu New Plymouth, protože předměstí Paritutu bylo také kontaminováno. Existují však případy vzniku rakoviny, zejména rakovina kostí u vojáků Nového Zélandu, ale žádný vědecký výzkum nepotvrdil spojení výskytu této rakoviny s expozicí herbicidy.

Filipíny – byly provedeny studie o kontaminaci půdy herbicidy Agent Orange a White na Filipínách. Filipínský zkušební herbicidní program byl proveden ve spolupráci s Filipínskou univerzitou, Vysokou školou lesnickou a byl popsán v roce 1969 ve vydání The Philippine student.

Johnston Atoll – operace US Air Force k odstranění zásob herbicidu Agent Orange z Vietnamu v roce 1972 byla pojmenována Operation Pacer IVY a operace zničení zásob herbicidu Agent Orange uložených na atolu Johnston v roce 1977 se jmenovala Operation Pacer HO. Operace Pacer IVY (zásoby) spočívala ve shromáždění herbicidu Agent Orange v Jižním Vietnamu, následného odvezení v roce 1972 na palubě lodí MV Transpacifik a jeho uložení na atolu Johnston (viz obr. 72 a 73). Agentura ochrany pro životní prostředí (EPA) uvádí, že 1,800.000 galonů herbicidu Agent Orange bylo uloženo v Pacifiku při Johnston Island a 480.000 galonů v Gulfport Mississippi.



Obrázek 129. Ekologická studie vlivu pesticidů na atolu Johnston. [Zdroj: O-129]

Byly zahájeny výzkum a studie s cílem najít bezpečnou metodu, na likvidaci těchto látek a bylo zjištěno, že by mohly být bezpečně spalovány za zvláštních teplotních a časových podmínek. Nicméně, nákup herbicidů byl nákladný a letectvo se proto rozhodlo své přebytky zásob herbicidů odprodat místo toho, aby je ukládalo do moře, nebo na moři spalovalo.



Obrázek 130. Vytékající Agent Orange se sudů na atolu Johnston circa 1973. [Zdroj: O-130]

Jednou z řady testovaných metod, byla metoda zpracování herbicidů, při kterém došlo k odstranění toxického 2,3,7,8-tetrachlordibenzo-p-dioxinu (TCDD) karbonizovaným kokosovým vláknem. Tento postup byl v roce 1976 testován a pilotní závod byl následně postaven v Gulfport, Mississippi.

Během operace Pacer HO (Herbicide Orange), v době od července do září 1977 byly veškeré zásoby herbicidu Agent Orange z obou úložišť z Gulfport, Mississippi a atolu Johnston spáleny na palubě holandské lodi pro spalování odpadu MT Vulcanus v blízkosti ostrova Johnson Island (4 plavby).

Japonsko (Okinawa) – desítky zpráv o použití a/nebo skladování vojenských herbicidů na Okinawě byly otištěny v tisku. Tyto zprávy pocházely z prohlášení bývalých příslušníků USA, kteří byli rozmístěni na ostrově, fotografií, záznamů vlády a objevených skladovaných barelů s herbicidy. Americké ministerstvo obrany tyto obvinění v prohlášení vojenských činitelů ústy svého mluvčího v lednu 2013 popřelo.

Thajsko – Agent Orange byl testován Spojenými státy v Thajsku během války v jihovýchodní Asii. Bylo potvrzeno, že u pracovníků, kteří v roce 1999 při inovaci letiště nedaleko Hua Hin, 100 km jižně od Bangkoku otevřeli neznámé barely, se projeví příznaky otravy herbicidem Agent Orange. Mnoho veteránů z doby války ve Vietnamu (kdykoliv mezi 28. února 1961 a 7. května 1975), kteří byli služebně zařazeni v celní správě letišť, nebo sloužili (pracovali) na/nebo v blízkém okolí kolem amerických vojenských základen v Thajsku, mohli být vystaveni toxickým účinkům herbicidů a mohou mít nárok na veteránské výhody. Nárok z důvodu přímé expozice je možný v případě, že jednotlivec může doložit, že v té době pracoval, nebo žil v těsné blízkosti postižených oblastí amerických základen v Thajsku. Z odtajněné zprávy amerického Ministerstva obrany z roku 1973 vyplývá, že došlo k výraznému používání herbicidů kolem oplocení amerických vojenských základen v Thajsku, aby se odstranily trávy a keře, ve kterých se mohl skrývat nepřítel.

Spojené státy – Havajská univerzita potvrdila rozsáhlé testování herbicidu Agent Orange Ministerstvem obrany Spojených států na Havajském ostrově Kaua'i v letech 1967-68 a na ostrově Hawaii Island v roce 1966. Zkoušení a skladování na jiných místech v USA bylo zdokumentováno Ministerstvem pro záležitosti veteránů Spojených států.

V roce 1971 byl letoun C-123, který se využíval k rozprašování herbicidu Agent Orange ve Vietnamu po návratu do Spojených států přiřazen do USAF rezervní letky na východním pobřeží. V letech 1972 až 1982 se používal v tradiční letecké přepravě nasazovaných sil v zahraničních misích. V roce 1994, v rámci testovní práškovacích letadel, byla u letadla zjištěna „silná kontaminace“ zbytkovým dioxinem. Na dotazy leteckých posádek veteránů v roce 2011 odpovědělo americké ministerstvo pro záležitosti veteránů, že koncentrace zbytkového dioxinu není tak vysoká aby mohli být letecké posádky zařazeny do programu postvietnamských válečných veteránů. Dne 26. ledna 2012 Centrum pro kontrolu nemocí (CDC) a Agentura pro toxické látky a registr nemocí (ATSDR) napadli toto zjištění, s tím že bývalé letadlo bylo skutečně kontaminované a posádky byli vystavené škodlivým koncentracím dioxinů.

V reakci na obavy veteránů, postoupila Asociace veteránů z Vietnamu (VVA) v únoru 2014 otázku C-123 k Institute of Medicine ke studii. Ve zprávě o obraně z prosince 2006 bylo uvedeno testování Agent Orange a jeho ukládání na 32 úložišcích po celých USA, stejně jako v Kanadě, Thajsku, Puerto Rico, Koreji a v Tichém oceánu. Vojenská základna Eglin Air Force Base na Floridě byla jedním z testovacích míst v roce 1960.

7.5.5 Chemická havárie s yperitem v přístavu Bari – zbraně v moři – případová studie

Italské město Bari leží na pobřeží Jaderského moře. Během 2. světové války byl námořní přístav ve městě Bari pod britskou správou. Počet obyvatelstva činil 200 000 osob. Byla to hlavní zásobovací základna 8. americké armády generála Montgomeryho, stejně jako 15. velitelství amerických vzdušných sil. Severně bylo ve městě Foggia letiště používané Američany.

Do námořního přístavu Bari se vozil válečný materiál na lodích, kromě jiného, také velká množství leteckého paliva. Přístav Bari byl kritickým místem pro zásobování Spojenců. Bombardováním přístavu a jeho zničením si Němci slibovali značné oslabení Spojenců a to včetně ochromení jejich leteckých sil.

Během 2. světové války existovala stálá možnost, že Němci použijí chemické zbraně. Mimo jiné je nutné zdůraznit, že měli připraven jak tabun, tak i sarin a na konci války byl vyvinut ještě soman – všechny tyto nervově paralytické bojové chemické látky jsou považovány do současné doby za „nejvíce nebezpečné bojové chemické látky“. Od konce roku 1943 přešla však strategické iniciativa z Německa na Spojence. Přes výše uvedené úvahy o nepoužití chemických zbraní ve 2. světové válce v Evropě se Spojenci obávali, že by mohl Hitler použít své chemické zbraně s cílem zvrátit strategickou rovnováhu ve svůj prospěch.

Na základě výše uvedených obav bylo rozhodnuto, aby americká loď John Harvey převezla náklad yperitu (ve formě leteckých pum) ze Spojených států amerických do Itálie a to jako strategickou rezervu právě pro případ vypuknutí „chemické války“. V listopadu 1943 dostal nadporučík Howard D. Beckstrom ze 701. chemické roty rozkaz, aby zabezpečil přepravu 2 000 kusů chemické munice na italské válčiště. Chemická munice byla přepravena z Eastern Chemical Warfare Depot v Marylandu do Baltimoru vlakem. V Baltimoru byla uvedená loď naložena 2 000 kusy chemické munice M47-A1, což byly 100 librové yperitové letecké bomby. Celkem se jednalo o 100 tun yperitových leteckých bomb. Velitelem lodi byl kapitán Elwin Knowles (válečný veterán). Doprovázel jej poručík Thomas H. Richardson, který měl za úkol zabezpečit utajení tohoto citlivého nákladu.

Americká loď vezla výstroj, potraviny a velké množství munice včetně yperitových bomb. Loď John Harvey dorazila po několikerém zakotvení v jiných námořních přístavech do italského přístavu Bari 28. listopadu 1943. Na konci listopadu byl námořní přístav Bari přeplněn a bylo v něm velmi rušno. John Harvey čekal na vyložení nákladu lodi až do 2. prosince 1943. Protože náklad lodi byl vysoce utajen, nebyla lodi John Harvey dána žádná přednost při vykládání naloženého nákladu. I přesto, že se v námořním přístavu pracovalo dnem i nocí, kapitán Knowles se dozvěděl, že k vyložení nákladu by mělo dojít až za několik dní. Proto velitel lodi podniknul několik cest na velitelství přístavu v Bari, ale zcela zbytečně.

Buď ani on nevěděl, jaký náklad veze, nebo jeho obsah nechtěl vyradit. Poručík T. H. Richardson kontaktoval všechny odpovědné důstojníky v námořním přístavu, ale byl omezen tím, co mohl odhalit a nebyl schopen vyjednat pro vyložení nákladu lodi žádnou přednost.

Britský velitel námořního přístavu v Bari údajně znal obsah nákladu lodi John Harvey, ale měl přísné pokyny, nikomu nic neprozradit. Proto odmítl dát lodi jakoukoli přednost ve vykládce – zřejmě z důvodu utajení.

Němci objevili vysoké soustředění a nahromadění mnoha lodí v námořním přístavu v Bari. Dobře věděli jak je přístav důležitý pro válečné operace Spojenců a jejich logistické zabezpečení v Itálii.

Německý vzdušný útok na námořní přístav Bari byl velkým překvapením. Předpokládalo se, že britský radarový výstražný systém vyhlásí varovný poplach, ale v rozhodující chvíli nebylo důležité zařízení v provozu. Očití svědkové uváděli, že v činnost nebyly uvedeny žádné poplachové sirény.

Německý vzdušný útok na přístav Bari provedla německá luftwaffe (bombardéry JU-88) a útok začal ráno v 7:20 dne 2. prosince 1943 za jasného počasí. V námořním přístavu bylo v té době celkem 30 námořních lodí a to jak válečných, tak i obchodních. Německá letadla přiletěla z východu, přístav byl brilantně vidět a celý letecký nálet trval jen asi 20 minut.

Ohrožené námořní lodě neměly žádné možnosti manévru a úniku z bombardovaného přístavu, přístavní hráz byla přeplněna loďmi. Americká loď John Harvey nedostala sice žádný přímý zásah, ale okolní lodě ano, což bylo mnohdy spojeno s několika výbuchy a následným rozsáhlým požárem. Situace byla vážná, i když loď John Harvey nedostala přímý zásah, ale vlivem požárů okolních lodí vylétla do povětří. Všichni, co byli na palubě, byli okamžitě zabiti a její náklad byl vymrštěn do povětří. Yperit unikal ze zničených bomb a mísil se s olejem plovoucím na povrchu moře a s mrakem kouře z rozsáhlých požárů. Zatímco ve vodě se yperit málo a špatně rozpouští, v organických rozpouštědlech (tedy i oleji) se rozpouští dobře. Rada vojáků a námořníků při záchraně života plavala v této „yperitové břečce“, aniž by o tom věděli.

Oběti byly postupně převáženy do nemocnic. Nemocniční personál ponechal chybně oběti v jejich „olejovém“ oblečení. Oběti trpěly spáleninami, puchýři, dočasnou slepotou, oteklými genitáliemi a podrážděním dýchacího systému. Zákeřnost yperitu byla také v tom, že projevy zasažení yperitem mají poměrně dlouhou dobu latence (skrytý průběh otravy), se zpožděním kolem 4 až 6 hodin a to se objeví jen podráždění kůže nebo očí. Jakmile začaly oběti umírat, doktoři začali předpokládat, že se může jednat o zasažení bojovými chemickými látkami. Některé literární prameny uvádí, že podplukovník Stewart F. Alexander nakonec potvrdil, že oběti byly zasaženy yperitem.

Celkem 628 „yperitových obětí“ bylo léčeno (90 % obětí byli Američané), z toho 69 osob umřelo během prvních 2 týdnů. První úmrtí se objevila 18 hodin po zasažení yperitem. Většinu obětí se podařilo zachránit a vyléčit. Nejsou ovšem k dispozici údaje o zasažených civilních osobách yperitem. Navíc po náletu mnoho lidí odešlo z města, někteří z nich mohli být obětí yperitu a později zemřeli pro nedostatek lékařské péče.

Z celkového počtu 30 námořních lodí přítomných 2. prosince 1943 v přístavu bylo 17 lodí zničeno (potopeno) a dalších 7 lodí bylo vážně poškozeno. Američané utrpěli největší ztráty z německého vzdušného náletu a to 5 lodí, další ztráty byly u Britů – 5 lodí, 3 lodě Norsko, po 2 lodích ztratili Italové a Poláci. Dalších 7 námořních lodí bylo vážně poškozeno. Německý nálet na Bari vyřadil námořní přístav na dobu 3 týdnů z provozu. Někdy je německý letecký nálet na italský přístav Bari přezdíván jako „druhý Pearl Harbor“.

Není dodnes zcela jasné, zdali Němci věděli o „yperitovém nákladu“ na americké lodi John Harvey. Především britský ministerský předseda Winston L. S. Churchill chtěl celou nepřijemnou záležitost utajit a to i po osudném bombardování přístavu Bari. Především se bál toho, že po vyzrazení „speciálního amerického nákladu“ by celá akce byla vykládána jako německé dílčí vítězství a byla využita nacistickou propagandou. Případ tak zůstal zahalen tajemstvím.

Ohrožení chemickými zbraněmi potopenými v mořích – případová studie

Uvedená závažná chemická nehoda s yperitem jasně dokládá jeho vysokou nebezpečnost. Ačkoliv mezinárodní dohoda „Úmluva o chemických zbraních“ a také národní zákon a prováděcí vyhláška zakazuje vývoj, výrobu a použití yperitu, není úplná záruka, že tato významná bojová chemická látka nebude v budoucnu zneužita proti lidem, případně jiným cílům (otrava hospodářských zvířat, zamoření prostoru, apod.).

Navíc jsou údaje o výrobě yperitu velmi snadno dostupné, Např. stará odborná publikace Viktora Ettela, „Chemická válka“ z roku 1932 (viz použitá literatura) uvádí hned několik způsobů možné přípravy yperitu. Uvedená kniha je běžně dostupná v mnoha veřejných knihovnách a navíc naznačené výrobní postupy yperitu představují v podstatě „kuchařku“, čili literatura neuvádí jen výchozí reakční suroviny a následné chemické reakční mechanismy, ale také podrobně popisuje reakční podmínky, jako jsou teplota, tlak, apod. Na stranách 98 až 103 jsou detailně popsány tři způsoby výroby yperitu: německá výrobní metoda, metoda francouzská, metoda anglická (americká). Již v této staré literatuře jsou popsány podrobně fyziologické účinky yperitu, použití yperitu, ochrana proti yperitu, první pomoc na dalších stránkách knihy.

Ačkoliv se v odborných kruzích sulfidický yperit považuje už mnohé roky za „zastaralou bojovou chemickou látku“, z výše uvedeného je jasně vidět jeho vysoká toxická síla. Proto by se sulfidický yperit mohl stát zajímavou bojovou chemickou látkou pro teroristy. Nejen z tohoto důvodu zůstává rychlá a správná ochrana před yperitem, rozpoznávání otravy a léčení otrav yperitem v trvalém zájmu jak krizovým manažerů, tak i zdravotnického personálu jak v České republice, tak i v zahraničí.

Dalším problémem je potopená nevybuchlá munice, která koroduje a začíná z ní unikat yperit. Podle italského novináře Gianluca di Fea z týdeníku L'Espresso, autora knihy „Jedy státu“ leží na dně přístavu Bari blíže neurčené množství bomb s yperitem, stejně jako na několika dalších místech v Jaderském moři, kam je odvezly a potopily spojenecké jednotky při zamaskování incidentu. Podle něj jsou bomby v žalostném stavu a je otázkou času, kdy se z nich plyn uvolní. Jde prý o tikající chemickou smrt...

Před těmito „časovanými bombami“ v moři varoval už v roce 1999 italský námořní institut ICRAM. Podle něj sonary objevily tisíce chemických náloží v jižní části Jadranu. Jsou prý v tak žalostném stavu, že je jen otázkou času, kdy se z nich otravné látky uvolní. Obří chemický arzenál Itálie vybudoval diktátor Benito Mussolini. Jeho zásoby otravných látek patřily k největším ve světě. Za fašismu v letech 1922–45 Italové vyrobili 12 500 až 23 500 tun bojových jedů. Podle Britů jich však bylo mnohem více – jen dvě italské továrny vychrlily každá údajně 50 až 60 tisíc tun yperitu.

Po skončení druhé světové války bylo podle profesora Jacka Bedovského z Polského institutu oceánografie svrženo do Baltského moře 65 tisíc tun chemických zbraní. Jen do Gotlandské prohlubně uložily ruské a britské jednotky minimálně 15 tisíc tun německé munice obsahující chemické látky. Většina těchto úložišť je známa: v Baltském moři je to zejména okolí ostrovů Gotland a Bornholm. Jde o tak nebezpečné látky, jako je yperit, chlór, adamsit, fosgen, tabun, kyanid sodný či arsiny. Tyto bojové látky byly nalezeny v sedimentech skládek, což dokazuje, že mohou unikat přes zkorodované obaly kontejnerů.

Nedávná studie přinesla alarmující zjištění: ryby ulovené v blízkosti těchto podmořských skládek vykazují vysokou míru genetického a buněčného poškození. Výzkumy částečně financované EU v rámci projektu Chemsea byly prováděny v Bornholské pánvi, která je důležitou oblastí pro tření komerčně ceněných druhů ryb. Vědci zkoumali na 42 studijních stanicích populaci: Platýse bradavičnatého (*Platichthys flesus*), sledě obecného (*Clupea harengus*) a tresky obecné (*Gadus morhua*), které byly loveny standardními vlečnými sítěmi.

Extrémně vysoká úroveň genotoxicity byla takřka stoprocentně zaznamenána na všech stanicích, u všech zkoumaných druhů ryb. Navíc oproti výzkumům prováděným v minulých letech šlo o vyšší stupeň poškození a závažnější genetické mutace a byla zaznamenána vyšší úmrtnost ryb ve znečištěných oblastech. Jedním z důvodů toho mohou být velké podmořské projekty realizované v posledních letech, jako je pokládání plynovodů a kabelů a odminování dna, které mohly narušit pláště chemické munice.

Do oceánů byly ukládány chemické zbraně nejen po druhé, ale již i po první světové válce. Podle zprávy amerického ministerstva obrany sama americká armáda uložila na dno oceánů mezi lety 1918-1970 chemické zbraně v 74 případech. V moři skončila munice obsahující chemické látky (dělostřelecké a minometné granáty) či zásoby chemických látek uložené v betonových či kovových kontejnerech. Mnohdy byly naskládány do útrob vysloužilé lodě a ta byla poslána ke dnu. Možným důsledkům na životní prostředí nebyla tenkrát věnována velká pozornost.

Tyto operace byly většinou pečlivě evidovány, některé však proběhly nahodile, bez jakýchkoli záznamů. Zejména bývalý Sovětský svaz o takovýchto svých aktivitách nikdy mezinárodnímu společenství neinformoval. Dělal se to často takto: námořníci stáli na palubě a shazovali náboje do vody za plavby. Tedy na obrovských prostorech leží chemické náboje, které rezavějí. V ruských pobřežních vodách může být uloženo až 160 tisíc tun chemických zbraní, jež jsou potenciální hrozbou pro ekologii i zdraví člověka.

V roce 2009 šokoval švédské diváky dokumentární pořad místní veřejnoprávní televize, který informoval o tom, že Sovětský svaz ukládal chemické zbraně na dno Baltského moře ještě v roce 1992. Skrytá kamera umístěná ve švédských vodách tehdy jednu takovou operaci zachytila. Sovětská armáda na záběrech házela přímo do moře kontejnery s nervovými plyny a radioaktivním materiálem.

Nikdo přesně neví, kolik vyřazených chemických zbraní je skryto ve vodách kolem Evropy. Ale jen šestina chemické munice pocházející z německých zbrojních skladů prokazatelně uložená v Baltském moři by zde dokázala zabít vše živé na sto let.

Chemické zbraně na dně oceánů představují tři druhy hrozeb:

- Mnohé obsahují výbušný materiál, a tak může dojít k samovolné explozi.
- Rybolov, bagrování, pokládání potrubí a kabelů v těchto oblastech může narušit zkorodované obaly a do vody se mohou uvolnit chemické látky, které ohrozí lidi v okolí.
- Třetí hrozba spočívá v přímých a nepřímých škodách, způsobených chemickými látkami a jejich degradačními produkty na životní prostředí.



Obrázek 131. Potopená chemická munice v moři.
[Zdroj: O-131]



Obrázek 132. Záběr na zkorodovaný barel s otravnou látkou na mořském dně. [Zdroj: O-132]

Od poloviny 90. let prudce vzrostl výskyt rakoviny plic a kůže mezi švédskými rybáři, kteří lovili u ostrovů Bornholm a Gotland u jihošvédského pobřeží. Jde o typické následky kontaktu s yperitem. Laik však v podstatě nemůže poznat, že nebezpečná chemikálie do vody uniká – yperit je téměř bezbarvá kapalina, která je „lehce cítit po česneku nebo ředkvi“. Ve skladovacích nádobách vydrží desítky let a pomalu uniká do okolního prostředí...

Toto nebezpečí nehrozí pouze v Baltském moři, ale také třeba u Japonských ostrovů či v Jaderském moři, kde bylo zaznamenáno velké množství úrazů v důsledku vystavení se chemické expozici při náhodném kontaktu s bojovými látkami. Většinou k tomu došlo při vlečení rybářských sítí či bagrování. Italští vědci evidují v Jaderském moři v období od konce II. světové války přes dvě stě případů zasažení yperitem, včetně pěti úmrtí.

Například v Pobaltí, kde po druhé světové válce Spojenci na dno moře svrhli munici pocházející z německých zbrojních skladů, odhady hovoří o alespoň 40 000 tunách. Z toho nejméně 13 000 tun obsahuje jedovaté látky. Šestina tohoto množství by dokázala zabít vše živé v Baltském moři na sto let. Před deseti lety ruský vědec Alexander Korotenko předpověděl, že někdy mezi léty 2020 a 2060 koroze postoupí natolik, že jedy začnou unikat do životního prostředí. Pouhých šestnáct procent celkového množství by stačilo na to, aby byl vyhlazen veškerý život v Baltském moři.

„To je pravda, ale je velmi nepravděpodobné, že by všechna ta munice zrezivěla najednou,“ říká Jacek Beldowski, který toto prohlášení klade do širších souvislostí. Beldowski pracuje v Oceánologickém ústavu v Sopotech, přímořském městečku v Polsku. Je také koordinátorem iniciativy Chemsea (Chemical Munitions Search & Assess project), což je z evropských fondů dotovaný mezinárodní výzkumný projekt zabývající se vyhledáváním a posuzováním chemických zbraní. *„Na jedné straně budou jedy určitě unikat, ale na straně druhé se po kontaktu s vodou stávají méně nebezpečnými,“* říká Beldowski. *„Chemické zbraně jsou rozprostřeny na ohromném území, kde jsou vystaveny velmi různorodým podmínkám. Jsou také v místech, kde je nedostatek kyslíku, a tak budou jen těžko podléhat korozi.“* Takže problémem je hlavně nejistota. *„Jisté je jenom to, že v příštích letech se v Baltském moři zaručně objeví nová forma znečištění.“*

Podle názoru Katji Broegové z Institutu Alfreda Wegenera v Bremerhavenu, instituce, která se rovněž podílí na projektu Chemsea, výsledky výzkumu prováděného v Baltském moři poskytnou cenné informace pro využití v Severním moři: *„To platí zejména v případě toxikologického výzkumu. V daných lokalitách lovíme ryby nebo shazujeme klece s mušlemi, abychom zjistili, jestli neonemocní rakovinou.“* Nicméně, ve vztahu k šíření jedů se podmínky v Severním moři a na Baltu zcela liší, vysvětluje Broegová: *“Severní moře je daleko slanější a je v něm daleko více silných mořských proudů než v Baltu.“*

Chemsea a další výzkum musí, mezi jinými věcmi, rovněž vést k vypracování souhrnu pokynů pro rybáře. Co máte dělat, když v síti najdete mezi treskami i granát ráže 150 mm? A jaké kroky učiníte, jestli mezi sledi najdete kousek yperitu? Yperit neuniká v plynné formě, ale ve vodě se mění na lepkavou hmotu, kterou mohou mořské proudy unášet po mnoho let.

Jen krátce poté, co se tyto látky začaly v padesátých letech minulého století skladovat pod mořem, byly hlášeny první případy, kdy rekreanti z přímořských oblastí NDR a Polska utrpěli yperitové popáleniny. V Polsku došlo k dvaceti čtyřem vážným úrazům. Poslední z nich se stal v roce 1997, kdy rybáři vytáhli v síti na palubu obrovský kus yperitu.

Nicméně největším rizikem je mechanické poškození. Z tohoto důvodu se úřady prakticky všude rozhodly, že se nebudou snažit munici vyzvedávat. Stavební činnost může mít katastrofální důsledky, neboť může poškodit velké množství výbušnin najednou.

O tomto nebezpečí hojně psal tisk díky stavbě podmořského plynovodu North Stream, jehož trasa z Ruska do Německa vede Baltským mořem. Podle Jacka Beldowskiho je plynovod jen jedním z příkladů. *„Mořské dno je stále častěji narušováno stavebními projekty: Kabely, větrnými elektrárnami a potrubím. Musí tak být urychleně vypracovány postupy pro výkopové práce, stavby a vrty v rizikových zónách.“*

Podle OSPARu – smlouvy o spolupráci mezi zeměmi ležícími u Severního moře, je v Severním moři a přilehlých částech Atlantického oceánu 31 míst, kde pomalu rezivějí chemické zbraně. Dále je tu 120 skládek konvenčních zbraní, o kterých se však ví, že obsahují těžké kovy a další nebezpečné látky. 64 z nich leží u francouzského pobřeží. Jen v německém Bightu nedaleko Waddenských ostrovů bylo po druhé světové válce do hlubin shozeno více než 1,5 miliónů tun munice, z čehož 90 tun tvořily chemické zbraně. Ve Skagerraku mezi Dánskem a Norskem potopili Spojenci nejméně 45 lodí převážejících chemické zbraně. Mezi Irskem a Skotskem byl v místě zvaném Beaufort's Dyke do moře svržen milión tun munice, z čehož část opět sestávala z chemických zbraní.

V Baltském moři jsou známy dvě hlavní skládky toxických odpadů: Nedaleko ostrova Bornholm a v gotlandské pánvi mezi ostrovy Gotland a pobaltskými republikami. Ve Středomoří je největší skládka chemické munice u italského města Bari. Od druhé světové války se tu už přihodilo celkem 232 nehod způsobených chemickým odpadem, zejména yperitem.

Jedna z největších podmořských skládek chemických zbraní se nachází v Severním moři u belgického pobřeží nedaleko holandských hranic. Po první světové válce byly bojiště v Belgii vyčištěny od munice. Při pokusech o přepravu a skladování těchto zbraní však pravidelně umírali lidé, a tak se koncem roku 1919 vláda v Bruselu rozhodla zbavit se jich shozením do moře. Každý den po celých šest měsíců zmizel v moři u pobřeží nedaleko Knokke Heist celý lodní náklad munice. *„Nevíme, proč se nerozhodli plavit se dále na moře. Pravděpodobně se svého nákladu chtěli zbavit co nejrychleji, protože jeho přeprava byla také velice nebezpečná,“* říká Tine Missiaenová z Renardova centra pro mořskou geologii v Gentu.

Výsledkem je, že *mělčina Paardenmarkt* nedaleko pobřeží musí být každoročně kontrolována. Je totiž posledním místem odpočinku nejméně 35 000 tun munice, z nichž nejméně jednu třetinu tvoří granáty plněné bojovým plynem. Většina z nich už zmizela pod silnou vrstvou sedimentů. V roce 1972 ale byly některé z nich z vody vytaženy. Ukázalo se, že jsou v pozoruhodně dobrém stavu, díky prostředí s nízkým obsahem kyslíku. Tehdy ještě silná koroze nenastala.

8. Závěr

Právo na život člověka a jeho důslednou a efektivní ochranu je jedním ze základních lidských práv, což je jasně uvedeno i v Ústavě České republiky. Český stát bere na sebe značný díl odpovědnosti za ochranu obyvatelstva. Proto musí trvale vytvářet a kontrolovat v souladu s Listinou základních práv a svobod účinné a efektivní ochranné mechanismy a modely ochrany obyvatelstva, do kterých musí být zahrnuty i nové hrozby terorismu, tedy nebezpečí chemického, biologického, radiologického a jaderného terorismu.

První díl publikace podrobně popisuje účinky zbraní hromadného ničení a průmyslových havárií (radiačních, chemických a jiných havárií) a uvedené hrozby analyzuje, hodnotí a popisuje a to především s cílem vytvoření vhodného systému prevence, ochrany a záchrany obyvatelstva v rámci vytvořených záchranných systémů. Stát je tak do jisté míry připraven čelit tomuto závažnému nebezpečí. V odborné veřejnosti se soudí, že nové hrozby terorismu se budou obecně nejen dále modifikovat podle vědeckého poznání, ale pravděpodobnost popisovaných napadení obyvatelstva se bude zvyšovat.

Detailní studium politického, hospodářského, sociálního nebo bezpečnostního pozadí současného terorismu, respektive ono pověstné hledání *“kořenů terorismu”* je činností, vyžadující intenzivní a dlouhodobou práci mezinárodního týmu specialistů z řady oborů. To však nebylo cílem této publikace. Její čtenáři se proto musí *“spokojit”* s konstatováním, že terorismus představuje závažný celosvětový bezpečnostní problém, který se v dohledné době patrně nepodaří zcela potlačit, ale se kterým je nutné nekompromisně bojovat.

Stupeň připravenosti civilního obyvatelstva je v současné době na poměrně nízké úrovni. Veřejná informovanost o preventivních opatřeních, o charakteru možného ohrožení obyvatelstva a předpokládaných scénářích možných mimořádných událostí, o připravených záchranných a likvidačních pracích a o ochraně obyvatelstva je málo dostatečná a často podceňovaná jak kompetentními správními orgány, tak i většinou obyvatelstva. A to přesto, že jak v minulosti, tak i v nedávné době byla připravena řada literárních podkladů nebo dokonce i kapesní a jiné užitečné příručky pro informovanost obyvatelstva.

Otevřenější a efektivnější spolupráce zpravodajských a informačních služeb je jednou s nadějných cest celosvětového potlačování terorismu, a je zvláště nezbytná pro preventivní opatření. Je však zcela zřejmé, že informace je silou, proto se s ní špatně pracuje, resp. její výměna je provázána značnými potížemi a to nejen na mezinárodní úrovni, ale mnohdy i v národním rámci. Dokáží zpravodajské služby najít účinné způsoby a cesty přijatelné a efektivní spolupráce? Problematiky znalí odborníci jsou v tomto ohledu značně skeptičtí. Již Napoleon věděl, že budou-li v jeho systému pracovat tři informační služby, je prakticky nemožné, aby táhly za jeden provaz.

Současné kapacity záchranných sil a prostředků celého systému v České republice musí být efektivně využity, doplněna nová potřebná zařízení a prováděn následný praktický nácvik a výcvik, musí se provést praktické ověřování existujících krizových plánů tak, abychom byli připraveni i na chemický, biologický, radiologický a jaderný terorismus.

V neposlední řadě je nutno zdůraznit, že při hrozbě provedení aktu chemického, biologického, radiologického nebo jaderného terorismu mohou vznikat silné psychologické efekty, které budou situaci dále komplikovat a vyhrocovat. Vznik a projevy těchto efektů nejsou zatím dostatečně důkladně prozkoumány, nejčastěji jsou známy reakce z vojenského prostředí na útok se zbraněmi hromadného ničení.

Očekávaný a již se postupně realizující přechod od klasických nástrojů terorismu, tj. tichých zbraní, výbušnin, zápalných látek a střelných zbraní k chemickému, biologickému, radiologickému a jadernému terorismu vyžaduje rozhodný společný postup mezinárodní komunity v boji proti terorismu a prohloubení schopnosti adekvátně reagovat na národní úrovni při preventivních, represivních, ochranných, záchranných a likvidačních opatřeních v souvislosti s teroristickými údery. Základním východiskem k těmto aktivitám a jejich úspěšnosti je společná politická vůle a odhodlání vtělená do systému politických východisek a právních norem, od nichž je možno odvíjet soubor konkrétních opatření krizového řízení v rámci existujících národních bezpečnostních strategií a institucionálního uspořádání pro ochranu obyvatelstva.

Změny, kterými terorismus prochází, jsou velké a významné. Státy mající etnické, kulturní a náboženské rozpory, nízkou výkonnost ekonomiky, slabou vládu a nedostatečný režim na hranicích představují potenciálně hlavní zdroje k růstu terorismu. To však je jen jedna stránka mince. Teroristický útok na významné objekty ve Spojených státech 11. září 2001, události z Madridu, Londýna i Šarm aš-Šajchu potvrdily, že dnes neexistuje na světě místo, které by bylo před terorismem bezpečné.

Uherské Hradiště 1. června 2020

9. Přílohy

9.1 Seznam – schémata (S)

- Schéma 1. Znázornění rozpadu gama. [Zdroj: S-1 – Archív autora]
Schéma 2. Hlubinné úložiště. [Zdroj: S-2 – <http://www.surao.cz>]
Schéma 3. Povrchový areál hlubinného úložiště. [Zdroj: S-3 – <http://www.surao.cz>]
Schéma 4. Zóna havarijního plánování. [Zdroj: S-4 – Archív autora]
Schéma 5. Německý útok chlorem 22. dubna 1915. [Zdroj: S-5 – <http://www.canadiansoldiers.com>]
Schéma 6. Povstání v Tambovské gubernii 1920 – 1921. [Zdroj: S-6 – Autor: P. S. Burton after Memnon335bc, <https://upload.wikimedia.org>]
Schéma 7. Místa leteckých postřiků herbicidy provedených US armádou v Jižním Vietnamu v letech 1961-1971. [Zdroj: S-7 – Autor: 718 Bot, <https://en.wikipedia.org>]
Schéma 8. Klasifikace chemické zbraně. [Zdroj: S-8 – Archív autora]
Schéma 9. Klasifikace bojových chemických látek. [Zdroj: S-9 – Archív autora]
Schéma 10. Cesty pronikání bojových chemických látek do organismu. [Zdroj: S-10 – Archív autora]
Schéma 11. Bojové vlastnosti bojových chemických látek. [Zdroj: S-11 – Archív autora]
Schéma 12. Mezomerní efekt – posun elektronů π násobné vazby. [Zdroj: S-12], Plk. v. z. Ing. Ladislav STŘEDA, CSc. *Novičok. Případ Sergeje a Julije Skripalových*. [on-line]. Dostupné z: http://www.stripyzesveta.cz/public/img/novicok_streda_.pdf. Střípky ze světa, Vydává: INSPIRACE, o.s., 2019, 237 s. bez ISBN.
Schéma 13. Území ohroženo chlorem uniklým z chemičky Spolana Neratovice (21. 7. 2000). [Zdroj: S-13 – <http://zpravy.idnes.cz>]

9.2 Seznam – grafy (G)

- Graf 1. Rozdělení energie jaderného výbuchu při vzdušném jaderném úderu $H =$ do 30 km. [Zdroj: G-1 – Archív autora]
Graf 2. Průběh tlakové vlny jaderného výbuchu v závislosti na času a vzdálenosti. [Zdroj: G-2 – Archív autora]
Graf 3. Hodnoty součinitelů K_{st} , K_p a K_{pra} plošné hustoty stropní konstrukce. [Zdroj: G-3 – Archív autora]
Graf 4. Emise NO_x z antropogenních zdrojů. [Zdroj: G-4 – <http://www.irz.cz>]

9.3 Seznam – tabulky (T)

- Tabulka 1. Přehled anglických zkratk. [Zdroj: T-1 – Archív autora]
Tabulka 2. Vznik jaderných mocností. [Zdroj: T-2 – Archív autora]
Tabulka 3. Rok získání termojaderných zbraní. [Zdroj: T-3 – Archív autora]
Tabulka 4. Pokusné jaderné výbuchy. [Zdroj: T-4 – Archív autora]
Tabulka 5. Bilance Korejské války 1950 – 1953. [Zdroj: T-5 – <https://cs.wikipedia.org>]
Tabulka 6. Raketové nosiče jaderných zbraní v zemích třetího světa. [Zdroj: T-6 – Archív autora]
Tabulka 7. Modifikace a typy kompletů v ČSLA. [Zdroj: T-7 – plk. v. v. Ing. Vladimír Šufajzl a Vladimír Mohyla, Taktické jaderné prostředky ČSLA, bojové použití raketového vojska a dělostřelectva pozemního vojska v Československé lidové armádě, Praha: 2010, s. 171, bez ISBN, http://www.fortifikace.net/soubory/studie_takticke_jaderne_prostredky_csla.pdf]
Tabulka 8. Nehody jaderných ponorek od roku 1960. [Zdroj: T-8 – Michal Béza, Martin Faix: Nehody ruských ponorek, <http://www.military.cz/russia/navy/submarin/nehody.htm>, Archív autora]
Tabulka 9. Současný stav jaderných zbraní na světě k lednu 2018. [Zdroj: T-9 – SIPRI YEARBOOK 2018, <https://www.sipri.org/sites/default/files/SIPRIYB18c06.pdf>]
Tabulka 10. Mohutnosti jaderných výbuchů. [Zdroj: T-10 – Archív autora]
Tabulka 11. Doběh částic beta v různých materiálech. [Zdroj: T-11 – Archív autora]
Tabulka 12. Dělení neutronů v závislosti na energii. [Zdroj: T-12 – Archív autora]
Tabulka 13. Charakteristiky dalších termonukleárních reakcí. [Zdroj: T-13 – Archív autora]
Tabulka 14. Převodové vztahy mezi jednotkami a veličinami. [Zdroj: T-14 – Archív autora]
Tabulka 15. Používané jednotky a veličiny charakterizující zdroj záření. [Zdroj: T-15 – Archív autora]
Tabulka 16. Hodnoty koeficientu „k“. [Zdroj: T-16 – Archív autora]

- Tabulka 17. Stupně zranění osob v závislosti na přetlaku v čele vlny. [Zdroj: T-17 – Archív autora]
- Tabulka 18. Rozdělení ultrafialového záření. [Zdroj: T-18 – Archív autora]
- Tabulka 19. Rozdělení infračerveného záření (IR). [Zdroj: T-19 – Archív autora]
- Tabulka 20. Velikost světelného impulsu při jaderném výbuchu (světelný impulz je v 10^{-3} J.m²). [Zdroj: T-20 – Archív autora]
- Tabulka 21. Stupně zasažení pokožky. [Zdroj: T-21 – Archív autora]
- Tabulka 22. Polovrstvy v cm pro materiály a střední hodnotu energie záření gama a neutronového záření jaderného výbuchu. [Zdroj: T-22 – Archív autora]
- Tabulka 23. Charakteristika radionuklidů radioaktivity indukované v půdě. [Zdroj: T-23 – Archív autora]
- Tabulka 24. Charakteristika radionuklidů radioaktivity indukované ve vodě. [Zdroj: T-24 – Archív autora]
- Tabulka 25. Charakteristika radionuklidů radioaktivity indukované v předmětech a bojové technice. [Zdroj: T-25 – Archív autora]
- Tabulka 26. Procesy probíhající v buňce po ozáření, biologické účinky ozáření a zdravotní následky. [Zdroj: T-26 – Archív autora]
- Tabulka 27. Hodnoty jakostního faktoru Q pro různé druhy záření. [Zdroj: T-27 – Archív autora]
- Tabulka 28. Přípustné normy kontaminace povrchů radioaktivními látkami. [Zdroj: T-28 – Archív autora]
- Tabulka 29. Radionuklidy. [Zdroj: T-29 – <http://www.astronuklfyzika.cz>]
- Tabulka 30. Porovnání vlastností stálých a improvizovaných úkrytů. [Zdroj: T-30 – Archív autora]
- Tabulka 31. Srovnání hustoty stavebních materiálů a jejich dostupnosti v krizích. [Zdroj: T-31 – Archív autora]
- Tabulka 32. Hodnoty koeficientu K_v pro různé šířky vchodu vysokého 2 m. [Zdroj: T-32 – Archív autora]
- Tabulka 33. Hodnoty koeficientu P. [Zdroj: T-33 – Archív autora]
- Tabulka 34. Hodnoty koeficientu V2. [Zdroj: T-34 – Archív autora]
- Tabulka 35. Parametry jaderných reaktorů našich elektráren. [Zdroj: T-35 – Archív autora]
- Tabulka 36. Zvažované lokality pro výstavbu hlubinného úložiště v ČR. [Zdroj: T-36 – <https://www.s-urao.cz/>]
- Tabulka 37. Koncept hlubinného úložiště v ČR. [Zdroj: T-37 – <https://www.surao.cz/>]
- Tabulka 38. Použití bojových chemických látek v 1. SV v tunách. [Zdroj: T-38 – Archív autora]
- Tabulka 39. Stav německé chemické munice k 1. 6. 1941. [Zdroj: T-39 – Archív autora]
- Tabulka 40. Objednávka US Army ve válce ve Vietnamu (látky CS v tunách). [Zdroj: T-40 – Archív autora]
- Tabulka 41. Rozsah použití fyto toxických látek ve Vietnamu. [Zdroj: T-41 – H. Lindsey Arison III. Statistical Summary of Herbicidal Warfare in Vietnam, SIPRI, 1976 and Cecil, 1986 a Archív autora]
- Tabulka 42. Použití otravných látek sektou Oum Shinrikyo v Japonsku. [Zdroj: T-42 – Archív autora]
- Tabulka 43. Významné události ve 20. století, týkající se chemických zbraní. [Zdroj: T-43 – Archív autora]
- Tabulka 44. Perzistence nervově paralytických látek a yperitu. [Zdroj: T-44 – Archív autora]
- Tabulka 45. Vlastnosti dusivých otravných látek. [Zdroj: T-45 – Archív autora]
- Tabulka 46. Vlastnosti všeobecně jedovatých otravných látek. [Zdroj: T-46 – Archív autora]
- Tabulka 47. Vlastnosti zpuchýřujících otravných látek. [Zdroj: T-47 – Archív autora]
- Tabulka 48. Vlastnosti nervově paralytických otravných látek. [Zdroj: T-48 – Archív autora]
- Tabulka 49. Nervově-paralytické otravné látky. [Zdroj: T-49], Plpk. v. z. Ing. Ladislav Středa, CSc. *Novičok. Případ Sergeje a Julije Skripalových*. [on-line]. Ke stažení na: [http://www.stripkyzesveta.cz/public/img/novicok_streda .pdf](http://www.stripkyzesveta.cz/public/img/novicok_streda.pdf). Střípky ze světa, Vydává: INSPIRACE, o.s., 2019, 237 s. bez ISBN,
- Tabulka 50: Mirzajanův popis programu novičok. [Zdroj: T-50], MIRZAJANOV, V. S. *Dismantling the Soviet/Russian Chemical Weapons Complex: An Insider's View*. In: SMITHSON, A. M., MIRZAJANOV, V. S., LAJOIE, R., KREPON, M. *Chemical Weapons Disarmament in Russia: Problems and Prospects*. The Henry L. Stimson Center. Report No. 17, October 1995.
- Tabulka 51. Strukturální vzorce pěti sloučenin programu Foliant a jejich kódy. [Zdroj: T-51], MIRZAJANOV, V. S. State Secrets. *An Insider's Chronicle of the Russian Chemical Weapons Program*. Outskirts Press, Inc. 2009. ISBN 978-1-4327-2566-2.
- Tabulka 52. Toxicita nervově paralytických látek. [Zdroj: T-52], MATOUŠEK, J., MAŠEK, I. *On The New Potential Supertoxic Lethal Organophosphorus Chemical Warfare Agents With Intermediary Volatility*. The ASA Newsletter, 94-5, No 44, October 7, 1994.
- Tabulka 53. Fyzikálně chemické vlastnosti některých nervově paralytických látek. [Zdroj: T-53], KLEMENT, C., MEZENCEV, R., BAJGAR, J. *Biologické a chemické zbrane: pripravenost' a odpoved'*. 1. vyd. Banská Bystrica: PRO, 2013, 781 s. ISBN 978-80-89057-43-6.
- Tabulka 54. Vzorec novičoku pro forenzní analýzu případu Kivelidi. [Zdroj: T-54 A, B, C]
- A https://en.wikipedia.org/wiki/File:Novichok_agent_formula_from_Kivelidi_case.svg
 - B <https://www.facebook.com/photo.php?fbid=1021616887828530&set=pcb.10216168879565562&type=3-&theater>
 - C https://static.novayagazeta.ru/storage/content/pictures/14022/content_001_doc7.jpg

- Tabulka 55. Příznaky intoxikace a doba léčby jednotlivých osob zasažených látkou A-234. [Zdroj: T-55]. Pplk. v. z. Ing. Ladislav Středa, CSc. Novičok. Případ Sergeje a Julije Skripalových. [on-line]. Ke stažení na: http://www.stripkyzesveta.cz/public/img/novicok_streda_.pdf. Střípky ze světa, Vydává: INSPIRACE, o.s., 2019, 237 s. bez ISBN,
- Tabulka 56. Předpokládané hustoty kontaminace a velikosti kapek [Zdroj: T-56] VONDRÁČEK, V. Vybrané kapitoly z toxikologie OL a zdravotnické ochrany. (Učebnice VLVDU). Hradec Králové, 1972 a Chemical Weapons: Destruction and Conversion. SIPRI. London, 1980.
- Tabulka 57. Přípustná zbytková kontaminace povrchů zbraní a bojové techniky. [Zdroj: T-57]. KASSA, J., KRS, O., CABAL, J. Základy vojenské toxikologie a ochrany proti BCHL pro posluchače VLA JEP farmaceutického směru. Vojenská lékařská akademie Jana Evangelisty Purkyně v Hradci Králové. 1992.
- Tabulka 58. Hodnoty toxických dávek kožně-resorpčního účinku v mg na člověka. [Zdroj: T-58]. КАЛИТАЕФ А. Н. Химическое оружие вероятного противника. ВАХЗ, S/chem-3-84, Москва 1977.
- Tabulka 59. Vlastnosti dráždivých otravných látek. [Zdroj: T-59 – Archív autora]
- Tabulka 60. Vybrané průmyslové látky. [Zdroj: T-60 – Archív autora]
- Tabulka 61. Výroba bojových chemických látek v 1. sv. válce (v tunách). [Zdroj: T-61 – Archív autora]
- Tabulka 62. Kódová označení vybraných látek používaných v 1. sv. válce. [Zdroj: T-62 – Archív autora]
- Tabulka 63. Výroba otravných látek ve vybraných zemích do roku 1945. [Zdroj: T-63 – Archív autora]
- Tabulka 64. Přehled vybraných průmyslových toxických látek používaných při výrobě bojových chemických látek. [Zdroj: T-64 – Archív autora]
- Tabulka 65. Přehled havárií ve Spolaně od roku 1991. [Zdroj: T-65 – https://www.idnes.cz/zpravy/domaci/chlorze-spolany-unikl-kvuli-technicke-zavade.A000721104357-domaci_has]
- Tabulka 66. Příklady vzniku průmyslových toxických látek při hoření. [Zdroj: T-66 – Archív autora]
- Tabulka 67. Výběr požárů v ČR, které způsobily škodu za 200 milionů či více. [Zdroj: T-67 – <https://www.novinky.cz/krimi/clanek/pozar-zachvatil-textilku-mileta-skoda-je-temer-ctvrt-miliardy-176701>, ČTK]
- Tabulka 68. Kódy a chemické názvy nervově paralytických látek. [Zdroj: T-68 – Archív autora]
- Tabulka 69. Použití druhů herbicidů americkou armádou ve Vietnamu. [Zdroj: T-69 – <http://www.landscape.net>]

9.4 Seznam – obrázky (O)

- Obrázek 1. Konstrukční typy jaderných zbraní. [Zdroj: O-1 – Archív autora]
- Obrázek 2. Schéma štěpné jaderné munice explozivního typu (hlavnový typ). [Zdroj: O-2 – Archív autora]
- Obrázek 3. Schéma štěpné jaderné munice absorpčního typu. [Zdroj: O-3 – Archív autora]
- Obrázek 4. Schéma štěpné jaderné munice implozního typu. [Zdroj: O-4 – Archív autora]
- Obrázek 5. Schematický řez jednofázovou termonukleární municí. [Zdroj: O-5 – Archív autora]
- Obrázek 6. Schematický řez dvoufázovou termonukleární municí. [Zdroj: O-6 – Archív autora]
- Obrázek 7. Schematický řez třífázovou termonukleární municí. [Zdroj: O-7 – Archív autora]
- Obrázek 8. Mapa znázorňující vývoj v držení jaderných zbraní. [Zdroj: O-8 – General Report – Proliferace jaderných zbraní; diplomatické fórum při škole MVVP, www.diplomatickefo-rum.cz/general-reports/GR-proliferaace.doc]
- Obrázek 9. Sklady jaderné munice v Evropě. [Zdroj: O-9 – <http://fortifikace.cz>]
- Obrázek 10. Mapa znázorňující vývoj v držení jaderných zbraní. [Zdroj: O-10 – Federace amerických vědců / ČTK]
- Obrázek 11. Místa v Kosovu a na jihu středního Srbska, kde byla v roce 1999 při bombardování použita letectvem NATO munice s ochuzeným uranem. [Zdroj: O-11 – Autor: PANONIAN, <https://commons.wikimedia.org>]
- Obrázek 12. 30 mm x 173 GAU-8 nejúčinnější munice používaná v operaci Desert Storm (1991) proti všem cílům, včetně tanků, obrněných a lehkých vozidel. 30 mm munice byla vyvinuta pro optimalizaci misi vzduch-země na vrtulnících US Army AH-64 Apache. [Zdroj: O-12 – <https://fas.org>]
- Obrázek 13. Současný stav vyhlášených bezjaderných zón (NWFZ) ve světě. [Zdroj: O-13 – Nuclear-Weapon-Free Zones around the World; <http://www.opanal.org/NWFZ/nwfz.htm>]
- Obrázek 14. Navrhované bezjaderné zóny (NWFZ) ve světě. [Zdroj: O-14 – NWFZ Tutorial, Nuclear-Weapon-Free Zones – proposed NWFZs; http://www.nti.org/h_learnmore/nwftutorial/mm_map_proposed/index.html]
- Obrázek 15. Pokles aktivity s časem. [Zdroj: O-15 – Archív autora]
- Obrázek 16. Závislost střední energie na nukleonovém čísle A. [Zdroj: O-16 – Archív autora]
- Obrázek 17. Rozdělení jaderných výbuchů dle součinitele k (resp. k'). [Zdroj: O-17 – Archív autora]

- Obrázek 18. Pozemní jaderný výbuch. [Zdroj: O-18 – Archív autora]
- Obrázek 19. Podzemní jaderný výbuch. [Zdroj: O-19 – Archív autora]
- Obrázek 20. Vzdušný jaderný výbuch. [Zdroj: O-20 – Archív autora]
- Obrázek 21. Návodní jaderný výbuch. [Zdroj: O-21 – Archív autora]
- Obrázek 22. Podvodní jaderný výbuch. [Zdroj: O-22 – Archív autora]
- Obrázek 23. Rozdělení záření. [Zdroj: O-23 – Archív autora]
- Obrázek 24. Popis elektromagnetické pulsní bomby. [Zdroj: O-24 – Archív autora]
- Obrázek 25. Princip činnosti elektromagnetické pulsní bomby. [Zdroj: O-25 – Archív autora]
- Obrázek 26. Ruský systém Ranets EMMPS „radiofrekvenční dělo (HPM)“ na podvozku MZKT-7930. [Zdroj: O-26 – <http://www.ausairpower.net/>]
- Obrázek 27. Zkušební EMP raketa Champ. [Zdroj: O-27 – <http://www.boeing.com>]
- Obrázek 28. Výbuch EMP bomby vyřadí technologie a oslepí nepřítele. [Zdroj: O-28 – <http://extrasto-ry.cz>]
- Obrázek 29. EMP zbraň vybuchne ve velké výšce a zasáhne oblast. [Zdroj: O-29 – <http://extrastory.cz>]
- Obrázek 30. EMP může mít podobu bomby, střely nebo balistické rakety. [Zdroj: O-30 – <http://extra-story.cz>]
- Obrázek 31. ČSSR vyvíjela střelu EMP na bázi raketometu RPG. [Zdroj: O-31 – <http://extrastory.cz>]
- Obrázek 32. Základní představy radioaktivní přeměny. [Zdroj: O-32 – <http://www.cez.cz>]
- Obrázek 33. Fotoefekt. [Zdroj: O-33 – <http://www.med.muni.cz>]
- Obrázek 34. Comptonův rozptyl. [Zdroj: O-34 – <http://www.med.muni.cz>]
- Obrázek 35. Tvorba párů. [Zdroj: O-35 – <http://www.med.muni.cz>]
- Obrázek 36. Rozptyl záření na atomu. [Zdroj: O-36 – <http://www.xray.cz>]
- Obrázek 37. Stínící efekt různých druhů materiálu pro jednotlivé typy záření. [Zdroj: O-37 – Archív autora]
- Obrázek 38. Charakteristický hřib po jaderném výbuchu – zdroj radioaktivních částic. [Zdroj: O-38 – Archív autora]
- Obrázek 39. Směr jaderného spadu po výbuchu 5 kt jaderné bomby v Praze – západní vítr o rychlosti 24 km/h. [Zdroj: O-39 – Autor: NUKEMAP, <http://www.armadninoviny.cz>]
- Obrázek 40. Směr jaderného spadu po výbuchu 550 kt jaderné bomby v Praze – západní vítr o rychlosti 24 km/h. [Zdroj: O-40 – Autor: NUKEMAP, <http://www.armadninoviny.cz>]
- Obrázek 41. Účinek ionizujícího záření na organizmus. [Zdroj: O-41 – <http://www.cez.cz>]
- Obrázek 42. Saddáмова „Špinavá“ bomba – Irák v roce 1987 vyrobil a testoval radiologickou bombu. [Zdroj: O-42 – Pavel Čuda/VVU Brno]
- Obrázek 43. Průmyslový zářič ⁷⁵Se pro defektoskopii – Gammamat SE Typ A. [Zdroj: O-43 – <http://www.ndt-geecy.com>]
- Obrázek 44. Průmyslový zářič ⁵⁸Co pro defektoskopii. [Zdroj: O-44 – <http://www.euroad.cz>]
- Obrázek 45. Radioaktivní stroncium ve formě chloridové soli – ⁸⁹SrCl₂ pro chemoterapii. [Zdroj: O-45 – <http://www.polatom.pl>]
- Obrázek 46. Severokorejská střela Taepodong-2. [Zdroj: O-46 – <http://img.cz.prg.cmestatic.com>]
- Obrázek 47. Stavba přírodního komínku pro improvizovaný úkryt do 50 osob (princip samotížného větrání. [Zdroj: O-47 – předpisy civilní ochrany, MV-GŘ HZS ČR]
- Obrázek 48. Základní rozměry úkrytu. [Zdroj: O-48 – předpisy civilní ochrany, MV-GŘ HZS ČR]
- Obrázek 49. Ukázka improvizovaného úkrytu se zařízením pro filtraci vzduchu. [Zdroj: O-49 – předpisy civilní ochrany, MV-GŘ HZS ČR]
- Obrázek 50. Dlouhodobá kontaminace při použití bomby s cesiem ¹³⁷Cs ve Washingtonu D.C. [Zdroj: O-50 – <http://fas.org>]
- Obrázek 51. Dlouhodobá kontaminace při použití bomby s kobaltem ⁶⁰Co ve Washingtonu D.C. [Zdroj: O-51 – <http://fas.org>]
- Obrázek 52. Vývoj jaderných reaktorů. [Zdroj: O-52 – ČEZ]
- Obrázek 53. Rozmístění jaderných reaktorů ve světě. [Zdroj: O-53 – ČEZ]
- Obrázek 54. Jaderný reaktor BWR. [Zdroj: O-54 – ČTK]
- Obrázek 55. Jaderný reaktor CANDU 6. [Zdroj: O-55 – Archív autora]
- Obrázek 56. Jaderný reaktor MagNOx. [Zdroj: O-56 – Archív autora]
- Obrázek 57. Jaderný reaktor AGR. [Zdroj: O-57 – Archív autora]
- Obrázek 58. Jaderný reaktor RBMK. [Zdroj: O-58 – Archív autora]
- Obrázek 59. Jaderný reaktor HTGR. [Zdroj: O-59 – Archív autora]
- Obrázek 60. Jaderný reaktor FBR. [Zdroj: O-60 – Archív autora]
- Obrázek 61. Virtuální model řezu blokem s reaktorem EPRTM. [Zdroj: O-61 – <http://www.Buinguyenhoan-g.com>]
- Obrázek 62. Jaderný reaktor PWR (VVER). [Zdroj: O-62 – Archív autora]

- Obrázek 63. Kontejnment s reaktorem v JE Temelín. [Zdroj: O-63 – Tiskové oddělení JE Temelín]
- Obrázek 64. Reaktorová hala JE Dukovany. [Zdroj: O-64 – Tiskové oddělení JE Dukovany]
- Obrázek 65. Sklad použitého paliva v JE Temelín. [Zdroj: O-65 – <http://www.cez.cz>]
- Obrázek 66. Sklad použitého paliva v JE Dukovany. [Zdroj: O-66 – Tiskové oddělení JE Dukovany]
- Obrázek 67. Kontejnery Castor. [Zdroj: O-67 – Tiskové oddělení JE Dukovany]
- Obrázek 68. Zkoušky v podzemní laboratoři Grimsel ve Švýcarsku. [Zdroj: O-68 – Státní úložiště radioaktivních odpadů (SÚRaO), <http://www.surao.cz>]
- Obrázek 69. Příprava hlubinného úložiště ve Forsmarku, Švédsko. [Zdroj: O-69 – Státní úložiště radioaktivních odpadů (SÚRaO), <http://www.surao.cz>]
- Obrázek 70. Hloubení finské podzemní laboratoře ONKALO. [Zdroj: O-70 – Státní úložiště radioaktivních odpadů (SÚRaO), <http://www.surao.cz>]
- Obrázek 71. Vstup do úložiště v Yucca Mountain v USA. [Zdroj: O-71 – Státní úložiště radioaktivních odpadů (SÚRaO), <http://www.surao.cz>]
- Obrázek 72. Manipulace se sudy v úložišti WIPP, USA. [Zdroj: O-72 – Státní úložiště radioaktivních odpadů (SÚRaO), <http://www.surao.cz>]
- Obrázek 73. Japonský stroj pro ražbu chodeb. [Zdroj: O-73 – Státní úložiště radioaktivních odpadů (SÚRaO), <http://www.surao.cz>]
- Obrázek 74. Sklad vyhořelého paliva a vysokoaktivních odpadů v nizozemském Vlissingen-Oostu. [Zdroj: O-74 – Státní úložiště radioaktivních odpadů (SÚRaO), <http://www.surao.cz>]
- Obrázek 75. Správní budova Úložiště radioaktivních odpadů Richard. [Zdroj: O-75 – Státní úložiště radioaktivních odpadů (SÚRaO), <http://www.surao.cz>]
- Obrázek 76. Chodba Úložiště radioaktivních odpadů Richard – Litoměřice. [Zdroj: O-76 – Státní úložiště radioaktivních odpadů (SÚRaO), <http://www.surao.cz>]
- Obrázek 77. Uložené sudy v Úložišti radioaktivních odpadů Richard. [Zdroj: O-77 – Státní úložiště radioaktivních odpadů (SÚRaO), <http://www.surao.cz>]
- Obrázek 78. Pohled do ukládací komory v Úložišti radioaktivních odpadů Bratrství – Jáchymov. [Zdroj: O-78 – Státní úložiště radioaktivních odpadů (SÚRaO), <http://www.surao.cz>]
- Obrázek 79. Jímka se sudy v Úložišti radioaktivních odpadů JE Dukovany. [Zdroj: O-79 – Státní úložiště radioaktivních odpadů (SÚRaO), <http://www.surao.cz>]
- Obrázek 80. Betonážní jímka se sudy v úložišti JE Dukovany. [Zdroj: O-80 – Státní úložiště radioaktivních odpadů (SÚRaO), <http://www.surao.cz>]
- Obrázek 81. Uzavřena přístupová cesta k úložišti Hostim – Beroun. [Zdroj: O-81 – Státní úložiště radioaktivních odpadů (SÚRaO), <http://www.surao.cz>]
- Obrázek 82. Skalní útvar lomu Alkazar. [Zdroj: O-82 – Státní úložiště radioaktivních odpadů (SÚRaO), <http://www.surao.cz>]
- Obrázek 83. Umístování pouzder v Aspö. [Zdroj: O-83 – Státní úložiště radioaktivních odpadů (SÚRaO), <http://www.surao.cz>]
- Obrázek 84. Jaderná elektrárna Jaslovské Bohunice A-1. [Zdroj: O-84 – <https://cs.wikipedia.org>]
- Obrázek 85. Velín jaderné elektrárny A-1. [Zdroj: O-85 – <http://www.novakoviny.eu>]
- Obrázek 86. Reaktorová hala elektrárny A-1. [Zdroj: O-86 – <http://www.novakoviny.eu>]
- Obrázek 87. Průřez palivového článku do jaderného reaktoru. [Zdroj: O-87 – m ČEZ]
- Obrázek 88. Kulčiba jedodárná (*Strychnos toxifera*) je liána, z Jižní Ameriky, z povodí řek Orinoko a Amazonka. Používá se pro jed kurare. [Zdroj: O-88 – <https://cs.wikipedia.org>]
- Obrázek 89. Použití jedovatého dýmu Peršany ve 3. století n. l. [Zdroj: O-89 – <http://www.le.ac.uk>]
- Obrázek 90. Vojáci s nasazenými plynovými maskami při plynovém útoku. 1. světová válka. [Zdroj: O-90 – <http://i.dailymail.co.uk>]
- Obrázek 91. Němečtí vojáci uvolňující plyn během vojenského testu v použití jedovatého plynu. [Zdroj: O-91 – <http://www.1418now.org.uk>]
- Obrázek 92. Německý plynový útok chlorem na východní frontě, fotografie ze vzduchu ruským letcem. Fotka byla nazvána, „Německý děs ze vzduchu“. [Zdroj: O-92 – Autor: Francis A. March, „History of the World War“, 1919, Chicago, pg 332.]
- Obrázek 93. Britská chemická jednotka připravuje plynové lahve u Loos. [Zdroj: O-93 – <http://i4.dai-lyreco-rd.co.uk>]
- Obrázek 94. Německé chemické dělostřelecké granáty. Různé symboly byly použity pro různé chemické látky. Granát označený jako 1 byl prvním chemickým granátem použitým během 1. světové války. [Zdroj: O-94 – <http://home.sandiego.edu>]

- Obrázek 95. Hořící americká obchodní loď typu Liberty SS John Harvey s yperitem, 2. 12. 1943, Bari, Itálie. [Zdroj: O-95 – <http://fly.historicwings.com>]
- Obrázek 96. Kontaminovaní námořníci motorovým olejem s yperitem po bombardování Bari 2. 12. 1943, Itálie. [Zdroj: O-96 – <http://fly.historicwings.com>]
- Obrázek 97. Auxilon ©Dosier Spray pro terapii při akutní otravě kouřem s požárů a plynným chlorem, amoniakem, nitrosními plyny, fosgenem a výpary těžkých kovů. [Zdroj: O-97 – Archív autora]
- Obrázek 98. Puchýře po zasažení yperitem. [Zdroj: O-98 – <https://toxplanet.files.wordpress.com>]
- Obrázek 99. Autoinjektory DuoDote, Mark I a Combopen s náplněmi morphia, diazepam, atropinu a 2-PAM proti nervově paralytickým látkám. [Zdroj: O-99 – Archív autora]
- Obrázek 100. Profylaktické antidotum PANPAL. [Zdroj: O-100 – <http://www.zsa.cz>]
- Obrázek 101. Příklad derivátů novičoku z výzkumu iránských vědců v roce 2016. [Zdroj: O-101], DE VOOGHT-JOHNSON, R. Iranian chemists identify Russian chemical warfare. Spectros-copy Now.com, 1. 1. 2017
- Obrázek 102. Jednání Rady bezpečnosti OSN o případu Sergeje Skripala. Foto: Reuters. [Zdroj: O-102]. Dostupné na: <https://www.bleesk.cz/galerie/zpravy-svet/748695/proc-to-otraveny-skripal-udelal-v-den-utoku-si-exagent-vypnul-gps-v-mobilu?foto=6>
- Obrázek 103. Julia (33) se svým otcem Sergejem Skripalem. Foto: Dailymail. [Zdroj: 103] <https://www.bleesk.cz/galerie/zpravy-svet/748695/proc-to-otraveny-skripal-udelal-v-den-utoku-si-exagent-vypnul-gps-v-mobilu?foto=1>
- Obrázek 104.auta z okolí místa činu byla možná zasažena nervovým plynem. Foto: Reuters. [Zdroj: O-104] <https://www.bleesk.cz/galerie/zpravy-svet/748695/proc-to-otraveny-skripal-ude-lal-v-den-utoku-si-exagent-vypnul-gps-v-mobilu?foto=9>
- Obrázek 105. Experti v protichemických oblecích u stanu na místě otravy agenta Skripala. [Zdroj: O-105] <https://media.novinky.cz/238/672384-original1-utlpv.jpg>
- Obrázek 106. Pokračuje vyšetřování otravy ruského exšpiona Sergeje Skripala v britském Salisbury. Foto: Reuters. [Zdroj: O-106] <https://www.bleesk.cz/galerie/zpravy-svet/748695/proc-to-otraveny-skripal-udelal-v-den-utoku-si-exagent-vypnul-gps-v-mobilu?foto=0>
- Obrázek 107. Vyšetřování otravy exšpiona Sergeje Skripala pokračuje, policisté nyní testují na přítomnost toxinu hroby jeho syna a manželky. Foto: ČTK. [Zdroj: O-107] <https://w-ww.bleesk.cz/galerie/zpravy-svet/748695/proc-to-otraveny-skripal-udelal-v-den-utoku-si-exagent-vypnul-gps-v-mobilu?foto=26>
- Obrázek 108. V této lahvičce od parfému prý byl novičok, tvrdí MI5. [Zdroj: O-108] https://aero-net.cz/news/wp-content/uploads/skynews-novichok-suspects-perfume-bottle_4412048.jpg
- Obrázek 109. Vojáci odebírají vzorky kontaminované půdy nedaleko lavičky, kde našli otrávené Skripalovy. [Zdroj: O-109] <https://media.novinky.cz/030/680307-original1-vb3ce.jpg>
- Obrázek 110. Typy obranných sprejů s náplní účinné dráždivé látky CS. [Zdroj: O-110 – – Archív autora]
- Obrázek 111. Malá lahev na stlačený plyn s čistým amoniakem. [Zdroj: O-111 – <https://up-load.wikimedia.org>]
- Obrázek 112. Hydroxid amonný 20 litrů (910 g/l). [Zdroj: O-112 – <http://www.ecochem.co.nz>]
- Obrázek 113. Hydroxid amonný 30% roztok. [Zdroj: O-113 – <http://teatimechemistry.com>]
- Obrázek 114. Akutní popálenina fluorovodíkem. [Zdroj: O-114 – <http://www.irz.cz>]
- Obrázek 115. Vitamín B 17 jako alternativní léčba rakoviny. [Zdroj: O-115 – <http://www.pro-zdravi.cz>]
- Obrázek 116. Rozložení koncentrace NO₂ v ovzduší nad Evropou (červená = zvýšená koncentrace). [Zdroj: O-116 – <http://www.irz.cz>]
- Obrázek 117. Vývoj koncentrace oxidu dusičitého nad Francií. [Zdroj: O-117 – Foto: contains modified Copernicus Sentinel data (2019-20), processed by KNMI/ESA, Novinky, <https://www.novinky.cz>]
- Obrázek 118. Vývoj koncentrace oxidu dusičitého nad Itálií. . [Zdroj: O-118 – Foto: contains modified Copernicus Sentinel data (2019-20), processed by KNMI/ESA, Novinky, <https://www.novinky.cz>]
- Obrázek 119. Obsah oxidu uhelnatého ve spodních vrstvách atmosféry. [Zdroj: O-119 – <http://www.g-mes-atmosphere.eu>]
- Obrázek 120. Občanská válka ve Španělsku. Bombardování města Andújar 1938. [Zdroj: O-120 – <http://www.batallasdeguerra.com>]
- Obrázek 121. Kyanovodík, ZYKLON B, (Cyklon B) používaný v německých koncentračních táborech. [Zdroj: O-121 – www.icollector.com]
- Obrázek 122. Kyanovodík (stabilizovaný), URAGAN D2, (HCN min. 96,7 %). Výrobce Lučební závody Draslovka a.s. Kolín. [Zdroj: O-122 – <http://www.zivefirmy.cz>]
- Obrázek 123. Chemici v italském městě Seveso v roce 1976 po havárii. [Zdroj: O-123 – <http://www.t-yden.cz>]
- Obrázek 124. Při chemické havárii v indickém městě Bhopál v roce 1984 přišli lidé o zrak. [Zdroj: O-124 – <http://www.tyden.cz>]

- Obrázek 125. Zlatý důl Aurul v rumunské oblasti Baie Mare. [Zdroj: O-125 – <http://plzdi.cz>]
- Obrázek 126. Bombardování komplexu Novi Beograd. [Zdroj: O-126 – <http://www.freerepublic.com>]
- Obrázek 127. Bombardování komplexu Pančevo. [Zdroj: O-127 – <http://www.freerepublic.com>]
- Obrázek 128. Bombardování komplexu Novi Sad. [Zdroj: O-128 – <https://en.wikipedia.org>]
- Obrázek 129. Ekologická studie vlivu pesticidů na atolu Johnston. [Zdroj: O-129 – Autor: United States Army Chemical Materials Agency. Zdroj: <http://www.cma.army.mil/fndocumentviewer.aspx?docid=003673775>]
- Obrázek 130. Vytékající Agent Orange se sudů na atolu Johnston kolem r. 1973. [Zdroj: O-130 – Zdroj: https://en.wikipe-dia.org/wiki/File:Leaking_Agent_Orange_Barrels_at_Johnston_Atoll.jpg]
- Obrázek 131. Potopená chemická munice v moři. [Zdroj: O-131 – Autor: Kasander, Zdroj: War History Online, VOXeup.eu, Hlas Ruska, PolskoDnes, <https://detektorweb.info/index.4me?s=show&i=6078-1&mm=1&vd=1>]
- Obrázek 132. Záběr na zkorodovaný barel s otravnou látkou na mořském dně, [Zdroj: O-132 – Autor: Kasander, Zdroj: War History Online, VOXeup.eu, Hlas Ruska, PolskoDnes, <https://detektorweb.info/index.4me?s=show&i=60781&mm=1&vd=1>]

9.5 Seznam – fotografie (F)

- Foto 1. Průběh jaderného testu TRINITY. [Zdroj: F-1 – Fotografie z videoklipu, Andrey Grushin, F-1 MPEG Archív]
- Foto 2. Svržení jaderné bomby na Hirošimu. [Zdroj: F-2 – Fotografie z videoklipu, Andrey Grushin, F-1 MPEG Archív]
- Foto 3. Svržení jaderné bomby na Nagasaki. [Zdroj: F-3 – Fotografie z videoklipu, Andrey Grushin, F-1 MPEG Archív]
- Foto 4. První sovětský pokusný jaderný výbuch. [Zdroj: F-4 – Fotografie z videoklipu, Andrey Grushin, F-1 MPEG Archív]
- Foto 5. První termonukleární jaderný výbuch, IVY MIKE, 10 Mt, USA. [Zdroj: F-5 – Fotografie z videoklipu, Andrey Grushin, F-1 MPEG Archív]
- Foto 6. Korejská dívka se svým bratrem na zádech v Haengju, Korea. V pozadí tank M-26. [Zdroj: F-6 – Autor: Maj. R. V. Spencer, UAF (Navy). U.S. Army Korea – Installation Management Com-mand, 9. 6. 1951, <https://catalog.archives.gov/id/520796>]
- Foto 7. Bombardování zásobovacích skladů a zařízení v přístavu Wonsanz Air Force B-26 Invader. Severní Korea. 1951. [Zdroj: F-7 – Autor: US Navy, <https://catalog.archives.gov/id/541959>]
- Foto 8. Letecké bombardování vodní přehrady HWACHEON Dam v Jižní Koreji – snímek z F4U Corsair 1. května 1951. [Zdroj: F-8 – Autor: A U.S. Navy pilot, <https://commons.wi-kimedia.org>]
- Foto 9. Piloti F4U-4B Corsair stíhací perutě VF-114 Executioners vzletají z letadlové lodi USS Philippine Sea (CV-47), říjen 1950. [Zdroj: F-9 – Autor: Official U. S. Navy, <https://com-mons.wikimedia.org>]
- Foto 10. Vylodování US jednotek v přístavu Inchon jeden den po bitvě u Inchonu 15. září 1950. [Zdroj: F-10 – Autor: US Navy, <https://commons.wikimedia.org>]
- Foto 11. Dým z doku a města, během evakuace Hungnamu, říjen 1950. [Zdroj: F-11 – <https://commons.wikime-dia.org>]
- Foto 12. Letadlo F4U-4B Corsair stíhací perutě VF-113 Stinger z letadlové lodi USS Philippine Sea (CV-47) letí nad loděmi v Inchon, Korea, 15 září 1950. [Zdroj: F-12 – Autor: Air and Space Museum No. 306-FS-237-2. Zdroj: <https://commons.wikimedia.org>]
- Foto 13. Trosky domů v severokorejském Čchongdžinu. [Zdroj: F-13 – <http://tema.novinky.cz/korej-ska-valka>]
- Foto 14. Korejští uprchlíci na SS Meredith Victory, prosinec 1950. [Zdroj: F-14 – <https://commons.wikime-dia.org>]
- Foto 15. Demarkační linie v Pchamundžomu, tzv. Most bez návratu spojující Sever a Jih. [Zdroj: F-15 – Autor: MZV/Jaroslav Komárek, <http://tema.novinky.cz/korejska-valka>]
- Foto 16. Jeden z vězňů těsně před popravou nedaleko města Tedžon v Jižní Koreji. [Zdroj: F-16 – Autor: Major Abbott, U. S. Army, <https://commons.wikimedia.org>]
- Foto 17. Hranice v demilitarizovaném pásmu. [Zdroj: F-17 – <http://3.bp.blogspot.com>]
- Foto 18. Fotografie raketové základny na Kubě. [Zdroj: F-18 – Autor: USAF, <https://commons.wi-kimedia.org>]
- Foto 19. Kubánská krize – mapa. [Zdroj: F-19 – Autor: CIA, <https://commons.wikimedia.org>]
- Foto 20. Záběry špionážního letadla. [Zdroj: F-20 – Autor: U.S. Department of Defense photo, <https://com-mons.wikimedia.org>]
- Foto 21. Námořní blokáda Kuby. [Zdroj: F-21 – Autor: U.S. Navy, <https://commons.wikimedia.org>]

- Foto 22. Sovětská ponorka B-59. [Zdroj: F-22 – Autor: U.S. Navy photographer, <https://commons.wikimedia.org>]
- Foto 23. Napalm používaný francouzskou armádou v indočínské válce, 1953. [Zdroj: F-23 – Autor: Warner Pathé News. Zdroj: <https://commons.wikimedia.org>]
- Foto 24. Jednotky francouzské cizinecké legie a tank M24 Chaffee. [Zdroj: F-24 – Autor: PIX, <https://commons.wikimedia.org>]
- Foto 25. USS Maddox (DD-731). [Zdroj: F-25 – Autor: U.S. Navy photographer, Zdroj: <https://commons.wikimedia.org>]
- Foto 26. Letadlová loď USS Ticonderoga (CVS – 14) třídy Essex v roce 1972. [Zdroj: F-26 – Autor: Robert L. Lawson, 1972. Zdroj: U. S. Navy National Museum of Naval Aviation, <http://collections.naval-aviation.museum/emuwebdoncoms/objects/common/webmedia.php?irn=39039>]
- Foto 27. Americké jednotky při pátrání po partyzánech. [Zdroj: F-27 – Autor: AP Photo/Horst Faas Zdroj: <http://acesflyinghigh.wordpress.com>]
- Foto 28. Letadla USAF – postřík Agent Orange. [Zdroj: F-28 – <http://globalbiodefense.com>]
- Foto 29. Člun s plamenometnou věží „Zippo“ střelil komprimovaný napalm až na 200 yardů. [Zdroj: F-29 – <http://www.riverinesailor.com>]
- Foto 30. Zničená příroda po postřiku pesticidy. [Zdroj: F-30 – <http://vietnameasyridertours.com>]
- Foto 31. Hořící domy u Trang Bangu v roce 1972. [Zdroj: F-31 – <http://Profimedia.cz>]
- Foto 32. Civilní oběti vietnamské války. [Zdroj: F-32 – <http://worldobserveronline.com>]
- Foto 33. Bývalý voják Do Duc Diu se přes dvacet let snažil o potomka. Jedno po druhém děti umíraly a rodiče nevěděli proč. Až po narození patnáctého dítěte zjistili, že jde o pozůstatek chemické zbraně v těle otce. V rakvích jsou jejich všechny dosud zesnulé děti. [Zdroj: F-33 – Autor: Reuters, <http://zpravy.aktualne.cz>]
- Foto 34. Tři McDonnell Douglas F-4B Phantom II stíhací perutě VF-161 Chargers z letadlové lodi USS Midway (CVA-41) a tři LTV-7C Corsair II při útoku letky VA-86 Sidewinders z lodi USS America (CVA-66) březen 1973, Vietnam. [Zdroj: F-34 – Autor: US Navy, <http://com-mons.wikimedia.org>]
- Foto 35. Agent Orange zabíjí i 40 let po válce. Účinkům bylo vystaveno kolem pět milionů lidí, přes tři miliony z nich trpěly nebo trpí smrtelnými chorobami a postiženími. [Zdroj: F-35 – Autor: Reuters, <http://zpravy.aktualne.cz>]
- Foto 36. Ženevská konference, na které se projednával osud Vietnamu. [Zdroj: F-36 – Autor: US Army Photograph, <https://commons.wikimedia.org>]
- Foto 37. US bombardér B-52 Stratofortress letí při operaci Pouštní bouře bombardovat Irák. [Zdroj: F-37 – Autor: Profimedia.cz, <http://im.novinky.cz>]
- Foto 38. Tupolev Tu-16 (v kódu NATO „Badger“) byl sovětský, resp. ruský dálkový bombardér. [Zdroj: F-38 – <https://commons.wikimedia.org>]
- Foto 39. US Bombardér Convair B-58 Hustler. [Zdroj: F-39 – <https://upload.wikimedia.org>]
- Foto 40. Sovětsky bombardér Tu-22M. [Zdroj: F-40 – Autor: Tubenutdave from en.wikipedia.org, <http://en.wikipedia.org>]
- Foto 41. US Bombardér Boeing B-47 Stratojet. [Zdroj: F-41 – <https://commons.wikimedia.org>]
- Foto 42. US Bombardér B-1B Lancer. [Zdroj: F-42 – Autor: DoD photo, USAF, <https://upload.wiki-media.org>]
- Foto 43. US bombardér B-2A Spirit. [Zdroj: F-43 – Autor: Staff Sgt. Bennie J. Davis III., <https://commons.wikimedia.org>]
- Foto 44. Ruský bombardér Tupolev Tu-95 Bear. [Zdroj: F-44 – Autor: RAF/MOD, <http://www.defenceimage-ry.mod.uk>]
- Foto 45. Ruský, dálkový strategický bombardér Tupolev Tu-160 „Blackjack“. [Zdroj: F-45 – Autor: Kremlin.ru, <https://commons.wikimedia.org>]
- Foto 46. Ruský, bombardér Tupolev Tu-22M3 „Backfire“. [Zdroj: F-46 – Autor: Alex Beltyukov, <https://commons.wikimedia.org>]
- Foto 47. Vize LRS-B podle Lockheed Martin. [Zdroj: F-47 – Autor: Lockheed Martin, <http://www.armadnino-viny.cz>]
- Foto 48. Jedna z podob PAK DA, která se objevila na internetu /www.anti-terror.ucoz.ua/. [Zdroj: F-48 – <http://www.armadnino-viny.cz>]
- Foto 49. Francouzský letoun Rafale. [Zdroj: F-49 – Autor: Dassault Aviation, <http://www.flying-revue.cz>]
- Foto 50. Čínský bombardér Xian H-6. [Zdroj: F-50 – Autor: Aquatiger127, <https://commons.wikimedia.org>]
- Foto 51. Dělostřelecká raketa MGR-1A Honest John. [Zdroj: F-51 – <http://rpgforum.cz>]
- Foto 52. FILIN – 3R2 (Frog-1). [Zdroj: F-52 – <http://military.tomsk.ru>]
- Foto 53. TRS MGM-52 LANCE (SS-21). [Zdroj: F-53 – <http://galerie.vojsko.net>]

Jaderné, radiologické a chemické zbraně, radiační a chemické havárie.

- Foto 54. TRS 9M79K TOČKA-U (SS-21 Scarab). [Zdroj: F-54 – <http://galerie.vojsko.net>]
- Foto 55. S611 Jaderná raketonosná ponorka S611 Le Redoutable. [Zdroj: F-55 – <http://galerie.voj-sko.net>]
- Foto 56. RT-2UTTKh Topol-M. [Zdroj: F-56 – Autor: Vitaly V. Kuzmin, <http://galerie.vojsko.net>]
- Foto 57. Sklad speciální munice letiště Boží Dar u Milovic. [Zdroj: F-57 – Autor: Miroslav Němec, <http://fortifikace.cz>]
- Foto 58. Sklad jaderné munice JAVOR 51 Míšov (Borovno). [Zdroj: F-58 – Autor: Jakub Bouček 2012, <http://fortifikace.cz>]
- Foto 59. Jaderná hlavice 3R10-3N14-901A4. [Zdroj: F-59 – <http://military.tomsk.ru>]
- Foto 60. 2K6 LUNA (Frog-3/5). [Zdroj: F-60 – Autor: Lukáš Visingr, <http://galerie.vojsko.net>]
- Foto 61. RK 9K52 Luna-M (Frog-7). [Zdroj: F-61 – <http://military.tomsk.ru>]
- Foto 62. Jaderná hlavice 9N32 AA-22. [Zdroj: F-62 – <http://military.tomsk.ru>]
- Foto 63. Raketa 9M79 TOČKA na odpalovacím zařízení OZ 9P129. [Zdroj: F-63 – <http://military.tomsk.ru>]
- Foto 64. Komplet OTR 8K11 na OZ 8U218 (SCUD-A). [Zdroj: F-64 – <http://rpgforum.cz>]
- Foto 65. Komplet OTR 8K14 (SCUD-B). [Zdroj: F-65 – <http://rpgforum.cz>]
- Foto 66. Komplet OTR 9M714 OKA (SS-23 SPIDER). [Zdroj: F-66 – <http://rpgforum.cz>]
- Foto 67. Pásky Mark 149 Mod 2 s 20mm municí z ochuzeného uranu na bitevní lodi USS Missouri. [Zdroj: F-67 – Autor: PHAN BRAD Dillon, <https://commons.wikimedia.org>]
- Foto 68. Radiační popáleniny – následek radiační nehody v jaderné elektrárně Černobyl. [Zdroj: F-68 – Play Film Discovery Communications, Inc. Corbis – Sygma - XXVI International]
- Foto 69. Genetické poruchy plodu – následek radiační nehody v jaderné elektrárně Černobyl 26. dubna 1986. [Zdroj: F-69 – Play Film Discovery Communications, Inc. Corbis – Sygma - XXVI International]
- Foto 70. Radiační popáleniny dívky po jaderném výbuchu v Hirošimě 6. 8. 1945. [Zdroj: F-70 – <http://www.dankalia.com>]
- Foto 71. Keloidní jizvy (zbytněle tkáně kolem jizev) – následek jaderného výbuchu v Hirošimě 6. srpna 1945. [Zdroj: F-71 – <http://www.dankalia.com>]
- Foto 72. Genetické poruchy plodu – následek jaderného výbuchu v Hirošimě. [Zdroj: F-72 – <http://www.dankalia.com>]
- Foto 73. Požár na jaderné ponorce SSN-755 napáchal škody za 440 milionů dolarů. [Zdroj: F-73 – <http://atom-info.cz>]
- Foto 74. Sovětská jaderná ponorka K-278 Komsomolec, která se 7. dubna 1989 potopila v Norském moři, 42 mrtvých. [Zdroj: F-74 – <https://upload.wikimedia.org>]
- Foto 75. Účinky jaderného výbuchu Hirošima 1945. Ruina byla posléze pojmenována Hirošimský památník míru. [Zdroj: F-75 – <http://ostrava-educanet.cz>]
- Foto 76. Účinky jaderného výbuchu Nagasaki 1945. [Zdroj: F-76 – <http://ostrava-educanet.cz>]
- Foto 77. Účinek světelného (tepelného) záření a tlakové vlny jaderného výbuchu. Z testu v USA. [Zdroj: F-77 – <http://www.gamepark.cz>]
- Foto 78. Oběti jaderného výbuchu, Nagasaki 1945. [Zdroj: F-78 – <http://www.museumoffamilyhistory.com>]
- Foto 79. Oběti. Hirošima 1945. [Zdroj: F-79 – <https://novobloglimpinhoecheiroso-files.wordpress.com>]
- Foto 80. Jedna z obětí. Hirošima. [Zdroj: F-80 – <https://umhistoriador.files.wordpress.com>]
- Foto 81. Akutní radiační syndrom, Hirošima. [Zdroj: F-81 – <http://www.armadinoviny.cz>]
- Foto 82. Poškození plodu po ozáření, Hirošima. [Zdroj: F-82 – <http://www.play.annen-berginnova-tionlab.org>]
- Foto 83. Prezidenti USA a Ruska (Obama a Medveděv) při podpisu smlouvy o omezení jaderných zbraní v Praze 8. dubna 2010. [Zdroj: F-83 – Autor: Dočekal Michal, ČTK]
- Foto 84. Úkryt civilní ochrany pod Špilberkem v Brně. [Zdroj: F-84 – Autor: Adam Kafelanka, <http://www.kafelanka.cz>]
- Foto 85. Úkryt civilní ochrany pod Špilberkem v Brně. [Zdroj: F-85 – Autor: Adam Kafelanka, <http://www.kafelanka.cz>]
- Foto 86-1 až 86-4: Úkryt civilní ochrany pod Strahovským tunelem. [Zdroj: F-86 – Jiří Benák, iDNES.cz]
- Foto 87. Jaderná elektrárna Three Mile Island. [Zdroj: F-87 – <https://cs.wikipedia.org>]
- Foto 88. Pracovníci JE TMI při dezaktivaci v pomocné budově – 1979 jaderná havárie na JE Three Mile Island. [Zdroj: F-88 – Autor: John G. Kemeny et al., <https://upload.wikimedia.org>]
- Foto 89. Čtvrtý reaktor po výbuchu v elektrárně Černobyl. [Zdroj: F-89 – <http://www.pavrda.cz>]
- Foto 90. Zatuhlé vytékající jaderné palivo z reaktoru č. 4 JE Černobyl. [Zdroj: F-90 – <http://www.pavrda.cz>]
- Foto 91. Vytékající jaderné palivo z reaktoru č. 4 JE Černobyl. [Zdroj: F-91 – <http://www.pavrda.cz>]
- Foto 92. Řídící velín JE Černobyl. [Zdroj: F-92 – <http://www.pavrda.cz>]
- Foto 93. Řídící velín – současnost JE Černobyl. [Zdroj: F-93 – <http://www.pavrda.cz>]

- Foto 94. Bioroboti – vojáci, kteří rukama shazovali radioaktivní materiál ze střechy. Na spodní části fotografie je vidět radiaci. [Zdroj: F-94 – <http://www.cernobyl-1986.eu>]
- Foto 95. Speciální likvidační čtyři likvidátorů kontaminované zvěře. [Zdroj: F-95 – <http://www.cernobyl-1986.eu>]
- Foto 96. Vrtulník vypouští speciální tekutinu zvanou Burba, aby vážala radioaktivní prach k zemi. [Zdroj: F-96 – <http://www.cernobyl-1986.eu>]
- Foto 97. Základní škola, Pripjat'. [Zdroj: F-97 – Autor: Greenpeace/Shirley. Zdroj: <http://www.pa-vrda.cz>]
- Foto 98. Uzavřené zóny v okolí Černobylu. [Zdroj: F-98 – <http://www.chernobylwel.com>]
- Foto 99. Opuštěné lodě na řece Pripjat'. [Zdroj: F-99 – Autor: Elena Filatova, <https://cs.wikipedia.org>]
- Foto 100. Plavecký bazén v opuštěném městě Pripjat'. [Zdroj: F-100 – Autor: Timm Suess from Basel, Switzerland. Zdroj: <https://cs.wikipedia.org>]
- Foto 101. Opuštěná vesnice v uzavřené zóně. [Zdroj: F-101 – Autor: Elena Filatova. Zdroj: <https://cs.wikipedia.org>]
- Foto 102. Jeden z pilotů gen. Antoškina, který obdržel vysoké dávky radiace. [Zdroj: F-102 – <http://www.cernobyl-1986.eu>]
- Foto 103. Kontaminovaná technika u Černobylu. [Zdroj: F-103 – <http://www.pavrda.cz>]
- Foto 104. Detail ošetření popáleniny po vystavení těla 900 RTG po dobu 2 minut. Muž, jemuž ruka patří, druhý den zemřel. [Zdroj: F-104 – <http://www.cernobyl-1986.eu>]
- Foto 105. Žlutá hmota je prasklá kůže, kterou se prodralo sežehnuté maso s kusy kosti. Foto loketního kloubu. [Zdroj: F-105 – <http://www.cernobyl-1986.eu>]
- Foto 106. Během prvomájových oslav bylo kontaminováno nejméně 300 000 obyvatel v okolí havárie. [Zdroj: F-106 – Autor: Igor Kostin, <http://www.cernobyl-1986.eu>]
- Foto 107. Pilotům vojenských vrtulníků bylo mezi 18 -25 lety. Ani jeden nepřežil přelety nad černobylyským reaktorem. [Zdroj: F-107 – <http://www.cernobyl-1986.eu>]
- Foto 108. Zmutované sele. [Zdroj: F-108 – Autor: Vincent de Groot, <https://cs.wikipedia.org>]
- Foto 109. Genetické mutace dětí po havárii v Černobylu. [Zdroj: F-109 – <http://chernobyl.euweb.cz>]
- Foto 110. Vstup do opuštěné černobylyské zóny. [Zdroj: F-110 – Autor: Slawojar. Zdroj: <https://cs.wikipedia.org>]
- Foto 111. Sarkofág čtvrtého reaktoru. [Zdroj: F-111 – Autor: Carl Montgomery, <https://cs.wikipedia.org>]
- Foto 112. Nový kryt, který zakryl havarovaný energoblok. [Zdroj: F-112 – Autor: ČTK, EPA, REU-TERS]
- Foto 113. Elektrárna Fukušima před nehodou. [Zdroj: F-113 – <http://files.cernobyl-fukusima.web-node.cz>]
- Foto 114. Elektrárna Fukušima po nehodě. [Zdroj: F-114 – <http://files.cernobyl-fukusima.webnode.cz>]
- Foto 115. Blok JE Fukušima po nehodě. [Zdroj: F-115 – <http://files.cernobyl-fukusima.webnode.cz>]
- Foto 116. Vodní bazén pro skladování vyhořelého paliva v blocích elektrárny Fukušima I. [Zdroj: F-116 – <http://hp.ujf.cas.cz>]
- Foto 117. Doplnování vody do bazénu třetího bloku jaderné elektrárny Fukušima I. [Zdroj: F-117 – <http://hp.ujf.cas.cz>]
- Foto 118. Na leteckém snímku JE Fukušima ze srpna 2013 jsou v popředí vidět tanky na kontaminovanou vodu. [Zdroj: F-118 – Autor: Reuters, <http://gidnes.cz>]
- Foto 119. Stavba nové budovy, v nichž budou uskladněné roztavené palivové tyče. [Zdroj: F-119 – Autor: Reuters, <http://zpravy.aktualne.cz>]
- Foto 120. Zářič s tisíci kovovými peletami ⁶⁰Co. [Zdroj: F-120 – Autor: Johnston R. Zdroj: <http://ww-w.iaea.org>]
- Foto 121. Likvidace kontaminovaných obydlí ¹³⁷Cs v brazilské Goianii. [Zdroj: F-121 – <http://ww-w.iaea.org>]
- Foto 122. Radiační popáleniny rukou ⁶⁰Co v thajském Samut Prakarnu. [Zdroj: F-122 – <http://ww-w.iaea.org>]
- Foto 123. Radiační průzkum v gruzínském Lilo. [Zdroj: F-123 – <http://www.iaea.org>]
- Foto 124. Indiáni z amazonské oblasti Brazílie. K lovu indiáni používají jed kurare. [Zdroj: F-124 – <https://cs.wikipedia.org>]
- Foto 125. *Phyllobates terribilis* – pralesnička strašná. Jedna z nejjedovatějších žab čeledi *Dendrobatidae*. [Zdroj: F-125 – <http://www.chovzvirat.cz>]
- Foto 126. Leonardo zkonstruoval dělo, které bylo pohyblivé a umožňovalo nastavení úhlu a výšky výstřelu. Z děla bylo možné střílet i klastrovou (kazetovou) municí, která se během letu rozdělí na řadu střel. [Zdroj: F-126 – Foto: Libor Popovič. Zdroj: <http://www.abicko.cz>]
- Foto 127. Plynová komora v koncentračním táboře Mauthausen. [Zdroj: F-127 – Autor: Profimedia, <http://media.novinky.cz>]
- Foto 128. Plechovka a substrát Cyklon B. [Zdroj: F-128 – Autor: Goku122 from pl.wikipedia.org, <https://commons.wikimedia.org>]
- Foto 129. Následky použití iráckých chemických zbraní, Halabje, 1988. [Zdroj: F-129 – <http://www.ekurd.net>]
- Foto 130. Následky použití iráckých chemických zbraní. [Zdroj: F-130 – Iran Chamber Society]

Jaderné, radiologické a chemické zbraně, radiační a chemické havárie.

- Foto 131. Útok sarinem v tokijském metru, 20. 3. 1995, Japonsko a Šókó Asahara – zakladatel náboženské sekty Oum Shinrikyo. [Zdroj: F-131 – <http://www.davidbrocourt.com>]
- Foto 132. Chemický útok v Syrské Ghútě. [Zdroj: F-132 – Autor: Reuters, <http://zpravy.aktualne.cz>]
- Foto 133. Sklad zbraní s uskladněnými 780 000 náboji s celkem 2600 tuny yperitu v Coloradu. [Zdroj: F-133 – Autor: Reuters, <http://zpravy.aktualne.cz>]
- Foto 134. Sklad zbraní s uskladněnými 780 000 náboji s celkem 2600 tuny yperitu v Coloradu. [Zdroj: F-134 – Autor: Reuters, <http://zpravy.aktualne.cz>]
- Foto 135. Zyklon B (sloučeniny kyanidu) používané pro zaplňování v koncentračních táborech od různých výrobců. [Zdroj: F-135 – Archív autora]
- Foto 136. Tímto poklopem byl sypan Cyklon B do plynových komor. Dachau. [Zdroj: F-136 – <http://www.burgen-web.de>]
- Foto 137. Kabina SS s kukátkem k pozorování plynové komory a lahve s oxidem uhelnatým, Majdanek. [Zdroj: F-137 – <http://mensuel.ca>]
- Foto 138. Jedna z pěti plynových komor. Komora má jasněskvrny pruské modři (sloučeniny kyanidu) používané pro zaplňování. Na stropě otvor pro vhoz Zyklonu B. Koncentrační tábor Majdanek. [Zdroj: F-138 – <http://www.fpp.co.uk>]
- Foto 139. Působení kapky sarinu na levé oko králíka. (1) normální oko, (2) smrštění zornice – mióza po 5 min při koncentraci 5 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. [Zdroj: F-139 – <http://www.all-the-news.com>]
- Foto 140. Otrava sarinem, Sýrie 2013. [Zdroj: F-140 – <http://logosphere.com>]
- Foto 141. Otrava sarinem, Sýrie 2013. [Zdroj: F-141 – <http://www.alwasatnews.com>, <http://balava-na.ru>]
- Foto 142. Policie použila slzný plyn při protestech v Hongkongu. 29. 9. 2014. [Zdroj: F-142 – Autor: ČTK/APOD, <http://zpravy.e15.cz>]
- Foto 143. Přístroj k měření formaldehydu ve vzduchu. [Zdroj: F-143 – Autor: Adrianleunghb, <https://commons.wikimedia.org>]
- Foto 144. Tetrachlorový hasicí přístroj z 30. let 20. století. [Zdroj: F-144 – Autor: WolfgangS from de.wikipedia.org, <https://commons.wikimedia.org>]
- Foto 145. Kapalný chlor. [Zdroj: F-145 – Autor: Alexander C. Wimmer, <http://onyxmet.com>]
- Foto 146. Tuhý chlor při -150°C . [Zdroj: F-146 – Autor: Alexander C. Wimmer, <https://commons.wikimedia.org>]
- Foto 147. Masivní erupce plynu sirovodíku (H_2S) vyfotografována z raketoplánu v prosinci 1985 u pobřeží Namibie. [Zdroj: F-147 – <http://daac.gsfc.nasa.gov>]
- Foto 148. Plynový útok na německé jednotky (západní fronta, nedaleko St. Quentin 1918. [Zdroj: F-148 – Autor: Brett Butterworth, <http://www.vintag.es>]
- Foto 149. Únik čpavku v Medlově a dekontaminační stan. [Zdroj: F-149 – Autor: HZS Olomouckého kraje, <http://www.novinky.cz>]
- Foto 150. Hasiči pracují na neutralizaci kyseliny chlorovodíkové. [Zdroj: F-150 – Autor: Igor Zehl, ČTK, <http://www.novinky.cz>]
- Foto 151. Chemická havárie v maďarském městě Ajka v roce 2010. [Zdroj: F-151 – <https://upload.wikimedia.org>]
- Foto 152. Požár likvidují stovky hasičů i vojáci z protichemické jednotky. [Zdroj: F-152 – Autor: Xinhua, Reuters, <http://www.novinky.cz>]
- Foto 153. Průběh prvního výbuchu ve skladu v čínském přístavu Tchien-ťin 12. 8. 2015. [Zdroj: F-153 – Autor: video Dan van Duren, <http://www.novinky.cz>]
- Foto 154. Požár likvidují stovky hasičů i vojáci z protichemické jednotky. [Zdroj: F-154 – Autor: Archív ČTK / AP, <http://www.novinky.cz>]
- Foto 155. Požár likvidují stovky hasičů i vojáci z protichemické jednotky. [Zdroj: F-155 – Autor: Archív ČTK / AP, <http://www.novinky.cz>]

10. Literatura

10.1 Výběr publikací

- [01] BAJGAR J. *Historie používání chemických zbraní a jednání o jejich zákazu*. Učební texty Vojenské lékařské akademie Jana Evangelisty Purkyně v Hradci Králové, svazek 302, 1996, 113 stran.
- [02] BAJGAR, J. *Používání chemických zbraní a jednání o jejich zákazu*. Hradec Králové: Nucleus HK, 2006. 180 s. ISBN 80-86225-75-5.
- [03] BAJGAR, J., J. FUSEK a V. HRDINA. *Toxikologie*. Hradec Králové: Vojenská lékařská akademie J. E. Purkyně, 1991. 268 s. Učební texty, sv. 260. ISBN 80-85109-36-0.
- [04] BĀRTLOVÁ, I. *Vývoj v oblasti nebezpečných látek a přípravků*. Ostrava: SPBI, 2008, 49 s. ISBN 978-80-7385-050-0.
- [05] COMPTON, J. A. F. *Military Chemical and Biological Agents – Chemical and Toxicological Properties*. The Telford Press, Caldwell, NJ. 1987. ISBN 0-936923-11-3.
- [06] ČAPOUN, T., J. KRYKORKOVÁ, J. O. MIKA, L. NAVRÁTILOVÁ a I. URBAN. *Chemické havárie*. Praha: 2009, MV ČR GŘ HZS. 153 s. ISBN: 978-80-86640-64-8.
- [07] ČESKÁ REPUBLIKA. Ministerstvo obrany ČR. *Katalog materiálu k ochraně proti ZHN*. Praha: Vláda ČR, 2001.
- [08] ČESKÁ REPUBLIKA. Ministerstvo obrany ČR. *Zásady ochrany proti zbraním hromadného ničení*. Předpis Vševojsk-2-1. Praha: Vláda ČR, 2006.
- [09] ČESKÁ REPUBLIKA. Ministerstvo obrany ČR – Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti. *Český obranný standard – ČOS 999935: „Vliv okolního prostředí na vojenskou techniku. Podmínky elektrického a elektromagnetického prostředí“*. Praha: Vláda ČR, 2013, 2. vydání, 104 s.
- [10] ČESKÁ REPUBLIKA. Ministerstvo obrany ČR – Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti. *Český obranný standard – ČOS 999935: „Požadavky na konstrukci bojových vozidel ke zlepšení ochrany před účinky ionizujícího záření“*. Praha: Vláda ČR, 2009, 1. vydání, 24 s.
- [11] ČESKÁ REPUBLIKA. Ministerstvo vnitra – Hlavní úřad civilní ochrany. *Civilní ochrana v České republice*, Praha: Vláda ČR, 1995, s. 56.
- [12] ČESKÁ REPUBLIKA. Ministerstvo vnitra – Generální ředitelství HZS. *Civilní ochrana*. Lázně Bohdaneč: Institut civilní ochrany České republiky, 1998, s. 79.
- [13] ČESKÁ REPUBLIKA. Ministerstvo vnitra – generální ředitelství HZS České republiky. *Pro případ ohrožení (příručka pro obyvatele)*. Praha: Vláda ČR, 2001, s. 16.
- [14] ČESKÁ REPUBLIKA. Ministerstvo vnitra – Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR. *Katalog typových činností IZS „Uskutečněné a ověřené použití radiologické zbraně STČ – 01/IZS“*. Praha: Vláda ČR, 2005. 196 s., ISBN 80-86640-55-8.
- [15] ČESKÁ REPUBLIKA. Ministerstvo vnitra – generální ředitelství HZS České republiky. *Sebeochrana obyvatelstva*. Praha: Vláda ČR, 2001, s. 40.
- [16] ČESKÁ REPUBLIKA. Ministerstvo zahraničních věcí ČR: *Bezpečnostní strategie ČR 2015*. Praha: Vláda ČR, únor 2015. 24 s. ISBN 978-80-7441-005-5.
- [17] ČESKÁ REPUBLIKA. Státní úřad pro jadernou bezpečnost. *Radiační ochrana, doporučení. Postup při záchytu radioaktivních materiálů. Principy a praxe radiační ochrany*. Praha: 2002 (modrá řada).
- [18] ČESKÁ REPUBLIKA. Státní úřad pro jadernou bezpečnost. *Vyhláška SÚJB č. 474/2002 Sb.*, „Vyhláška, kterou se provádí zákon č. 281/2002 Sb., o některých opatřeních souvisejících se zákazem bakteriologických (biologických) a toxinových zbraní a o změně živnostenského zákona“.
- [19] ČESKÁ REPUBLIKA. Vláda ČR. *Zákon č. 263/2016 Sb.*, atomový zákon.
- [20] ČESKÁ REPUBLIKA. Vláda ČR. *Zákon č. 19/1997 Sb.* „Zákon o některých opatřeních souvisejících se zákazem chemických zbraní a o změně a doplnění zákona č. 50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů, zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 140/1961 Sb., trestní zákon, ve znění pozdějších předpisů“.
- [21] ČESKÁ REPUBLIKA. Vláda ČR. *Zákon č. 281/2002 Sb.* „Zákon o některých opatřeních souvisejících se zákazem bakteriologických (biologických) a toxinových zbraní a o změně živnostenského zákona“.
- [22] DUŠEK, J. a J. PÍŠALA. *Jaderné zbraně*. Praha: Computer press, 2006. 88 str. ISBN 80-251-0817-1.
- [23] ELLISON, D. H. *Handbook of Chemical and Biological Warfare Agents*. 2. vyd. CRP Press, Boca Raton 2008.
- [24] ФЕДОРОВ, Л. *Химическое вооружение – война с собственным народом. Трагический российский опыт. Том 1. Долгий путь к химической войне*. Москва, 2009. ISBN 978-5-91505-013-5.

- [25] FLORUS, S. *Charakteristika zbraní hromadného ničení, nebezpečných škodlivin a zápalných látek I, Charakteristika ZHN. Skripta.* Vyškov: VVŠ PV, 2002. 266 s.
- [26] FLORUS, S. *Charakteristika zbraní hromadného ničení, nebezpečných škodlivin a zápalných látek II, Charakteristika škodlivin a ZL. Skripta.* Vyškov: VVŠ PV, 2003. 112 s.
- [27] FRANKE, S. *Lehrbuch der Militärchemie. Band 1. Entwicklung der chemischen Kriegführung.* Chemie der Kampfstoffe. Berlin, 1997.
- [28] GILCOV, L., L. OSIPENKO a N. MORMUL. *Podmořská atomová dramata: Úspěchy, nezdary a katastrofy utajované po třicet let.[Z franc. org. přel. Miroslav Brož, Spolupr. Jean-Charles Deniau].* Vimperk: 1994, PAPHYRUS, 283 s. ISBN 80-85776-22-7.
- [29] GUPTA, R. C. *Handbook of Toxicology of Chemical Warfare Agents.* Edited by Ramesh C. Gupta. First edition 2009. ISBN: 978-12-374484-5.
- [30] HALÁMEK, E. a Z. KOBLIHA. *Přehled bojových chemických látek (Úvod do problematiky).* Vyškov: 2002, skripta, VVŠ PV, 112 stran.
- [31] HALÁMEK, Emil a Zbyněk KOBLIHA. *Potential Chemical Warfare Agents.* Chemické listy. Vol 105 No 5 (2011), str. 323-333. Dostupné na: <http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemickelisty/article/view/1136/1136> [citováno 12. 11. 2019]. ISSN 1213-7103 (on-line).
- [32] HOSSEINI SE, SAEIDIAN H, AMOZADEH A, NASERI MT, BABRI M (5 October 2016). „*Fragmentation path ways and structural characterization of organophosphorus compounds related to the Chemical Weapons Convention by electronionization and electrospray ionization tandem mass spectrometry*“. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 30 (24). DOI:10.1002/rcm.7757. Retrieved on 19 March 2018.
- [33] HÁLA, J. *Radioaktivita, ionizující záření, jaderná energie.* Brno: Nakladatelství Konvoj, spol. s.r.o., 1998. 311 s. ISBN 80-85615-56-8.
- [34] JANEČEK, F., J. MARUŠÁK, a J. BALÁŠEK. *CO-6-1/č příprava, projektování a výstavba protiradiačních úkrytů (Předpis).* Praha: Ministerstvo národní obrany, 1978. 50s.
- [35] JAKL, A., V. HRDINA, J. FILIPOVÁ a I. PETRÁK. *Chemické rizikové noxy vojenského prostředí, I. díl.* Hradec Králové: 1989, Vojenská lékařská akademie J. E. Purkyně, učební texty 250 stran.
- [36] JAKL, A., V. HRDINA, J. FILIPOVÁ a I. PETRÁK. *Chemické rizikové noxy vojenského prostředí, II. díl.* Hradec Králové: 1989, Vojenská lékařská akademie J. E. Purkyně, učební texty 278 stran.
- [37] KIMMELL, T., FOLGA, S., FREY, G., MOLBERG, J., KIER, P., TEMPLIN, B., GOLDBERG, M. *Technology Ressource Document for the Assembled Chemical Weapons Assessment Environmental Impact Statement. Volume 1: Overview of the ACWA Program and Appendixes A-E.* Environmental Assessment Division, Argonne National Laboratory. United States Department of Energy. May 2001.
- [38] KLEMENT, C. a R. MAZANCEV. *Biologické zbraně.* Praha: Nakladatelství PRO Solutions, 2007. 380 s. ISBN 978-80-969733-2-3.
- [39] KLENER, V. a kol. *Hygiena záření.* Praha: Nakladatelství Avicenum, 1988.
- [40] КЛУНЯНИЦ, И. Л. *Боевые отравляющие вещества.* Военная академия химической защиты. Москва, 1965.
- [41] KMENTA, J., J. VALO a P. ŽELINSKÝ. *Pouštní horečka.* Praha: Želinský 1492, 1999. ISBN 80-238-3453-3.
- [42] KOHOUTEK, J. *Prostředky pro ochranu proti zbraním hromadného ničení a chemickému nebezpečí.* Praha: Ministerstvo obrany, 2005.
- [43] Kolektiv: *Jaderné zbraně a ochrana obyvatelstva a národního hospodářství proti jejich ničivým účinkům, pomůcka pro přípravu lektorů, instruktorů a cvičitelů CO a příslušníků nevojenských sil CO ČSSR.* Praha: 1988, Naše vojsko, 384 stran.
- [44] KRATOCHVÍLOVÁ, D. *Ochrana obyvatelstva.* Ostrava: SPBI, 2005. 140 s., ISBN 80-86634-70-1.
- [45] KUNA, P.: *Chemická radioprotekce.* Praha: Avicenum, 1985. 148 s., ISBN 08-078-85.
- [46] LACINA P., J. O. MIKA a K. ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi,* Brno: 2013, RECETOX, Masarykova universita v Brně, 132 stran. ISBN 978-80-210-6475-1.
- [47] LINHART, P. a B. ŠILHÁNEK. *Ochrana obyvatelstva v Evropě.* Praha: Ministerstvo vnitra – Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2005. 196 str. ISBN 80-86640-55-8.
- [48] MAJER, V. a kol. *Základy jaderné chemie.* Praha: SNTL, 1981.
- [49] MALINOVSKÝ, K. a P. ŠIMÁČEK. *Jak dále v ochraně obyvatelstva?* Zlín: 2002, Krajský úřad Zlínského kraje a Hasičský záchranný sbor Zlínského kraje, s. 23
- [50] MANGOLD, T. a J. GOLDBERG. *A mnoho lidí zemřelo... Pravda o biologických válkách.* Praha: 2001. ISBN 80-7312-000-31.
- [51] MARHOLD, J. *Přehled průmyslové toxikologie,* Praha: 1986, AVICENUM, zdravotní nakladatelství, svazek 1 a 2, 1 700 stran.

- [52] MARTÍNEK, B. a kol. *Ochrana člověka za mimořádných událostí*. Praha: Ministerstvo vnitra – Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2003. 119 s., ISBN 80-86640-08-6.
- [53] MATOUŠEK, J., J. ÖSTERREICHER a P. LINHART. *CBRN – jaderné zbraně a radiologické materiály*. Ostrava: SPBI Spektrum, 2007. 216 s. ISBN 978-80-7385-029-6.
- [54] MATOUŠEK, J., J. BENEDÍK a P. LINHART. *CBRN – Biologické zbraně*. Ostrava: SPBI Spektrum, 2006. ISBN 978-80-7385-003-6.
- [55] MATOUŠEK J. a P. LINHART. *CBRN: Chemické zbraně*. Ostrava: 2005, Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, ISBN 80-86634-71-X.
- [56] McCracken, G. M. a P. E. STOTT. *Fúze: energie vesmíru*. Vyd. 1. Praha: Mladá fronta, 2006, 324 s., [16] s., barev. obr. příl. ISBN 80-204-1453-3.
- [57] MIKA O. J., I. MAŠEK, I. a M. ZEMAN. *Prevence závažných průmyslových havárií. Prevence závažných průmyslových havárií. 01*. Brno: 2006, Vysoké učení technické, Chemická fakulta, s. 108. ISBN: 80-214-3336-1.
- [58] MIKA, O. J. a M. ZEMAN. *Ochrana obyvatelstva*. Brno: 2007, VUT, chemická fakulta, s. 120. ISBN: 978-80-214-3449-3.
- [59] MIKA, O. J. *Informovanost obyvatelstva a jeho připravenost na zvládnutí mimořádných událostí*. České Budějovice: 2008, Jihočeská universita v Českých Budějovicích, s. 69. ISBN: 978-80-7394-111-6.
- [60] MIKA O., L. POLÍVKA a J. SABOL. *Zbraně hromadného ničení a ochrana proti jejich účinkům. Zbraně hromadného ničení a ochrana proti jejich účinkům*. Praha: 2009, Policejní akademie ČR. ISBN: 978-80-7251-302-4.
- [61] MIKA O. J., M. ZEMAN a L. POLÍVKA. *Základy ochrany před zbraněmi hromadného ničení*. Brno: 2011, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, ISBN: 978-80-214-4263-4.
- [62] MIKA O. J. a M. ŘÍHA. *Ochrana obyvatelstva před následky použití zbraní hromadného ničení*. Horní Počernice: 2011, Námořní akademie ČR, s.r.o., 148 s. ISBN: 978-80-87103-31-9.
- [63] MIKA O. J., P. ZAHRADNÍČEK a M. ZEMAN. *Ochrana obyvatelstva, Malé kompendium ochrany obyvatelstva, Díl I*. Jihlava: 2012, Vysoká škola polytechnická Jihlava, s. 102. ISBN: 978-80-87035-67-2.
- [64] MIRZAJANOV, V. S. *Dismantling the Soviet/Russian Chemical Weapons Complex: An Insider's View*. In: SMITHSON, A. M., MIRZAJANOV, V. S., LAJOIE, R., KREPON, M. *Chemical Weapons Disarmament in Russia: Problems and Prospects*. The Henry L. Stimson Center. Report No. 17, October 1995.
- [65] MIRZAJANOV, V. S. *State Secrets. An Insider's Chronicle of the Russian Chemical Weapons Program*. Outskirts Press, Inc. 2009. ISBN 978-1-4327-2566-2.
- [66] MOHYLA V., ŠUFAJZL V. a kolektiv. *Taktické jaderné prostředky ČSLA*. Praha: Československý spisovatel s.r.o., 2012, 272 s. ISBN: 978-80-7459-111-2.
- [67] MOHYLA V. *SCUD a OKA ve službách ČSLA, když na nás mířily jaderné zbraně Západu*. Praha: Levné knihy KMa, 2012, 290 s. ISBN: 978-80-87391-48-8.
- [68] PATOČKA, J. a kol. *Vojenská toxikologie*. Praha: Grada Publishing, 2004. 180 s. ISBN 80-247-0608-3.
- [69] PELCLOVÁ, D. *Nejčastější otravy a jejich terapie*. Praha: Galén, 2009. 163 s. ISBN 978-80-7262-603-8.
- [70] PIJÁK, A. *Dozimetrie ionizujícího záření – veličiny a jednotky (Skriptum)*. Vyškov: Vysoká vojenská škola, 1987. Pčt.2811/1 .
- [71] PITSCHMAN, V. *Historie chemické války*. Praha: Military System Line, 1991. ISBN 80-902669-0-8.
- [72] PITSCHMAN, V. *Jaderné zbraně: Nejvyšší forma zabíjení*. Praha: Naše vojsko, 2005, ISBN 80-206-0784-6.
- [73] PITSCHMAN, V., E. HALÁMEK a Z. KOBLIHA, Z. *Průmyslové toxické látky (Skripta)*. Vyškov: Vysoká vojenská škola, 2003. 114 s.
- [74] PITSCHMANN, V., E. HALÁMEK a Z. KOBLIHA, Z. *Boj ohněm, dýmem a jedy – Nejstarší historie použití chemických a zápalných látek a vznik moderní chemické války*. Kounice: Military System Line, s.r.o. 2001, 178 s. ISBN: 80-902669-2-4.
- [75] PRINC, I. *Ochrana proti zbraním hromadného ničení*. Projekt OPVK „Inovace a rozvoj výuky bezpečnosti se zaměřením na krizové řízení“ Studijní texty, CZ.1.07/2.2.00/28.0185, Uherské Hradiště, 2014, 332 s.
- [76] PROUZA, Z. a J. ŠVEC. *Zásahy při radiační mimořádné události*. Ostrava: SPBI, 2008. 125 s., ISBN 978-80-7385-046-3.
- [77] POLANSKÝ, P. *Chemie a indikace bojových otravných látek*. Brno: 1980, Vojenská akademie, 213 stran.
- [78] RICHTER, V. *Výkladový slovník krizového řízení*. Praha: Ministerstvo vnitra – Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2010. ISBN 978-80-86640-54-9.
- [79] ŘÍPA, M. a kol., *Řízená termojaderná fúze pro každého - 4U*. 4., rozš. a čísl. vyd. Praha i.e. Ostrava: Vítkovice – výzkum a vývoj – technické aplikace, 2013. ISBN 8020414533.
- [80] SIČÁK, P. *Obrana, bezpečnost a krizový management*. Vyškov: 2000, VVŠ PV, skripta, 98 stran.

- [81] SKŘEHOT, P. a kol. *Prevence nehod a havárií. 1. díl Nebezpečné látky a materiály*. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i. & T-SOFT a.s., 2009. ISBN 978-80-86973-70-8.
- [82] SLABOTINSKÝ, J. a S. BRÁDKA. *Ochrana osob při chemickém a biologickém nebezpečí*. Ostrava: SPBI Spektrum, 2006, 109 s. ISBN 80-86634-93-0.
- [83] SOUKUP, V. a kolektiv. *Zbraně hromadného ničení a ochrana proti nim*. Brno: Vojenská akademie, 1985, učebnice VOI oborů, I. díl, 242 stran.
- [84] SOUKUP, V. a kolektiv. *Zbraně hromadného ničení a ochrana proti nim*. Brno: Vojenská akademie, 1985, učebnice VOI oborů, II. díl, 160 stran.
- [85] STEINLEITHER, H. D. a kolektiv. *Požárně a bezpečnostně technické charakteristické hodnoty NL*. Svaz požární ochrany ČSSR, 1990, 1. a 2. díl, 976 stran.
- [86] STŘEDA, L., S. BRÁDKA a M. BLÁHOVÁ. *Nebezpečné látky a ochrana proti nim*. Praha: Ministerstvo vnitra – Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2006. ISBN 80-86640-63-9.
- [87] STŘEDA, L., Z. KOBLIHA a E. HALÁMEK. *Úvod do problematiky chemického odzbrojení*. Vyškov: VVŠ PV, 2001, skripta, 142 stran.
- [88] STŘEDA, L. *Kontrola šíření zbraní hromadného ničení*. Vyškov: Vysoká vojenská škola pozemního vojska, 2001, Habilitační práce, 162 stran.
- [89] ŠENOVSKÝ, M., P. ŠENOVSKÝ a V. ADAMEC. *Ochrana kritické infrastruktury*. Ostrava: SPBI, 2007. 141 s., ISBN 978-80-7385-025-8.
- [90] ŠPIČÁK, F., V. ČABLA, M. PAŘÍZEK a L. DOBROVOLSKÝ. *Technické základy OPZHN a chemického zabezpečení III*. Vyškov: 1989, VVŠ PV, skripta, 95 stran.
- [91] ŠTĚPÁNEK K. a P. MINAŘÍK., *Československá lidová armáda na Rýnu*. Praha: Naše vojsko, 2007, s348 s. ISBN: 80-206-0832-X.
- [92] ŠTĚTINA, J. a kol. *Medicína katastrof a hromadných neštěstí*. Praha: Grada 2001. 436 s., ISBN 80-7169-688-9.
- [93] TRTÍLEK, L. *NN 30 01 01: Chemické vojsko, názvoslovná norma*. Praha: 2002, Ministerstvo obrany ČR, 202 stran.
- [94] TRTÍLEK, L. Yperitová tragédie, Vojenský profesionál, č. 9/1995, str. 27-28.
- [95] TŮMA, M. a kol. *Nešíření zbraní hromadného ničení v kontextu aktuálních otázek mezinárodní bezpečnosti a boje proti terorismu*. Brno: Ústav strategických studií Univerzity obrany, 2004 - 233 s. ISBN: 80-85960-90-7.
- [96] TŮMA M. *Jaderné odzbrojení. Utopie, nebo projev politického realismu?* Praha: Ústav mezinárodních vztahů, v. v. i., Tisk: Petr Dvořák – Tiskárna, Dobříš, 2011. 224 s. ISBN 978-80-86506-96-8
- [97] VIČAR, D., J. DVOŘÁK a S. FLORUS. *Chemické vojsko a ochrana životního prostředí*. Praha: 1994, Ministerstvo obrany ČR, 116 stran.
- [98] VIČAR, Dušan a Stanislav FLORUS. *Dlouhodobější trendy vývoje a rozvoje v oblasti zbraní hromadného ničení, jejich detekce, identifikace a ochrana proti jejich následkům. (Výzkumná zpráva VGA ÚSS VA v Brně)*. Vyškov: Vysoká vojenská škola, 2003. 98 s.
- [99] VIČAR, Dušan, Stanislav FLORUS a Petr ŽUJA. *Trendy vývoje v oblasti zbraní hromadného ničení a ochrany proti jejich následkům s důrazem na uplatnění v oblasti CBRN zvolněných mobilních prvků pro krizové situace. (Studie)*. Vyškov: Ústav ochrany proti ZHN, 2008. 122 s.
- [100] ZAHRADNÍČEK, P. a L. DOBROVOLSKÝ. *Technické základy OPZHN a chemického zabezpečení, část chemické zbraně, bakteriologické (biologické) zbraně*. Vyškov: 1986, VVŠ PV, skripta, 89 stran.
- [101] ZAHRADNÍČEK, P. a M. RAUS. *Technické základy OPZHN a chemického zabezpečení, část jaderné zbraně*. Vyškov: 1986, VVŠ PV, skripta, 114 stran.
- [102] ZAHRADNÍČEK, P. *Biologické zbraně a ochrana proti nim (Skriptum)*. Vyškov: Vysoká vojenská škola, 1992. 210 s.
- [103] ZAHRADNÍČEK, P. *Havárie (destrukce) jaderných energetických zařízení*. Vyškov: 1993, VVŠ PV, skripta, 90 stran.
- [104] ZEMAN, M. a O. J. MIKA. *Ochrana obyvatelstva*. Brno. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2007, ISBN 978-80-214-3449-3.

10.2 Výběr článků

- [01] DVOŘÁK, I. *Pražská iniciativa v oblasti obrany proti zbraním hromadného ničení*. Armáda České republiky dnes, 2002, č. 4, 10.
- [02] FIEDLER, J. a V. FAJMAN. *Zákon o některých opatřeních souvisejících se zákazem bakteriologických (biologických) a toxinových zbraní a o změně živnostenského zákona*. Konference Medicína Katastrof, Zlín Lukov, 2002.

- [03] FIEDLER, J., V. FAJMAN a K. KLOUDA. *Působnost SÚJB v oblasti kontroly zákazu chemických a biologických zbraní*. V. ročník Mezinárodní konference Medicína katastrof, Zlín 25. – 27. 6. 2001, 7 stran.
- [04] FREEDMAN, L. *War in Iraq: Selling the Threat*. Survival, Vol. 46, No. 2, Summer 2004, s 30.
- [05] Kolektiv. *K ochraně proti chemickým a biologickým prostředkům*. A-Report, 2001, č. 22, s. 7.
- [06] LEWIS, M., S. *Zbraně hromadného ničení, V knize neblahého odkazu dvacátého století se otevírá nová a hrozivá kapitola*. Praha: 2002, National Geographic, Česká republika, listopad, 108 – 141.
- [07] MATOUŠEK, J. *Současné problémy chemického a biologického odzbrojení I, Historické úsilí za zákaz chemických a biologických zbraní*. Mezinárodní politika, ročník XXIII, 1999, č. 4, 35 – 37.
- [08] MATOUŠEK, J. *Současné problémy chemického a biologického odzbrojení II, Chemické arzenály a plnění Úmluvy o úplném a všeobecném zákazu chemických zbraní*. Mezinárodní politika, ročník XXIII, 1999, č. 5, 28 – 33.
- [09] MATOUŠEK, J. *Současné problémy chemického a biologického odzbrojení III, Biologické a toxinové zbraně a nutnost upevnění Úmluvy o zákazu biologických a toxinových zbraní*. Mezinárodní politika, ročník XXIII, 1999, č. 6, 40 – 44.
- [10] MIKA O. J. *Ochrana proti zbraním hromadného ničení*. Časopis 112, 2012, roč. X, č. 3, s. 23-24. ISSN: 1213-7057.
- [11] MIKA, O. J. *Společná databáze nebezpečných chemických látek pro integrovaný záchranný systém*. In *Možné zneužití ZHN k teroristickým útokům*. Vyškov: 2007, Ústav OPZHN, s. 34-42. ISBN: 978-80-7231-263-4.
- [12] MIKA O. J. *Aktuální hrozba jaderné apokalypsy*. In *Sborník mezinárodní konference Bezpečnostní management a společnost*. Brno: 2013, Universita obrany, s. 337-343. ISBN: 978-80-7231-928-2.
- [13] MIKA O. J. *Biochemické zbraně*. In *Sborník mezinárodní konference Bezpečnostní management a společnost*. Brno: 2012, Universita obrany Brno, s. 337-343. ISBN: 978-80-7231-871-1.
- [14] MIKA, O. *Mezinárodní regulace a kontrola zbrojení. Výběr statí pro profesní přípravu příslušníků armády České republiky, č. 2*, Praha: 1997, Impuls, s. 49 – 56.
- [15] NAVRÁTILOVÁ, L., a T. ČAPOUN. *Modernizace detekční techniky v oblasti analýzy nebezpečných látek v HZS ČR*. In *Sborník z konference „Nové metody a technologie ochrany proti ZHN a průmyslovým škodlivinám“*. Vyškov: Ústav OPZHN UO v Brně, 17. – 18. června 2009, ISBN 978-80-7231-662-5.
- [16] OVERBEEK Ekke. *Tisíce tun chemických zbraní ohrožují evropská moře*. on-line, zveřejněno 20. 2. 2012, Zdroj: <http://www.presseurop.eu> a <http://www.enviweb.cz/90235>
- [17] PATOČKA, J. a M. ŠPLIŇO. *Anthrax toxin characterization*. Acta Medica, vol. 45, No. 1, 3 – 5.
- [18] PATOČKA, J. *Toxiny jako potencionálně zneužitelné chemické a biologické prostředky*. Vojenské rozhledy, 2001, č. 10, 160 – 167.
- [19] PATOČKA, J. *Novichok Agents - Mysterious Poisonous Substance from the Cold War Period*. Mil. Med. Sci. Lett. (Voj. Zdrav. Listy) 2018, 87, 1-3.
- [20] PITSCHMANN, V. *Historie chemické války*. Military System Line, s.r.o. 1999. ISBN 80-902669-0-8.
- [21] PRINC Ivan, Jan STROHMANDL a Dušan VIČAR. *K historii použití zbraní hromadného ničení*. In *Sborník z mezinárodnívědeckékonference „CBRN PROTECT 2015“*, konané vednech 22. - 23. dubna 2015 ve Vyškově. Brno: Ústav OPZHN Univerzity obrany v Brně, (CD), 2015. ISBN 978-80-7231-996-1.
- [22] PROCHÁZKA, J. *Specializace Armády České republiky pokračuje*. Armáda České republiky dnes, 2002, č. 4, 12 – 13.
- [23] PROUZA, Z.: *Radiační nehody na pracovištích se zdroji ionizujícího záření*. Bezpečnost a ochrana zdraví při práci v praxi. 9/2009
- [24] PRYMULA, R. *Historické aspekty zneužití biologických agens*, Vojenské zdravotnické listy, 2002, č. 1, 10 – 15.
- [25] REVUE POLITIKA. *Špinavá bomba – perspektivní zbraň teroristů. Analýza Centra strategických studií*. Brno: Centrum pro studium demokracie a kultury /CDK). ISSN 1803-8468.
- [26] STŘEDA, L. a J. PATOČKA. *Toxiny z pohledu mezinárodních kontrolních režimů*. Soudní lékařství 47, 2002, 18 – 21.
- [27] STŘEDA, L., HALÁMEK, E., KOBLIHA, Z. *Bojové chemické látky ve vztahu k Úmluvě o zákazu chemických zbraní*. Státní úřad pro jadernou bezpečnost. AZIN CZ, s.r.o. Praha 2004.
- [28] ŠPLIŇO, M. a J. PATOČKA. *Současný stav profylaxe proti antraxu*. Vojenské zdravotnické listy 71, 2002, 53 – 57.
- [29] VIČAR, D. a O. MIKA. *Zranitelná místa kritické infrastruktury společnosti*. In *Sborník z konference Zásah 2011 na téma „Aktuální problémy řešení mimořádných událostí na teritoriu územně samosprávných celků“*. Jihlava: Vysoká škola polytechnická, 1. červen 2011, s. 209 – 216. ISBN 978-80-87035-38-2.
- [30] DE VOOGHT-JOHNSON, R. *Iranian chemists identify Russian chemical warfare*. Spectroscopy Now.com, 1. 1. 2017

10.3 Domácí a zahraniční časopisy

- [01] Acta Medica
- [02] Armáda České republiky dnes
- [03] A-Report
- [04] Bezpečnost a ochrana zdraví při práci v praxi
- [05] Civilní obrana
- [06] Časopis 112
- [07] Historie a vojenství
- [08] Jane's Defence Weekly
- [09] Jane's Intelligence Review
- [10] Mezinárodní politika
- [11] National Geographic
- [12] Nature
- [13] NBC Defence and Technology
- [14] New Scientist
- [15] Obrana a strategie
- [16] Revue Politika
- [17] Science
- [18] Vojenské rozhledy
- [19] Vojenské zdravotnické listy
- [20] Zpravodaj Civilní ochrany

10.4 Elektronické zdroje

- [01] Federal Emergency Management Agency (USA): www.fema.gov
- [02] Federal Bureau for Investigation (USA): www.fbi.gov
- [03] Central Intelligence Agency (USA): www.cia.gov
- [04] State Department (USA): www.state.gov
- [05] The Applied Science and Analysis, Inc. (USA): www.asanltr.com
- [06] Stockholm International Peace Research Institute (Švédsko): www.sipri.se
- [07] Wilton Park, Wiston House (Velká Británie): www.wiltonpark.org.uk
- [08] ChemFinder: www.chemfinders.com
- [09] ChemID: <http://igm.nlm.nih.gov>
- [10] Chemistry Web Book: <http://webbook.nist.gov/chemistry>
- [11] Engineering Chemistry DataBase: <http://159.226.63.177>
- [12] PhysProp: <http://gpenineeringsoft.com>
- [13] CODATA: <http://www.codata.org>
- [14] Organic Compounds Database: <http://www.colby.edu/chemistry/cmp/cmp.html>
- [15] Chemical Abstracts Service (CAS): www.cas.org
- [16] Beilstein Information Systems (BIS): www.beilstein.com
- [17] ISI: <http://isinet.com>
- [18] Institute of Medicine Health of Veterans and Deployed Forces: <http://veterans.iom.edu/>
- [19] Health Effects of Herbicides Used in Vietnam: <http://www.nap.edu/read/2141/chapter/1>
- [20] Australská skupina: <http://www.australiagroup.net/>
- [21] Portál veřejné správy ČR: <http://portal.gov.cz>
- [22] Evropská komise: <http://ec.europa.eu/>
- [23] Předpisy EU: <http://eur-lex.europa.eu/cs/index.htm>
- [24] Státní úřad pro jadernou bezpečnost: <http://www.sujb.cz/>
- [25] Severoatlantická aliance (NATO): <http://www.nato.int/>
- [26] Organizace spojených národů (OSN): <http://www.un.org/>
- [27] Státní úložiště radioaktivního odpadu: <http://www.surao.cz>
- [28] MAAE: <http://www.iaea.org>
- [29] Nuclear Threat Initiative (NTI): <http://www.nti.org>
- [30] ČEZ: <http://www.cez.cz>
- [31] <https://catalog.archives.gov>
- [32] <http://collections.naval.aviation.museum>

- [33] <http://military.tomsk.ru>
- [34] <http://www.cernobyl-1986.eu>
- [35] <http://files.cernobyl-fukusima.webnode.cz>
- [36] <http://www.novinky.cz>
- [37] <http://www.biotox.cz>
- [38] <https://cs.wikipedia.org>
- [39] <https://www.wikimedia.org>
- [40] <http://www.wikimedia.cz>

10.5 Zahraniční zdroje

- [01] ANDERSON, K. G. *Radioactive contamination in urban areas*. J. Environ. Radioactivity, vol. 85, s. 151-153, 2006.
- [02] Associated Press / USA Today. *Al-Qaeda's biowarfare program more advanced than previously thought*. Dostupné: https://www.usatoday.com/news/world/2003-01-07alqaeda-bioter-ror_x.htm
- [03] BIOLOGICAL WEAPONS. *FOA informer – A Briefing Book*. National Defence Research Establishment, 1995, Sweden, p. 78
- [04] BRIGHT, R., R. – GRAY, D., L. – STOPA, P., J. – COON, P., A. – TRUDIL, D. *BIOHAZARD*. Rapid On-Side Biological Detection for First Responders. In.: *World Congress on Chemical and Biological Terrorism, Dubrovnik, Croatia, 22 – 27 April, 2001*, s. 464 – 470.
- [05] BUCKINGHAM, W. A. Jr. (1982). *Operation Ranch Hand: The Air Force and Herbicides in Southeast Asia 1961-1971* (PDF). Washington, DC: Office of Air Force History, pg. 132. ISBN978-0-87000-466-7 Retrieved February 1, 2014.
- [06] Convention on the Prohibition of the Development, Production, Stockpiling and Use of Chemical Weapons and on Their Destruction (Úmluva o zákazu vývoje, výroby, hromadění zásob a použití chemických zbraní a o jejich zničení).
- [07] CRODDY, E. *Chemical and Biological Warfare: A Comprehensive Survey for the Concerned Citizen*. New York: Springer – Verlag, 2001, 317 p.
- [08] DALTON, R. *'Dirty bomb' scare prompts clampdown on lab security*. Nature, vol. 417, s. 776, 2002.
- [09] EDWARDS, R. *Dirty bomb*. New Scientist, vol. 174, s. 42- 45, 2002.
- [10] FOI briefing book on chemical weapons – threats, effects and protection, ISBN 91-7056-110-9, Edita Vastara Aros AB 2002.
- [11] GEISSLER, E. *Biological and Toxin Weapons Today*. SIPRI 1986, p. 225.
- [12] CHEMICAL WEAPONS. *FOA informer – A Briefing Book*. National Defence Research Establishment, 1992, Sweden, p. 75
- [13] CHEMICAL WEAPONS – Threats, Effects and Protection, A Briefing Book. National Defence Research Establishment, 2002, Sweden, p. 96
- [14] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *IAEA-TECDOC-1242: Inventory of accidents and losses at sea involving radioactive material*. Vienna: IAEA, 2001. ISSN 1011-4289, 76 Pg.
- [15] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *IAEA – TECDOC 953: Methods for the development of emergency response preparedness for nuclear or radiological accidents*. Vienna 1997, 128 stran.
- [16] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources*. Vienna: 1996, International Atomic Energy Agency, p. 354.
- [17] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Source not under control in Mexico*. Dostupné: http://rpop.iaea.org/RPoP/RPoP/Content/Document-s/TrainingAccidentPrevention/Lecres/AccPr_6.02_Source_not_under_control_Mexico_WEB.ppt.
- [18] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *The Radiological Accident in Goiânia* Vienna: IAEA, 1988. STI/PUB/815.
- [19] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *The Radiological Accident in Istanbul*. Vienna: IAEA, 2000. STI/PUB/1102.
- [20] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *The Radiological Accident in Samut Prakarn*. Vienna: IAEA, 2002. STI/PUB/1024.
- [21] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *The Radiological Accident in Tammiku*. Vienna: IAEA, 1998. STI/PUB/1053.
- [22] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *The Radiological Accident in Lilo*. Vienna: IAEA, 2000. STI/PUB/1097.

- [23] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. How to recognize and initially respond to an accidental radiation Indry. IAEA, Vienna, 2000. Dostupné na webové stránce: <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/IAEA-WHO-L-Eng.pdf>.
- [24] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Lessons Learned from Accidental Exposures in Radiotherapy*. Safety Reports Series, No. 17, Vienna: IAEA, 2000.
- [25] JOHNSTON, R.: *Database of Radiological Incidents and Related Events, modified 17 Feb. 2008*. Vienna: IAEA, 2008. Dostupné na webové stránce: <http://www.johnston-sarchive.net/nuclear/ra-devents/index/>
- [26] JOHNSON – WINEGAR, A., J. *Protecting Warfighters and Civilians against Chemical and Biological Threats*, In.: 7th CBW Protection Symposium, Sweden, June 15 – 19, 2001, s. 19 – 25.
- [27] MARRS T. C., R. L. MAYNARD a F. R. SIDELL. *Chemical Warfare Agents, Toxicology and Treatment, Second Edition*. Jonh Wiley and Sons, Ltd., ISBN 978-0-470-01359-5, 2007.
- [28] MIKA, O. a L. FIŠEROVÁ. *Current Crisis Management and Emergency Planning in the Czech Republic*. Brno: 2010, VUT v Brně, Fakulta chemická, s. 1-66. ISBN: 978-80-214-4085-2.
- [29] NATO Handbook. *NATO Office of Information and Press*. Brussels, 1995, s. 277 – 282.
- [30] NATO Handbook. *NATO Office of Information and Press*. Brussels, 2001, s. 144.
- [31] Note by the Director-General. Report of the Scientific Advisory Board on Developments in Science and Technology. RC-1/DG.2. 23 April 2003.
- [32] NUCLEAR ENERGY INSTITUTE. *Medicine & Scientific Research*. Dostupné na webové stránce: <http://www.nei.org/howitworks/medicineandscientificresearch/>
- [33] Proceedings of Lecture Series on Chemical and Biological Defence. Brusel: RTO NATO, 2005.
- [34] Report of the Scientific Advisory Board on Developments in Science and Technology for the First Special Session of the Conference of the States Parties to Review the [33] Operation of the Chemical Weapons Convention (First Review Conference). Annex RC-1/DG.2.
- [35] Report of the Sixteenth Session of the Scientific Advisory Board. SAB-16/1, 6 April 2011.
- [36] Report of the Scientific Advisory Board on Developments in Science and Technology for the Third Special Session of the Conference of the States Parties to Review the Operation of the Chemical Weapons Convention, RC-3/DG.1, 29 October 2012. Strana 235
- [37] ROBINSON, J. P. P. *The Problem of Chemical and Biological Warfare, Volume II – CB Weapons Today*. SIPRI 1973, p. 420.
- [38] ROSENBERG, B., H. *Analysis of the Anthrax Attacks*. FAS Public Interest Report, Journal of the Federation of American Scientists, 5 February 2002, 17 pp. Dostupné na webové stránce: www.fas.org/bwc/news/anthraxreport.htm
- [39] Russian Federation. *Aide-Memoire on Enhancement of the Chemical Weapons Convention*. EC-M59 / NAT. 4, 18 April 2018.
- [40] STOPA, P. J. *Strategies for the Detection of Unknown Biological Materials*. In.: World Congress on Chemical and Biological Terrorism, Dubrovnik, Croatia, 22 – 27 April, 2001, s. 471 – 478.
- [41] Testimony of Dr. Henry Kelly, President Federation of American Scientists before the Senate Committee on Foreign Relations. March 6, 2002, 1-14 pg.
- [42] UK Green Paper – *Strengthening the Biological and Toxin Weapons Convention: Countering the Threat from Biological Weapons*, April 29, 2002. Dostupné na webové stránce: <http://fi-les.fco.gov.uk/npd/btwc-290402.pdf>
- [43] Unclassified Report to Congress on the Acquisition of Technology Relating to WMD and Advanced Conventional Munitions. Dostupné na webové stránce: www.cia.gov/cia/publications/bian/bian_jan_2003.htm
- [44] Unclassified Report to Congress on the Acquisition of Technology Relating to WMD and Advanced Conventional Munitions. Dostupné: www.cia.gov/cia/publications/bian/bian_jan_2003.htm
- [45] US Department of Defense: *Chemical and Biological Defese Primer, 2001*, 25 pp., dostupný na webové stránce: www.acq.osd.mil/cp/CBD%20Primer%20Oct%202001.pdf
- [46] US Department of Justice: *Guide for the Selection of Chemical and Biological Decontamination Equipment for Emergency First Responders*. Washigton DC: National Institute of Justice, 2001. Dostupné na webové stránce: www.ojp.usdoj.gov/nij/pubs-sum/189724.htm
- [47] Uses of Nuclear Energy: <http://www.buzzle.com/articles/uses-of-nuclear-energy.html>
- [48] Utajené nehody nukleárních zbraní – dokument. Dostupné na webové adrese: <http://do-kumenty.tv/category/technika/?orderby=comments>
- [49] WHEELIS, M. a M. DANDO. *Back to bioweapons, Bulletin of the Atomic Scientists*. January/February 2003. Dstupné na: <http://www.thebulletin.org/is-sucs/2003/jf03/jf03wheelis.html>
- [50] ZILINSKAS, R., A. a J. B. TUCKER. *Limiting the Contribution of the Open Scientific Literature to the Biological Weapons Threat*. December 2002, CBW Discussion Forum of SIPRI. Dostupné na: <http://www.ho-melandsecurity.org/jour-nal/Articles/displayarticle.asp?article=80>

10.6 Základní údaje o autorech

Krátké profesní medailonky jednotlivých autorů jsou níže uvedeny v abecedním pořadí složení autorského týmu.



Doc. Ing. Ivan Mašek, CSc. (1949)

Akademický pracovník – Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta logistiky a krizového řízení v Uherském Hradišti, Ústav ochrany obyvatelstva. V letech 1992 – 2008 akademický pracovník Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie a ochrany životního prostředí.

Absolvent VAAZ Brno, obor chemické inženýrství (1976), v letech 1990-92 VA Brno, studium anglického jazyka, v období 1989-92 SVŠT Bratislava, postgraduální studium „*Moderní instrumentální metody*“, v letech 1985-92 externí vědecká příprava VAAZ Brno, kandidát technických věd pro obor „*Zbraně hromadného ničení a ochrana proti nim*“, v r. 2000 habilitace VA Brno, v oboru „*Teorie obrany státu*.“

Autor a spoluautor desítek publikací na zahraničních konferencích a v odborném tisku v oblasti chemie vysoce toxických látek a ochrany prostředí, ochrana životního prostředí, ochrana obyvatelstva, toxické skládky, recyklace elektronického odpadu, autor a spoluautor 5 patentů, v současnosti se věnuje problematice bezpečnosti a ochrany obyvatelstva, chemie vysoce toxických látek, zbraně hromadného ničení a ochrana proti nim, individuální a kolektivní ochrana osob, krizové řízení a plánování. Zakladatel bakalářského studijního programu „*Ochrana obyvatelstva*“.

Doc. Ing. Otakar Jiří Mika, CSc. (1953)

Akademický pracovník – Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta logistiky a krizového řízení v Uherském Hradišti, Ústav ochrany obyvatelstva. Jeho pedagogická praxe na vysokých školách činí 20 let.

V roce 1977 ukončil studium na Vojenské akademii Antonína Zápotockého v Brně v oboru chemické inženýrství. Poté působil celkem devět let u 19. motostřelecké divize v Plzni ve vojensko-odborných funkcích. Po absolvování interní vědecké aspirantury (v letech 1986-1989) na Vojenské akademii Antonína Zápotockého v Brně získal 12. prosince 1990 vědecký titul kandidát technických věd (CSc.) v oboru ochrana proti zbraním hromadného ničení. V roce 2013 habilitoval na Policejní akademii České republiky v oboru krizové řízení a kriminalistika.



K odborné specializaci patří ochrana obyvatelstva, chemická bezpečnost, ochrana před zbraněmi hromadného ničení, CBRN terorismus a ochrana před ním a příbuznými obory. Od roku 2008 je soudním znalcem na problematiku havarijních dopadů závažných chemických havárií. Od roku 2013 je osobou odborně způsobilou pro oblast radiační ochrany. Publikoval celkem přes 350 odborných článků a sdělení, z toho 26 titulů jsou vysokoškolská skripta v České republice a na Slovensku. Odborně publikoval v dalších 11 zemích. Autorsky pracoval jako vedoucí nebo člen autorského týmu na několika odborných projektech, které byly zaměřeny na bezpečnostní problematiku s různým zaměřením. Od roku 1998 je členem České společnosti chemické a členem Svazu civilní ochrany České republiky (od roku 2011).



Ing. Ivan Princ (1968)

Vystudoval Vysokou vojenskou školu pozemního vojska ve Vyškově (1986-1990), kde získal vysokoškolskou kvalifikaci v oboru „*velitelsko-inženýrský – vojenská chemie*“ a následně pracoval přes 20 let v armádě. Působil celkem 19 let v odborných funkcích u pozemních vojsk, zejména u 7. mechanizované brigády v Hranicích na Moravě. Pracoval jako odborný asistent skupiny vojenské strategie a operačního umění oddělení studií vojenského umění Ústavu strategických a obranných studií chemické odbornosti na Univerzitě obrany v Brně (2009-2010).

V letech 1990 až 1991 se v rámci 1. speciálního čs. protichemického praporu zúčastnil bojových misí Desert Storm a Desert Shield v Saudské Arábii a Kuvajtu, kde byly zjištěny chemické zbraně. V roce 2002 se v odborné funkci (odborný poradce velitele kontingentu v oblasti OPZHN a ochrana vojsk) velitelství 11. Polní nemocnice zúčastnil zahraniční bezpečnostní mise ISAF 2 v Kábulu v Afghánistánu.

Od roku 2012 pracuje na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta logistiky a krizového řízení v Uherském Hradišti (Ústav ochrany obyvatelstva) jako odborný asistent. Zde vyučuje problematiku ochrany obyvatelstva v bakalářském studijním programu. Vede a oponuje práce studentů a jeho vědecko-pedagogická praxe na vysokých školách činí 10 let.

Publikoval odborné články a sdělení. Zpracoval řadu interních vojenských předpisů, pomůcek a publikací. Autorsky pracoval jako vedoucí nebo člen autorského týmu na několika odborných vojenských a civilních projektech, které byly zaměřeny na bezpečnostní problematiku s různými aspekty.

Prof. Ing. Dušan Vičar, CSc. (1953)

Dlouholetý vědeckopedagogický pracovník se zkušenostmi z výkonu akademických funkcí a řízení řešitelských týmů vědeckých projektů a výzkumných záměrů. V současnosti zastává funkci ředitele Ústavu ochrany obyvatelstva Fakulty logistiky a krizového řízení Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.

Absolvent VAAZ Brno, obor chemické inženýrství (1977), v letech 1983-88 externí vědecká výchova na VAAZ Brno obor „*Operační a bojové použití druhů vojsk, speciální technické a týlové zabezpečení*“, v r. 1992 habilitační řízení v oboru „*Zbraně a ochrana proti nim*“ na VVŠ PV ve Vyškově, v r. 2004 řízení ke jmenování profesorem v oboru „*Ochrana vojsk a obyvatelstva*“ na VVŠ PV ve Vyškově.



Je členem řady vědeckých, oborových a redakčních rad, člen pracovní skupiny k oblasti vzdělávání „*Bezpečnostní obory*“ a člen hodnotící komise Národního akreditačního úřadu pro oblast „*Bezpečnost*“.

Hlavní řešitel či spoluřešitel více jak dvou desítek projektů obranného výzkumu a výzkumných záměrů pro rozvoj organizace, autor více než dvou stovek publikací v odborném tisku, příspěvků na tuzemských i zahraničních konferencích z oblasti chemické kontroly vojensky významných sloučenin, dekontaminace a likvidace následků ekologických havárií a dekontaminace. V posledních letech se věnuje problematice ochrany obyvatelstva a krizového řízení.

Uherské Hradiště, 1. června 2020

Název: Jaderné, radiologické a chemické zbraně, radiační a chemické havárie
Autoři: VIČAR Dušan, PRINC Ivan, MAŠEK Ivan, MIKA Otakar Jiří
Vydavatel: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Rok vydání: 2020
Pořadí vydání: První
Vydáno elektronicky
ISBN 978-80-7454-947-2
DOI: 10.7441/978-80-7454-947-2