Kemijski bojni otrovi

Kajinić, Žana

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Chemistry / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:182:875916

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Department of Chemistry, Osijek







SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

ODJEL ZA KEMIJU

SVEUČILIŠNI PREDDIPLOMSKI STUDIJ KEMIJE

Žana Kajinić

KEMIJSKI BOJNI OTROVI

CHEMICAL WARFARE AGENTS

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

doc. dr. sc. Mirela Samardžić

Osijek, 2017.

SAŽETAK

Kemijsko oružje je izvrstan primjer kako čovjek svoja znanstvena i tehnološka dostignuća može uporabiti protiv društva.

U ovom radu opisuje se pojam i podjela smrtonosnih bojnih otrova, temeljne značajke kemijskog oružja, te kemijska i fizikalna svojstva bojnih otrova.

Naglasak je stavljen na smrtonosne bojne otrove s njihovim predstavnicima, kako detektirati njihovo djelovanje i poduzeti potrebnu zaštitu, kako osobnu i kolektivnu, tako i zaštitu vode, hrane i okoliša.

Pravilan izbor odgovarajuće zaštitne opreme i njena pravilna uporaba mogu biti odlučujući faktor za sposobnost ljudstva da djeluje u kontaminiranom području.

KLJUČNE RIJEČI: kemijsko oružje, smrtonosni bojni otrovi, živčano paralitički otrovi, zagušljivci, kožni i krvni bojni otrovi

ABSTRACT

Chemical weaponry makes great example how humanity can use scientific and technology achievements against society.

In this article, meaning and types of chemical agents and its main differences, as well as its main chemical and physics properties will be explained.

Highlights are put on deadly chemical agents and their main types, how to detect them and how to achieve needed personal and group protection, as well as protection of food, water and environment.

Right choice of protective gear and actions and its correct usage can be decisive factor for actions in contaminated area.

KEY WORDS: chemical weaponry, deadly chemical agents, nerve paralytic agents, choking, blister and blood agents.

SADRŽAJ

1. UVOD 1

1.1. BOJNI OTROVI 1

1.2. TOKSIČNOST BOJNIH OTROVA 1

1.3. KEMIJSKE ZNAČAJKE BOJNIH OTROVA 2

2. SMRTONOSNI BOJNI OTROVI 4

2.1. ŽIVČANI BOJNI OTROVI 4

2.1.1. TABUN (GA) 6

2.1.2. SARIN (GB) 8

2.1.3. SOMAN (GD) 11

2.1.4. VX OTROVI 13

2.2. ZAGUŠLJIVCI 16

2.2.1. FOSGEN (CG) 16

2.2.2. DIFOSGEN (DP) 19

2.3. KOŽNI BOJNI OTROVI 20

2.3.1. IPERIT (HD) 22

2.3.2. DUŠIČNI IPERIT (HN-3) 24

2.3.3. LUIZIT (L) 26

2.4. KRVNI (OPĆI) BOJNI OTROVI 28

2.4.1. CIJANIDNA KISELINA (AC) 28

2.4.2. KLORCIJAN (CK) 30

2.4.3. ARSIN (AsH_3) 32

3. ZAKLJUČAK 34

4. LITERATURA 35

1. UVOD

1.1. BOJNI OTROVI

Toksični materijali koji su se koristili u ratne svrhe datiraju još od 400. g.pr.n.e.

Prema Websterovom rječniku „kemijsko ratovanje“, definirano je kao ratovanje pomoću kemijskih sredstava i kemikalija koje koriste nadražujuće, otrovne, eksplozivne ili zagušljive plinove i zapaljive smjese dima, a prvi put je primijenjeno 1917. godine.

Otrovne kemikalije su sva ona sredstva koja svojim kemijskim djelovanjem izazivaju trajna oštećenja na ljudima i životinjama, privremenu nesposobnost, te mogu prouzročiti smrt.

Otrovne kemikalije su sintetskog ili prirodnog podrijetla, ali kad se govori o bojnim otrovima misli se uglavnom na sintetske bojne otrove. Poznato je nekoliko tisuća otrovnih kemikalija, ali samo je dio njih uporabljen kao bojni otrov.

Tijekom 20. stoljeća, samo 70-ak kemikalija uskladišteno je ili uporabljeno kao bojni otrov.

1.2. TOKSIČNOST BOJNIH OTROVA

Najsuvremeniji bojni otrovi dugo se zadržavaju na tlu i u atmosferi, brzo se šire u prostoru, a karakteristični su po tome što nemaju boje ni mirisa i lako prodiru u sve vrste objekata.

Toksičnost bojnih otrova predstavlja određenu količinu bojnog otrova koja izaziva farmakološki i toksikološki učinak, a izražava se toksičnom dozom (D_t).

Stupanj toksičnosti otrova određuju se kao: **minimalna toksičnost** (prag doza) koja izaziva prve simptome trovanja i **nepodnošljiva** ili **onesposobljavajuća doza** (ID) koja izaziva smanjenje radne sposobnosti i poremećaje funkcionalnosti cjelokupnog organizma.

Smrtna doza (LD) je količina bojnog otrova (mg/kg) koja uzrokuje smrt, a izražava se kao srednja smrtna doza (LD_{50}) koja kod pokusnih životinja iste vrste uzrokuje 50 postotnu smrtnost.

Onesposobljavajuća doza (ID_{50}) je količina bojnog otrova (mg/m^3) koja u relativno kratkom vremenu (obično jednu minutu) izaziva onesposobljavanje 50 posto ukupno izložene populacije.

Srednja letalna koncentracija (LCt_{50}) je koncentracija bojnog otrova (mg/m^3 zraka) koja izaziva smrt za 50% izložene populacije u trajanju od jedne minute. Srednja

onesposobljavajuća doza pare ili aerosola ($ICt_{50,}$ mg min/m^3) predstavlja količinu inhalirane pare, koja je dovoljna da onesposobi 50 posto eksponirane nezaštićene populacije **[1]**.

1.3. KEMIJSKE ZNAČAJKE BOJNIH OTROVA

Kemijski bojni otrovi pripadaju velikom broju različitih skupina organskih spojeva. Svrstavaju se u grupu estera derivata karboksilnih kiselina, alkanola, alkana, arsina, amina, cikličkih i heterocikličkih spojeva itd.

Poznavanje kemijskih značajki bojnih otrova, koji su uglavnom organski spojevi, važno je i zbog skladištenja, identifikacije i dekontaminacije, zadržavanja u atmosferi, objašnjenja mehanizma toksičnog djelovanja na organizam i moguće primjene antidota. Najvažnije kemijske značajke su reakcije s kiselinama, lužinama, oksidansima i reducensima, vodom (hidroliza), termička postojanost i stabilnost, te pri eksploziji reaktivnost prema materijalima. Bojni otrovi uglavnom nisu podložni hidrolizi, iako npr. djelovanjem vode na iperit, dolazi do stvaranja netoksičnih produkata. Reakcija je nepogodna za dekontaminaciju, jer su kod normalnih uvjeta potrebne velike količine vode, a i reakcija je vrlo spora. Bojni otrovi primjenjuju se u obliku para i/ili aerosola kad se uporabljuju za kontaminaciju atmosfere. Vlažnost zraka ima veliki utjecaj na hidrolizu bojnih otrova, iako to ovisi i o pojedinom otrovu. Fosgen se vrlo brzo raspada djelovanjem vode na solnu kiselinu i CO_2, ali u atmosferi ne hidrolizira brzo čak i ako je vlažna. Ako se bojni otrov primjenjuje kad je kišovito i kad je tlo vlažno hidroliza je brža što umanjuje postojanost bojnih otrova. Sarin hidrolizira vrlo sporo jer se otapa u vodi u svim omjerima. Dušični iperit hidrolizom daje otrovne produkte koji u vodenim otopinama djeluju otrovno na kožu. Voda nije pogodno sredstvo za dekontaminaciju zbog postojanosti većine bojnih otrova prema hidrolizi. Međutim nukleofilnu sposobnost vode moguće je povećati dodavanjem hidroksilnih iona ili djelovanjem drugih baza čime se postiže kvantitativna dekontaminacija otrova iz skupine organofosfornih spojeva. Mnogi bojni otrovi su manje otporni na djelovanje baza nego na djelovanje kiselina. Kiseline se samo ponekad rabe za dekontaminaciju u laboratorijskim uvjetima ili posebno za dekontaminaciju dušičnog iperita.

Važan preduvjet koji trebaju ispuniti bojni otrovi je postojanost na visokim temperaturama i tlakovima koji nastaju eksplozijom ili sagorijevanjem pirotehničkih smjesa. Visoku termičku

stabilnost moraju imati bojni otrovi koji se primjenjuju iz dimnih kutija jer su u njima bojni otrovi najduže izloženi djelovanju topline.

Bojni otrovi moraju biti stabilni u uvjetima uskladištenja. Ne smiju reagirati s materijalima od kojih su izrađene posude za čuvanje i moraju biti postojani prema temperaturnim promjenama. Stoga, odabiru se najbolji materijali koji su kemijski inertni prema konkretnom bojnom otrovu **[1]**.

2. SMRTONOSNI BOJNI OTROVI

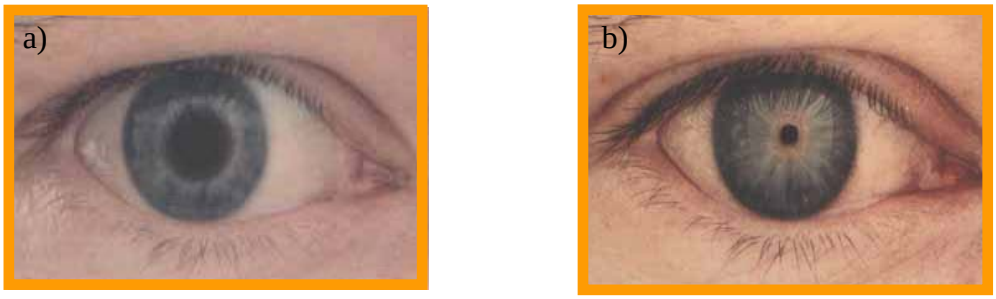
Smrtonosni bojni otrovi su oni kod kojih je odnos smrtonosne koncentracije prema onesposobljavajućoj mali. Isključivo se koriste za ubijanje (uništavanje žive sile). Posljedice koje izazivaju ovise o primijenjenoj koncentraciji (može uzrokovati smrtonosne i nesmrtonosne učinke) i o stupnju zaštite u trenutku kemijskog napada. U smrtonosne bojne otrove se ubrajaju živčani, kožni, zagušljivci i krvni bojni otrovi. Prema vremenu zadržavanja na tlu, smrtonosne bojne otrove možemo podijeliti u dvije skupine: kratkotrajni (fosgen, difosgen, sarin, tabun) i dugotrajni (soman, VX otrovi, iperit) **[2]**.

2.1. ŽIVČANI BOJNI OTROVI

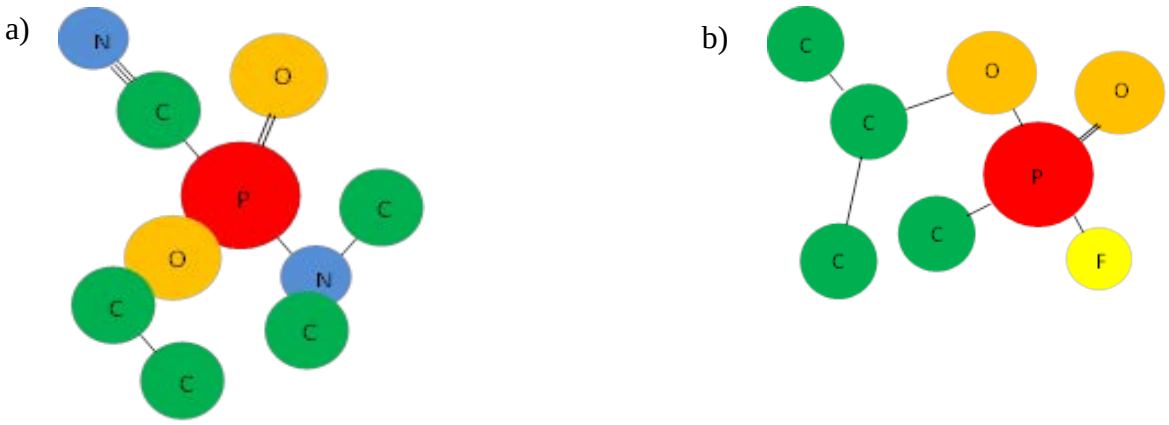
Živčani bojni otrovi (engl. *nerve gases*) pripadaju skupini organofosfornih spojeva i najtoksičnija (osim toksina) su kemijska borbena sredstva koja služe za masovno uništavanje.
Glavne karakteristike živčanih bojnih otrova su vrlo brzo djelovanje i visoka toksičnost. Svi živčano paralitički bojni otrovi su tekućine ali zavisno od temperature, sredine i procesa spremanja mogu imati oblik para plinova i aerosola, a u organizam ulaze inhalacijom, kroz kožu i ingestijom tj. unošenjem hrane u tijelo kroz usta. Put ulaska u organizam određuje vrijeme nastanka simptoma. Kroz brojne krvne žile koje se nalaze u plućima, inhalirani bojni otrov će brzo prodrijeti u krvotok i dospjeti do određenih organa. Inhalacijska ekspozicija tj. udisanje bioloških i toksinskih agenasa npr. od 200 mg sarina/m^3 uzrokovat će smrt za samo nekoliko minuta. Pri transkutanoj ekspoziciji (kroz kožu) simptomi otrovanja se javljaju nešto kasnije (20-30 minuta), iako se otrov relativno lako otapa u mastima kože i potkožnog tkiva. Ako je ukupna doza otrova visoka, transkutana ekspozicija može biti i brža.
Živčani bojni otrovi mogu se apsorbirati preko bilo koje tjelesne površine. Krute čestice aerosola i kapljice se apsorbiraju kožom, očima i respiratornim traktom. Na slici 1 prikazan je utjecaj živčano paralitičkih bojnih otrova na oči. Ako se apsorbira dovoljno agenasa, lokalni učinci prethode općim sustavnim učincima otrovanja.
Živčani bojni otrovi dijele se u dvije skupine: G otrovi (tabun, sarin, soman) i V otrovi (VE, VG, VM, VX). G otrovi su mnogo isparljiviji od V otrova i opasni su ako se apsorbiraju u organizam kroz kožu i udisanjem. Otrovi iz skupine V otrova vrlo dobro prodiru kroz kožu i nisu isparljivi. U organizam se mogu unijeti putem dišnog sustava ako se u zraku pojavljuju u

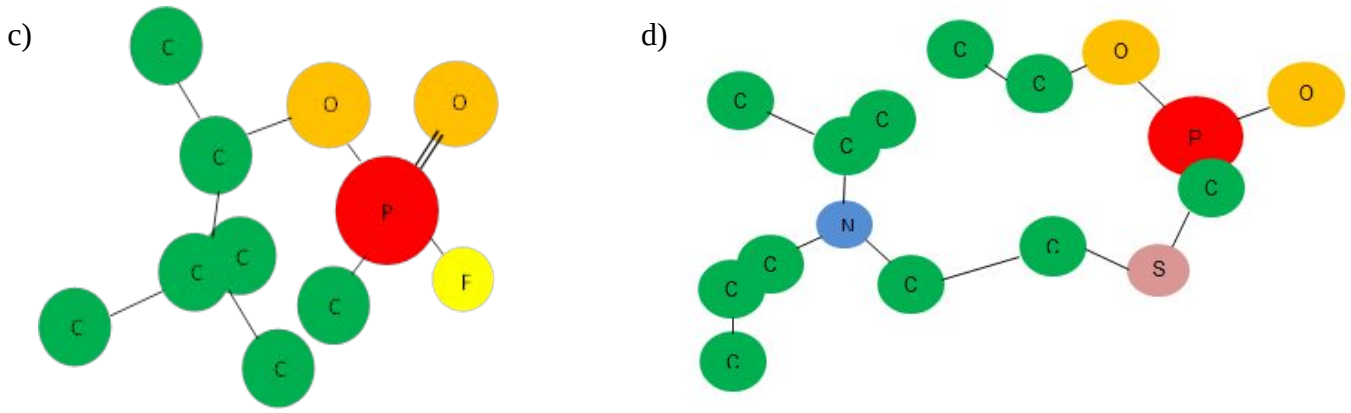
obliku pare ili aerosola. Sve vrste živčanih bojnih otrova vrlo su toksične tako da npr. jedna kap VX otrova koja se apsorbira kroz kožu izaziva smrtne posljedice **[1]**.

V otrovi su tiokolinski organofosforni spojevi koji u sebi imaju sumpor, a otrovi iz G skupine su fluoro ili cijano fosfati. Nakon II. svjetskog rata u SAD-u su se, na temelju istraživanja obavljenih u Njemačkoj, provodila laboratorijska istraživanja i razrađivale tehnologije za proizvodnju živčanih bojnih otrova. Amerikanci su tim otrovima dali i posebne oznake: tabun (GA), sarin (GB), soman (GD) (Slika 2), a prvo slovo u oznaci za svaki živčani bojni otrov označava njegovo njemačko porijeklo **[3]**.



Slika 1. Utjecaj živčano paralitičkog agensa na oči: a) prije izlaganja; b) 30 minuta nakon izlaganja, pokazuje ekstremno suženje zjenica [1]





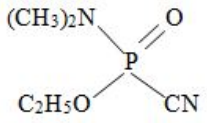
Slika 2. Molekularni modeli a) tabun (GA), b) sarin (GB), c) soman (GD) i d) VX [1]

2.1.1. TABUN (GA)

Tabun, [77-81-6], $C_5H_{11}N_2O_2P$, Mr 162.13, d^{20}1.077, n_D^{20}1.4250 je bezbojna tekućina, a u tekućem stanju ima slab miris zelenog voća. Zbog prisutnih cijanida miriše na bademe. Ako su prisutne nečistoće u većim koncentracijama, osjeća se miris na ribu, odnosno amine. Tabun je prvenstveno stvoren u njemačkoj tvornici 1936. godine, ali ne kao plin za vojsku već kao pesticid. Tabun se sporo hidrolizira u vodi. U polarnim organskim otapalima ima vrlo dobru topivost, dok se slabo otapa u tekućim ugljikovodicima, a s petrolejom stvara nestabilne emulzije. Reakcija je ubrzana u kiselom mediju, pri čemu istodobno dolazi i do razgradnje cijano (C=N) skupine i napada na P-N vezu i do otpuštanja amina. Pare su mu 5.63 puta teže od zraka. Razgrađuje se kad je zagrijan na 150 ^{0}C, a točka zapaljenja mu je 78 ^{0}C, u vremenu od tri sata. Latentna toplina isparavanja mu je 333.4 J/g, 20-25 ^{0}C. U tablici 1 navedena su ostala fizička i kemijska svojstva tabuna. Vrlo je otrovan kad se apsorbira kroz kožu i probavni trakt, a u organizam najlakše prodire putem dišnih puteva. Tabun je 20 puta postojaniji od sarina i ubraja se u skupinu alkilestera dialkilamino-cijanofosforne kiseline **[2]**.

CAS registarski broj: 77-81-6

Tablica 1. Fizička i kemijska svojstva tabuna (GA) [1]

Strukturna formula  Molekulska formula: $C_5H_{11}N_2O_2P$ Molekulska masa: 162.13	
Fizičko stanje	bezbojna do smeđa tekućina
Miris	na voće
Vrelište	237 (246) ^{0}C/ 101.3 kPa; 120 ^{0}C/1.298 kPa
Krutište	-50 ^{0}C
Gustoća (tekućine)	1.073 g/cm^3, 25 ^{0}C
Tlak pare	4.9 Pa/20 ^{0}C; 0.8 Pa/0 ^{0}C, približno isto kao i za iperit
Gustoća para/zrak	5.83
Isparljivost	858 mg/m^3 / 30 ^{0}C; 328 mg/m^3/ 20 ^{0}C; 90 mg/m^3 /0 ^{0}C. Isparljivost je približno jednaka 1/20 isparljivosti vode.
Latentna toplina isparavanja	333.4 J/g/25 ^{0}C-50 ^{0}C
Plamište	76 ^{0}C
Temperatura razlaganja	Razlaže se potpuno na 150 ^{0}C za 3h i 15 min., znatno se raspada pri eksplozivnom raspršivanju.
Topljivost	Neznatno topljiv u vodi: 9.8% / 25 ^{0}C; 7.2% / 20 ^{0}C
Brzina hidrolize	Hidroliza je brža s kiselinama ili alkalijama, ali je spora s vodom. Autokatalizirana ispod pH 4 zbog prisutnosti cijanovodika. Poluvrijeme hidrolize: 3.5h/pH 7/20 ^{0}C; 7h/pH 4 do 5. Zbog prisutnosti fosfata brzina hidrolize se povećava.
Produkti hidrolize	Cijanovodik i etilester dimetilamido fosforne kiseline
Stabilnost na uskladištenje	Stabilan je i po nekoliko godina ukoliko je uskaldišten u željezne kontejnere na normalnim temperaturama.
Djelovanje na metale ili druge materijale	Neznatno korozivan prema željezu.
Toksičnost	
LCt 50 (udisanjem)	400 mg min/m^3 (u mirovanju)
ICt 50	300 mg min/m^3 (u mirovanju)
LCt 50 (perkutano)	20.000-40.000 mg min/m^3
LD50 (perkutano)	3 do 14 mg/kg
Toksični učinak na oči (moiza)	2.5 mg min/m^3 (procjena)
Brzina detoksikacije	Neznatna, ali određena

Toksičnoost preko kože i očiju	Toksičnost očiju vrlo velika, mnogo veća nego preko kože, vrlo mala koncentracija para utječe na smanjenje zjenica oka (stiskanje), pri slaboj svjetlosti vid je slab. Toksičnost kože vrlo velika. Provesti dekontaminaciju i najmanjih kapi tekućine, jer tekućina lako prodire u kožu.
Zaštita	
Potrebna zaštitna sredstva	Zaštitna maska i zaštitna odjeća. Odjeća štiti do 30 min. nakon kontakta s parom. Uzeti u obzir tu činjenicu pri skidanju maske. Neposredno ukloniti tekući dio s odjeće.
Dekontaminacija	Dekontaminirati oči s vodom. Uporabiti osobni pribor za dekontaminaciju (OPD) kože protiv tekućih bojnih otrova na koži. Za dekontaminaciju prostorija i tla rabe se vodene otopine kalcijevog hipoklorita, natrijevog hidroksida, DS_2 (dekontaminacijska smjesa) i alkalna otopina.
Postojanost	Postojan je 1-2 dana na otvorenom prostoru kao tekućina u većim količinama pri standardnim vremenskim uvjetima. 20 puta sporije isparava od vode. U vodi je postojan jedan dan na 20 ^{0}C, a približno 6 dana na 5 ^{0}C, dvostruko je postojaniji pod istim uvjetima u morskoj vodi. U ljetnim uvjetima postojan je 6-24h, a u zimskim 4 dana.

2.1.2. SARIN (GB)

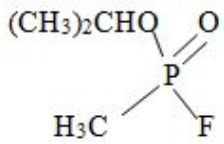
Sarin [107-44-8], $C_4H_{10}FO_2P$, Mr 140.09, d^{20} 1.088 je bezbojna tekućina bez mirisa. Nije zapaljiv, ali je najhlapljiviji od svih živčanih bojnih otrova. Pare su mu 4.86 puta teže od zraka. Latentna toplina isparavanja mu je 335.2 J/g/25 ^{0}C. Sarin se dobro otapa u vodi i relativno je postojan (50% hidrolizira za 4 sata pri 30 ^{0}C i pH 8.0). Tablica 2 prikazuje fizička i kemijska svojstva sarina. Hidroliza je katalizirana u prisutnosti H^+ iona i drugih kationa (Ca^{2+}, $Mg^{2+,}$ Al^{3+}, Co^{2+}, ali npr. i metalni kelati). Dobro se otapa u lipidima i organskim otapalima, mastima, alkoholima, benzinu, benzenu, i dr. Lako se adsorbira na različite materijale kao što su: drvo, porozna opeka, vuna, tekstil. Iz navedenih materijala pri povoljnim vremenskim uvjetima, desorpcijom para sarina odnosno fizičko kemijskim uklanjanjem apsorbirane ili adsorbirane tvari, nekontaminirana atmosfera može se kontaminirati visokim koncentracijama, koje čak mogu biti i smrtonosne. Lako prodire kroz kožu, ali je ne oštećuje. Stabilnost sarina na terenu ovisi o vrsti streljiva iz kojeg je uporabljen, načina uporabe i vremenskim uvjetima. Smrtonosne ili opasne koncentracije sarina u zraku, pojavljuju se na 15-25 kilometara udaljenosti od mjesta primjene ako govorimo o povoljnim meteorološkim

uvjetima (npr. povoljan vjetar). Sarin se raspada kad se zagrije na temperaturi od 150 ^{0}C, ali nije zapaljiv.

Sarin ne uzrokuje koroziju čelika te ima stabilnost kad je uskladišten u čeličnim posudama na temperaturi od 65 ^{0}C. Sporo hidrolizira u neutralnoj vodenoj sredini, a produkti hidrolize su O-etilestermetilfosfonske kiseline i fluorovodična kiselina. Veća koncentracija vodikovih iona (pH<4) povećava brzinu hidrolize. Prirodna detoksikacija tj. proces neutralizacije ili eliminiranje otrova iz ljudskog tijela u organizmu je spora. Trovanje je u osnovi kumulativno **[2]**. Tijekom terorističkog napada u Japanu 1995.godine korišten je sarin zbog kojega je smrtno stradalo 12 ljudi **[1]**.

CAS registarski broj: 107-44-8

Tablica 2. Fizička i kemijska svojstva sarina (GB) [1]

Strukturna formula  **Molekulska formula: $C_4H_{10}FO_2P$** Molekulska masa: 140.10	
Fizičko stanje	bezbojna tekućina
Miris	bez mirisa u čistom stanju
Vrelište	158 (148) ^{0}C (čist)
Krutište	-58 (50) ^{0}C
Gustoća (tekućine)	1.102 g/cm^3/20 ^{0}C
Tlak pare	279.9 Pa/20 ^{0}C
Gustoća para/zrak	4.88
Isparljivost	858 mg/m^3, 30 ^{0}C; 4.1 mg/m^3, 0 ^{0}C; 600 mg/m^3, 20 ^{0}C
Latentna toplina isparavanja	332 J/g, 25 ^{0}C
Plamište	Nema
Temperatura razlaganja	150 ^{0}C/2.5h
Topivost	Miješa se s vodom i topiv je u svim organskim otapalima uključujući: ulja i masti, alkohol, benzin.
Brzina hidrolize	Ovisi o pH, vrijeme poluraspada 7.5 h pri pH 1.8. Vrlo brzo hidrolizira u alkoholnoj otopini; vrijeme poluraspada je 5h pri pH 9, a pri pH 6 je 47h.

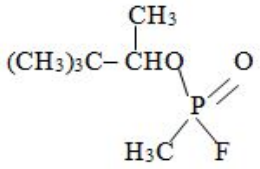
Produkti hidrolize	HF u kiselim uvjetima; izopropilmetilfosfonat i metilfosfonska kiselina.
Stabilnost na uskladištenje	Stabilan u željeznim posudama na temperaturi od 65 ^{0}C. S većom čvrstoćom, stabilnost je veća.
Djelovanje na metale ili druge materijale	Neznatan prema slitinama
Toksičnost	
$LC_{t\ 50}$ (udisanjem)	100 mg/m^3 (u mirovanju); 70 mg min/m^3
$IC_{t\ 50}$ (udisanjem)	75 mg min/m^3 (u mirovanju); 35 mg min/m^3
$LC_{t\ 50}$ (perkutano)	12.000, 30.000 mg min/m^3 kroz standardnu odjeću
Toksični učinak na oči	1 mg min/m^3
Brzina detoksikacije	Spora, kumulativni otrov
Toksičnost preko kože i očiju	Toksičnost očiju vrlo velika, mnogo veća nego preko kože; para utječe na smanjenje zjenica oka (stiskanje), vid je slab pri slaboj svjetlosti. Smrtna doza (LD) je 1.7 g po osobi. Prodornost kroz kožu je brza, ali tekućina ne oštećuje kožu. Neposredna dekontaminacija i najmanje kapi je bitna. Para također prodire u kožu.
Brzina djelovanja	Vrlo brzo, smrt obično nastupa unutar 15 min. nakon apsorpcije smrtne doze.
Zaštita	
Potrebna zaštitna sredstva	Zaštitna maska i zaštitna odjeća. Odjeća štiti do 30 min. nakon kontakta s parom. Uzeti u obzir tu činjenicu pri skidanju maske. Neposredno ukloniti sav tekući dio s odjeće.
Dekontaminacija	Dekontaminirati oči s vodenom otopinom natrijevog hidrogenkarbonata ($NaHCO_3$). Uporabiti OPD tekućine na koži. Dekontaminirati odjeću s priborom za dekontaminaciju odjeće. Za dekontaminaciju prostora uporabiti otopinu natrijevog hidroksida (NaOH), otopinu $NaHCO_3$, Na_2CO_3 i DS_2; vodenu paru i amonijak ili toplu vodu sa sapunom za zatvorene prostore.
Postojanost	Isparava skoro istom brzinom kao i voda. Manje je postojan od GA. U ljetnim uvjetima postojan je 4h, a u zimskim 1-2 dana.

2.1.3. SOMAN (GD)

Soman [96-64-0], $C_7H_{16}FO_2P$, Mr 182.18, d^{20} 1.013 je bezbojna tekućina, bez mirisa i spada u skupinu dugotrajnih bojnih otrova. Onečišćen, ima miris na kamfor, koji je bjelkasta kristalna tvar jakog prirodnog mirisa dobivena od zimzelenog kamforovog drveta, a u tekućem stanju imaju slab miris zrelog voća. Pare su mu 6.33 puta teže od zraka. Hidrolizira sporije od sarina, pa se stoga smatra pogodnijim za „dužu“ kontaminaciju terena. Dimetilbutoksi skupina je velika i razgranata, te takva struktura onemogućava nukleofilnu adiciju. Zbog toga soman brže reagira s elektrofilnim reagensima, a to su molekule i ioni koji u kemijskim reakcijama stvaraju kemijsku vezu primanjem elektronskog para, dok znatno sporije reagira s nukleofilnim reagensima od sarina. Područje kontaminirano somanom predstavlja opasnost 10-15 sati nakon uporabe tog otrova, a zimi čak i nekoliko dana. Pali se na temperaturi od 78 ^{0}C, a raspada kad se grije na temperaturi od 130 ^{0}C u vremenu od četiri sata. Latentna toplina isparavanja mu je 303.4 J/g/25 ^{0}C. U tablici 3 navedena su ostala fizička i kemijska svojstva somana. Manje je stabilan na uskladištenje od tabuna (GA) i sarina (GB) te ne uzrokuje koroziju čelika. Detoksikacija u organizmu je vrlo spora. Učinci od otrovanja su kumulativni. On je najotrovniji G-otrov zbog lakoće kojom prodire u centralni živčani sustav **[2]**.

CAS registarski broj: 99-64-0

Tablica 3. Fizička i kemijska svojstva somana (GD) [1]

Strukturna formula  Molekulska formula: $C_7H_{18}FO_2P$ Molekulska masa: 182.178	
Fizičko stanje	bezbojna tekućina
Miris	Na voće; nečistoće mu daju miris kamfora.
Vrelište	198 (167) ^{0}C
Krutište	-42 ^{0}C (krutina slična staklu)
Gustoća (tekućine)	1.0222 g/cm^3 25 ^{0}C
Tlak pare	53.3 Pa/25 ^{0}C
Gustoća para/zrak	6.33
Isparljivost	3.900 mg/m^3/25 ^{0}C; 5.570 mg/m^3/30 ^{0}C

Latentna toplina isparavanja	302.6 J/g/ 25 ^{0}C
Plamište	Na dovoljno visokoj temperaturi pa se može uporabiti u borbene svrhe.
Topivost	2.1% /20 ^{0}C i 3.4% /0 ^{0}C u vodi. Topiv u sumpornom iperitu, alkoholima, benzinu, uljima i mastima.
Brzina hidrolize	Potpuna za 5 min u 5% otopini natrijevog hidroksida (Na OH). Poluvrijeme raspada je 45h na pH 6.65/25 ^{0}C
Produkti hidrolize	HF, pinakolilmetilfosfonat, metilfosfonska kiselina
Stabilnost na uskladištenje	Manje stabilan od tabuna i sarina.
Djelovanje na metale ili druge materijale	Slabo korozivan prema metalima.
Toksičnost	
$LC_{t\ 50}$ (udisanjem)	70 mg/m^3 (manja aktivnost tijekom 10 minuta)
$IC_{t\ 50}$	35
$LC_{t\ 50}$ (perkutano)	11.000 (7.500) mg min/m^3
Učinak na oči (prag) mioza	0.18 mg min/m^3
Brzina detoksikacije	Spora, kumulativni otrov
Toksičnoost preko kože i očiju	Toksičnost očiju vrlo velika, pare uzrokuju sužavanje zjenica što rezultira teškoćama u vidu pri slabom svjetlu. Toksičnost je mnogo veća nego kroz kožu. Koža: vrlo toksičan kod apsorpcije preko kože. Procijenjen LD_{50} je 0.35 g po osobi na goloj koži (1.4 g po osobi koja je uobičajeno obučena). Tekućina ne oštećuje kožu, ali brzo prodire kroz nju. Vrlo je važno dekontaminirati i najmanje kapljice.
Brzina djelovanja	Smrt obično nastupa 15 min. nakon apsorpcije smrtne doze.
Zaštita	
Potrebna zaštitna sredstva	Zaštitna maska i zaštitna odjeća. Odjeća štiti do 30 min. od parne kontaminacije. Uzeti u obzir tu činjenicu pri skidanju maske. Neposredno ukloniti sav tekući dio s odjeće.
Dekontaminacija	Dekontaminirati oči s 2% vodenom otopinom $NaHCO_3$ neposredno nakon kontaminacije. Uporabiti OPD tekućine na koži. Dekontaminirati odjeću s priborom za dekontaminaciju odjeće. Za dekontaminaciju prostora uporabiti otopinu NaOH, $NaHCO_3$, Na_2CO_3 i DS_2; paru i amonijak ili toplu vodu sa sapunom za zatvorene prostore.

Postojanost	Kad je razliven u većim količinama postojan je 1-2 dana pri standardnim vremenskim uvjetima. Isparava oko 4 puta sporije od vode. Dodavanjem aditiva za zgušnjavanje uvelike mu se povećava postojanost. Postojan je 3-36 h (10 ^{0}C, kiša, vjetar); ljeti do 5 dana; zimi do 6 tjedana.

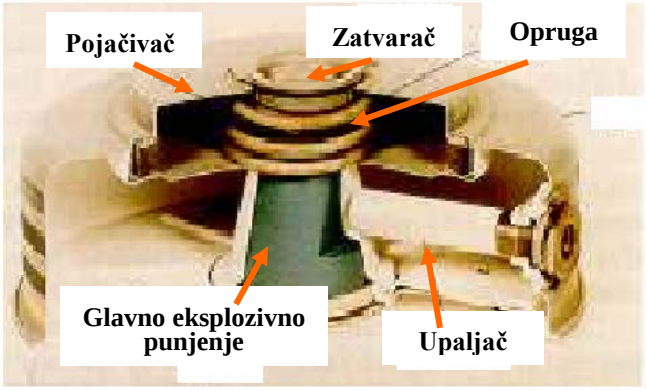
2.1.4. VX OTROVI

VX [50782-69-9], $C_{11}H_{26}NO_2PS$, Mr 267.37, d^{20} 1.015 je bezbojna, slabo hlapljiva tekućina, sa slabim mirisom na merkaptan ili tioalkohol (organski spojevi jaka i neugodna mirisa), s parama 9.2 puta težim od zraka, a pripada skupini dugotrajnih bojnih otrova. Stajanjem lako požuti.

Raspada se kad se zagrije na temperaturi od 150 ^{0}C u vremenu od 72 sata (200 ^{0}C/1,6h), a pali se na temperaturi od 159 ^{0}C. VX se ubraja u bojne otrove koji se mogu primijeniti u svim sredstvima zato što ima dobra fizikalna svojstva. Na slici 3 prikazana je mina punjena VX otrovom. Na visokim temperaturama ima izuzetnu stabilnost. Rabi se za dugotrajnu kontaminaciju terena zato što ima veliku postojanost i stabilnost na terenu. Ubraja se u skupnu spojeva fosforiltiokolina. U tablici 4 navedena su ostala fizikalna i kemijska svojstva VX otrova.

S obzirom na toksične učinke i mehanizam djelovanja, vrlo je sličan sarinu te je nekoliko puta postojaniji od G-otrova **[2]**.

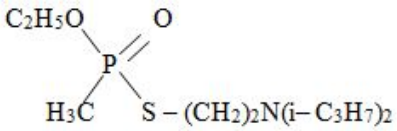
Iako se razlikuju u strukturi molekule, postoje dva oblika VX-otrova: američki VX (Slika 4) i ruski Vx (Slika 5). Američki VX je opće prihvaćen kao temeljni otrov iz V-skupine bojnih otrova. Oba ta V-otrova najučinkovitije djeluju kroz kožu bez obzira na njihovu razliku u strukturi. Prema nekim podacima, ruski Vx je 10 puta isparljiviji od američkog. Ruski Vx (O-izopropil-S-(2-dietilaminoetil)-metiltiofosfonat (ruska kodna oznaka P 33) je uljasta bezbojna tekućina nezamjetljivog mirisa. Brzina detoksikacije VX otrova u organizmu je mala i učinci otrovanja su kumulativni. Letalne doze se akumuliraju u vremenu do 15 minuta. VX otrov ne pokazuje potencijal za induciranje odgođene neuropatije u bilo kojoj vrsti **[4].**



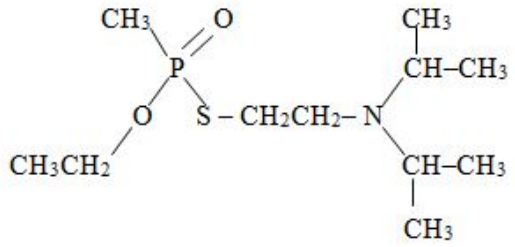
Slika 3. Mina punjena VX otrovima [1]

CAS registarski broj: 50782-69-9

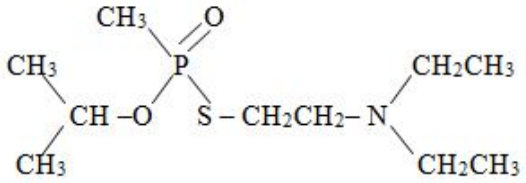
Tablica 4. Fizička i kemijska svojstva VX otrova [1]

Strukturna formula  Molekulska formula: $C_{11}H_{25}NO_2PS$ Molekulska masa: 267.38	
Fizičko stanje	Uljasta tekućina boje jantara
Miris	Nema
Vrelište	298 ^{0}C raspada se
Krutište (Talište)	-51 ^{0}C zbog prisutnih nečistoća, -39 ^{0}C izračunato.
Gustoća (tekućine)	1.008 g/cm^3/ 20 ^{0}C
Tlak pare	0.093 Pa/20 ^{0}C
Gustoća para/zrak	9.2
Isparljivost	10.5 mg/m^3/25 ^{0}C 2.000 puta je manje isparljiv od GB
Latentna toplina isparavanja	327.7 J/g/ 25 ^{0}C
Plamište	159 ^{0}C
Temperatura razlaganja	Poluvrijeme raspada: 36h/150 ^{0}C; 1-6h/200 ^{0}C; 4min/250 ^{0}C; 36 sec/295 ^{0}C
Topivost	Miješa se s vodom na temperaturi ispod 9.4 ^{0}C. Topiv u organskim otapalima, dok je neznatno topljiv u vodi na sobnoj temperaturi.
Brzina hidrolize	Poluvrijeme hidrolize na 25 ^{0}C: 100 dana pri pH 2 ili 3; 16 min. pri pH 13; 1.3 min. pri pH 14

Produkti hidrolize	Toksični produkti hidrolize nastaju na pH 7 do 10: dietilmetilfosfonat, 2-diizopropilaminoetilmerkaptan, etilhidrogen, metilfosfonat, anhidrid bis (etilmetilfosfonske kiseline, bis S (diizopropil-aminoetil) metilfosfonoditiolat.
Stabilnost na uskladištenje	Relativno stabilan na sobnoj temperaturi. Nestabiliziran čistoće 95% raspada se brzinom od 5% mjesečno na temperaturi od 71 ^{0}C.
Djelovanje na metale ili druge materijale	Zanemarivo na bakar, aluminij i željezo
Toksičnost	
$LC_{t\ 50}$ (udisanjem)	100 mg min/m^3 (u mirovanju); 30 mg min/m^3 (lagana aktivnost)
$IC_{t\ 50}$ (udisanjem)	50 mg min/m^3 (u mirovanju); 24 mg min/m^3 (lagana aktivnost)
$LC_{t\ 50}$ (perkutano)	6-360 mg min/m^3 (gola koža); 6-3600 mg min/m^3 (kroz odijelo)
LD_{50} (perkutano)	0.2 mg/kg
Toksični učinak na oči mioza	0.04 mg/m^3
Brzina detoksikacije	Spora, kumulativni bojni otrov
Toksičnost preko kože i očiju	Vrlo toksičan preko kože i očiju; 100 puta jači od GB. Tekućina ne izaziva oštećenja kože ili očiju, ali ima dobru prodornost i potrebno je dekontaminirati i najmanje kapljice.
Brzina djelovanja	Vrlo brzo, smrt obično nastupa 15 min. nakon apsorpcije smrtne doze.
Zaštita	
Potrebna zaštitna sredstva	Zaštitna maska i zaštitna odjeća.
Dekontaminacija	Vodena otopina $NaHCO_3$ (2% za oči); vodene otopine natrijevog hidroksida, natrijeva hipoklorita, vodikovog peroksida i DS_2 za prostorije i tlo.
Postojanost	Kad je razliven u većim količinama, postojan vrlo dugo pri standardnim vremenskim uvjetima. U vrlo hladnom vremenu postojan je mjesecima. Isparava približno 1500 puta sporije od GB.



Slika 4. strukturna formula američkog VX [1]



Slika 5. strukturna formula ruskog Vx [1]

2.2. ZAGUŠLJIVCI

Zagušljivci selektivno i specifično oštećuju plućno tkivo i dovode do edema pluća zbog povećane propustljivosti kapilara i spadaju u skupinu smrtonosnih bojnih otrova. Kratkotrajni su bojni otrovi koji brzo isparavaju, i tako stvaraju jake koncentracije u zraku. Mirišu na vlažno lišće i sijeno. Glavni predstavnici su fosgen, difosgen, klor i klorpikrin. Fosgen i difosgen ubrajaju se u skupinu spojeva halogeniranih derivata karbonatne kiseline. Zagušljivce, među kojima je dominirao klor, su prvi upotrijebili Nijemci tijekom Prvog svjetskog rata **[5]**.

2.2.1. FOSGEN (CG)

Fosgen [75-44-5], (CCl_2O, Mr 98.92, d^o 1.432/20 ^{0}C, 101.3 kPa) je smrtonosni, nepostojani zagušljiv otrov, bezbojan plin, mirisa trulog lišća ili zelenih jabuka. Dobro se otapa u organskim otapalima, dok je u vodi slabo topljiv. U vodi brzo hidrolizira do ugljikovog (IV) oksida i klorovodične kiseline. Pare su mu 3.4 puta teže od zraka. Razgrađuje se kad se zagrije

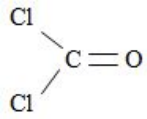
na temperaturu od 80 ^{0}C, ima latentnu toplinu isparavanja 247.2 J/g i nije zapaljiv. Tablica 5 prikazuje ostala fizička i kemijska svojstva fosgena.

Može se rabiti i kao kemikalija u proizvodnji farmaceutskih proizvoda, boja i sintetskih vlakana.

Pripravljen je djelovanjem sunčevog svjetla na smjesu ugljikovog (II) oksida i klora, po čemu je i dobio ime. Fosgen, naime, na grčkom znači na suncu rođen. Zajedno s difosgenom spada u skupinu spojeva halogeniranih derivata karbonske kiseline. Fosgen je zagušljivac koji nema nadražujuće djelovanje. Do slabog prolaznog nadraživanja očiju i grla dolazi kada se rabe samo smrtonosne koncentracije. Supstitucijom tj. reakcijom kod koje se atom ili dio molekule zamjenjuje nekim drugim atomom ili skupinom atoma, samo jednog atoma klora u molekuli s alkoksi skupinom, a to je alkilna grupa (ugljikovodični lanac) jednostruko vezan za kisik, dobije se supstancija koja izaziva jako suzenje očiju, ali slabo zagušljivo djelovanje. Fiziološko djelovanje nestane kad se atomi klora zamijene alkilnim ostatkom ili vodikom. Do smanjenja nadražljivog i pojačanog zagušljivog djelovanja dolazi povećanjem broja atoma klora u molekuli, a kao diklorid karbonatne kiseline reagira kao i svi kloridi kiselina. U reakciji nukleofilne supstitucije, što je u kemiji temeljna klasa reakcija u kojima elektronski bogati nukleofili selektivno vežu ili napadaju pozitivni ili djelomično pozitivni naboj atoma ili grupe atoma, zamjenjujući odlazeće grupe, može doći do zamjene klora s drugim funkcionalnim skupinama. Urea i amonijev klorid nastaju kada fosgen reagira s amonijakom. Analognom reakcijom s primarnim i sekundarnim aminima nastaju derivati uree. Neki tercijarni amini reagiraju s fosgenom dajući adicijske produkte. Fosgen se danas proizvodi za industrijske svrhe u količinama od nekoliko stotina tisuća tona godišnje, te se stoga ne isključuje njegova uporaba kao bojnog otrova, posebice onih zemalja, kojima živčani bojni otrovi nisu lako dostupni. Fosgen je bio najmasovnije rabljeni bojni otrov u Prvom svjetskom ratu. Prvi su ga upotrijebili Francuzi u napadu na Nijemce 1916. godine. Korištene su granate punjene fosgenom **[1]**.

CAS registarski broj: 75-44-5

Tablica 5. Fizička i kemijska svojstva fosgena (CG) [1]

Strukturna formula  Molekulska formula: $COCl_2$ Molekulska masa: 98.92	
Fizičko stanje	Bezbojan plin
Miris	Nekošeno sijeno, trava, zeleno žito
Vrelište	7.6 ^{0}C
Krutište (Talište)	-128 ^{0}C
Gustoća (tekućine)	1.373 g/cm^3
Tlak pare	1.55 kPa/20 ^{0}C; 0.735 kPa/0 ^{0}C
Gustoća para/zrak	3.4
Isparljivost	4.300.000 mg/m^3 na 7.6 ^{0}C; 2.200.000 mg/m^3/ 10 ^{0}C; 528.000 mg/m^3 /-40 ^{0}C
Latentna toplina isparavanja	247.2 J/g
Plamište	Nema
Temperatura razlaganja	800 ^{0}C
Topivost	Ograničena topivost u vodi (razlaže se odmah). Miješa se sa svim organskim otapalima.
Produkti hidrolize	Klorovodik i ugljikov (IV) oksid
Stabilnost na uskladištenje	Stabilan u željeznim posudama
Djelovanje na metale ili druge materijale	Nikakvo, korozivno u prisustvu vode
Toksičnost	
LC_t 50	3.200 mg min/m^3 (u mirovanju); 30 mg min/m^3 (lagana aktivnost)
IC_t 50	1.600 mg min/m^3
Brzina detoksikacije	Ne detoksicira se, kumulativno djeluje.
Toksičnost preko kože i očiju	Blagi nadražaj očiju
Brzina djelovanja	Odgođena. Trenutačni nadražaj pri velikim koncentracijama. Izlaganje manjim koncentracijama ne uzrokuje nadražaj ni nakon tri sata i više.

Zaštita	
Potrebna zaštitna sredstva	Zaštitna maska
Dekontaminacija	U zatvorenim prostorima prozračivanje; voda i amonijak; nije potrebna na otvorenom prostoru.
Postojanost	Kratka. Tekućina se može održati neko vrijeme u nizinama pri blagim vjetrovima i stabilnim atmosferskim prilikama (prosječno 30 min. ljeti; zimi oko 3 sata na -20 ^{0}C).

2.2.2. DIFOSGEN (DP)

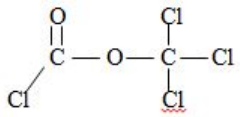
Difosgen [503-38-8], $C_2Cl_4O_2$, Mr 197.83, d^{20} 1.66 je uljasta tekućina, zagušljiva, bezbojna, koja je u organskim otapalima dobro topljiva, ali je u vodi slabo topljiva. Latentna toplina isparavanja je 240.5 J/g. Raspada se kad se zagrije na temperaturu od 300 ^{0}C i nije zapaljiv. Ne detoksicira se prirodno u organizmu.

Pare difosgena 6.9 puta teže su od zraka. Simptomi su slični kao i pri trovanju fosgenom, jedino što još izaziva suzenje očiju.

Raspada se prilikom zagrijavanja na dvije molekule fosgena. U vodi hidrolizira sporije od fosgena. U tablici 6 navedena su fizička i kemijska svojstva difosgena **[5]**.

CAS registarski broj: 503-38-B

Tablica 6. Fizička i kemijska svojstva difosgena (DP) [1]

Strukturna formula  Molekulska formula: $C_2Cl_4O_2$ Molekulska masa: 197.95	
Fizičko stanje	Bezbojna uljasta tekućina
Miris	Zeleno žito, trava, nekošeno sijeno
Vrelište	127-128 ^{0}C
Krutište (Talište)	-57 ^{0}C
Gustoća (tekućine)	1.853 g/cm^3 20 ^{0}C
Tlak pare	559.9 Pa/20 ^{0}C; 133 Pa/0 ^{0}C

Isparljivost	12.000 mg/m^3 / 0 ^{0}C; 45.000 mg/m^3 /20 ^{0}C; 270.000 mg/m^3 /51 ^{0}C. Isparljivost DP je mnogo manja od isparljivosti CG: Približno je jednaka isparljivosti 35% vodene otopine etil alkohola na 25 ^{0}C.
Latentna toplina isparavanja	7634.2 J/g
Plamište	Nije zapaljiv
Temperatura razlaganja	300 ^{0}C -350 ^{0}C (nastaju dvije molekule CG, koje se razlažu na 800 ^{0}C)
Topivost	Topivost u vodi je ograničena; dobra u organskim otapalima.
Brzina hidrolize	Mala na uobičajenim temperaturama
Produkti hidrolize	Klorovodik (HCl) i ugljični dioksid
Stabilnost na uskladištenje	Nestabilan, razgrađuje se do CG
Djelovanje na metale ili druge materijale	Metali djeluju kao katalizatori u razgradnji do CG.
Toksičnost	
$LC_{t\ 50}$	3.000 mg min/m^3 u mirovanju. Zbog toga što su učinci djelovanja DP kumulativni Ct se ne mijenja znatno pri različitim vremenima izlaganja (u razumnim granicama).
$IC_{t\ 50}$	1.600 mg min/m^3 u mirovanju
Brzina detoksikacije	Ne detoksicira se, kumulativno djeluje.
Toksičnost preko kože i očiju	Blagi nadražaj očiju i nema učinka na kožu.
Brzina djelovanja	Odgođena. Pri velikim koncentracijama nadražaj je trenutačan. Izlaganje manjim koncentracijama ne uzrokuje nikakav učinak tri sata i više.
Zaštita	
Potrebna zaštitna sredstva	Zaštitna maska
Dekontaminacija	Vodena para, amonijak, prozračivanje zatvorenih prostora; nije potrebna na terenu.
Postojanost	30 minuta do 3 sata ljeti; 10 do 12 sati zimi.

2.3. KOŽNI BOJNI OTROVI

Kožni bojni otrovi pripadaju skupini smrtonosnih bojnih otrova koji izazivaju oštećenja kože u malim količinama i imaju djelovanje dugotrajnog karaktera. Na slici 6 prikazane su opekline na koži uzrokovane djelovanjem kožnih bojnih otrova. Zaštita od njih je teška zbog toga što prodiru gotovo kroz sve materijale (kožu, drvo, gumu i premaze). Najpoznatiji kožni otrovi su iperit, dušični iperit i luizit. Ozljeđuju sva tkiva s kojima dođu u kontakt. Napadaju oči i pluća,

pale kožu, uzrokuju stvaranje niza plikova (Slika 7) koji se šire pri čemu dolazi do pucanja i nastanka otvorenih rana na koži (Slika 8). Koncentracija pojedinog otrova i trajanje kontakta s kožom utječe na težinu ozljede. Oštećuju plućno tkivo kod udisanja, te izazivaju povraćanje i proljev. Kod sumpornog i dušičnog iperita ne postoji nikakva neposredna bol kod kontaminacije, dok je kod luizita situacija drugačija. Sumporni i dušični iperit slabo se otapaju u vodi, dok se dobro otapaju u organskim otapalima (etanol, trikloretan, benzin), biljnim i životinjskim mastima. Oba iperita imaju slične temeljne kemijske reakcije kao i strukturne sličnosti. Intramolekularna ciklizacija u polarnom otapalu kao što je voda, je ključna reakcija oba iperita, pri kojoj nastaju anion klora i ciklički sulfonium kation. Sumporni iperit u vrućoj vodi hidrolizira do produkata koji nemaju svojstva kožnih bojnih otrova, a u hladnoj vodi hidroliza je vrlo spora **[1]**.



Slika 6. Opekline uzrokovane djelovanjem kožnih bojnih otrova [1]



Slika 7. Opekline uzrokovane djelovanjem kožnih bojnih otrova (plikavci) [1]



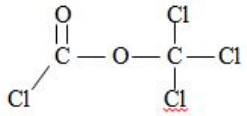
Slika 8. Rane izazvane djelovanjem kožnih bojnih otrova [1]

2.3.1. IPERIT (HD)

Iperit [505-60-2], $C_4H_8Cl_2S$, Mr 159.08, d^{20} 1.2741, n_D^{20} 1.53125 je uljasta tekućina, mirisa na gorušicu (senf) ili češnjak. Prodornost kroz kožu je vrlo brza sa odgođenim učinkom djelovanja. Tablica 7 prikazuje fizička i kemijska svojstva iperita. Zasićene pare apsorbiraju se u kožu brzinom od 1.4 g/cm^2/min/22 ^{0}C i teže su 5.4 puta od zraka. Latentna toplina isparavanja mu je 393.9 J/g. Temperatura paljenja je 105 ^{0}C, a raspada se na temperaturi od 149 ^{0}C. Produkti hidrolize su tiodiglikol i klorovodik, a hidroliza je vrlo spora. Iperit pokazuje izrazito kancerogeno djelovanje. Za trovanje iperitom ne postoji specifična terapija, odnosno antidot. Brzo se resorbira u sve organe zato što je vrlo dobro topljiv u lipidima. Zato i ima karakteristiku univerzalnog općeg otrova. Neposredni kontakt iperitom izaziva uništavanje stanica cjelokupnog tkiva. Vrlo male ponovljene ekspozicije u tijelu djeluju kumulativno zbog slabe detoksikacije iz organizma. Najjače djelovanje pokazuje iperit na enzim koji regulira metabolizam ugljikohidrata u organizmu. Iperit također pokazuje slabo antikolinesterazno djelovanje koje se očituje u poremećajima prijenosa živčanih impulsa **[6]**. Za vrijeme iračko-iranskog rata 1983. godine korišteno je topničko strjeljivo punjeno iperitom. Naknadnom analizom odjeće smrtno stradalih, uz prisutnost iperita utvrđena je i prisutnost produkata hidrolize sarina, ali i sam sarin **[1]**.

CAS registarski broj: 506-60-2

Tablica 7. Fizička i kemijska svojstva iperita (HD) [1]

Strukturna formula  Molekulska formula: $C_4H_8Cl_2S$ Molekulska masa: 159.09	
Fizičko stanje	Uljasta, bezbojna tekućina
Miris	Češnjak
Vrelište	227.9 ^{0}C/101.3 kPa (raspada se)
Talište	14.45 ^{0}C
Gustoća (u čvrstom stanju)	1.37 g/cm^3, 0 ^{0}C
Gustoća (tekućine)	1.27 g/cm^3, 20 ^{0}C

Gustoća para/zrak	5.4
Tlak pare	9.6 Pa/20 ^{0}C
Isparljivost	75 mg/m^3, 0 ^{0}C (u čvrstom stanju); 610 mg/m^3, 20 ^{0}C (tekućina); 2.860 mg/m^3, 40 ^{0}C (tekućina).
Latentna toplina isparavanja	393.9 J/g
Plamište	105 ^{0}C. Dovoljno nisko da bi prouzročilo povremena zapaljenja ukoliko je prevelik eksplozivni naboj u čahurama.
Temperatura razlaganja	149 ^{0}C -177 ^{0}C
Topivost	Neznatno topiv u vodi (1%); vrlo topiv u mastima, uljima, benzinu, kerozinu, acetonu, ugljikovom tetrakloridu, PS; mješa se s DP, L, PD, i živčanim bojnim otrovima.
Brzina hidrolize	Poluvrijeme hidrolize je 8.5 min. u destiliranoj vodi/ 25 ^{0}C, 80 min. u slanoj vodi/ 25 ^{0}C. Hidrolizira jedino ako je otopljen u vodi. Samo je neznatno topljiv u vodi.
Produkti hidrolize	Klorovodik i tiodiglikol
Stabilnost na uskladištenje	Stabilan u željeznim i aluminijskim posudama
Djelovanje na metale ili druge materijale	Vrlo slabo ako je u čistom stanju
Toksičnost	
LD_{50} (per os)	2-9 mg/kg
$LC_{t\,50}$ (udisanjem)	1.500 mg min/m^3
ICt_{50} (udisanjem)	150 mg min/m^3
$LC_{t\,50}$ (perkutano)	10.000 mg min/m^3
ICt_{50} (perkutano)	2.000 mg min/m^3. Vlažna koža apsorbira više iperita od suhe. Zbog toga ona uzrokuje ozljede pri manjim koncentracijama.
Brzina detoksikacije	Vrlo mala, zbog čega ponovljena izlaganja imaju kumulativni učinak.
Toksičnost preko kože i očiju	Oči su vrlo osjetljive na male količine dok se onesposobljavajući učinci pri apsorpciji preko kože javljaju tek kod većih koncentracija.
Brzina djelovanja	Odgođeno, obično 4-6 sati nakon pojave prvih simptoma. Latentno razdoblje traje do 24 sata, a u nekim slučajevima i do 12 dana.
Zaštita	
Potrebna zaštitna sredstva	Zaštitna maska i obično zaštitno odijelo za pare i manje kapi; nepropusno odijelo za veće kapi i mrlje.
Dekontaminacija	Ca (Na) hipoklorit, spaljivanje DS_2. Uporabiti OPD.

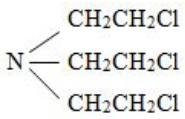
Postojanost	Tekućina raspršena u većim količinama opstaje 1-2 dana ili više u koncentraciji koja dovodi do ozbiljnih povreda pri prosječnim vremenskim uvjetima. Pri hladnim vremenskim uvjetima postojan je od jednog tjedna do jednog mjeseca. Isparava pet puta sporije od GB.

2.3.2. DUŠIČNI IPERIT (HN-3)

Dušični iperit [555-77-1], $C_6H_{12}NCl_3$, Mr 204.53, d^{25} 1.2347, n_D^{25} 1.4925 je bezbojna tekućina, bez mirisa, koja s vremenom mijenja boju od žute do tamno smeđe. Od svih kožnih bojnih otrova najstabilniji je u uvjetima uskladištenja i predstavnik je skupine dušikovih mustarda (N-mustarda). Ima slabiju difuzijsku sposobnost i slabije je topiv u vodi od iperita. Otopine su nestabilne u polarnim otapalima i dobro se otapa u organskim otapalima. Nema prirodnu detoksikaciju u organizmu, što znači da postoji opasnost njegove akumulacije i odgođenog djelovanja. Spada u skupinu halogeniranih tercijarnih amina. Dušični i sumporni iperit reagiraju alkilirajuće s nukleinskim kiselinama posebice na adenozinu (važna molekula u mnogim biokemijskim procesima u ljudskom tijelu) i gvanidinu (organski spojevi, iminourea, nepostojani bezbojni kristal), ali i reagiraju s proteinima stanica narušavajući njihove funkcije. Iperit alkiliranjem tj. uvođenjem alkilne skupine u molekulu organskog spoja, mijenja nukleinske kiseline, pa čak dolazi i do njihovog spajanja. Kada do takvih promjena dolazi u RNA, narušava se sinteza proteina tj. struktura stanice i citoplazme. Citostatskim djelovanjem iperita dolazi do naglog usporavanja razmnožavanja stanica. Kad se alkilira DNA, nastaju oštećenja kromosomskog sustava i dolazi do promjene nasljednih osobina. Takvo djelovanje iperita je mutageno djelovanje. Kod dušičnog iperita naročito je izraženo citostatsko djelovanje. U tablici 8 prikazana su fizička i kemijska svojstva ovog bojnog otrova **[6]**.

CAS registarski broj: 555-77-1

Tablica 8. Fizička i kemijska svojstva dušičnog iperita (HN-3) [1]

Strukturna formula  Molekulska formula: $C_6H_{12}Cl_3N$ Molekulska masa: 204.54	
Fizičko stanje	Uljasta tekućina
Miris	Nikakav kad je čist
Vrelište	256 ^{0}C/101.3 kPa (raspada se)
Talište	-3.7 ^{0}C
Gustoća tekućine	1.24 g/cm^3, 25 ^{0}C
Gustoća para/zrak	7.1
Tlak pare	1.45 Pa/25 ^{0}C
Isparljivost	13 mg/m^3, 0 ^{0}C; 121 mg/^{m3}, 25 ^{0}C; 180 mg/m^3, 30 ^{0}C; 390 mg/m^3 40 ^{0}C
Latentna toplina isparavanja	310.1 J/g
Plamište	Dovoljno visoko pa se može uporabiti kao bojni otrov bez opasnosti paljenja.
Temperatura razlaganja	Razlaže se prije vrelišta
Topivost	Topiv u iperitu i klorpikrinu, nije topiv u vodi. Topiv je u eteru, benzenu i acetonu.
Brzina hidrolize	Vrlo mala, zbog male topljivosti u vodi.
Produkti hidrolize	Klorovodik i trietanolamin
Stabilnost na uskladištenje	S vremenom potamni i nastaje kristalna krutina.
Djelovanje na metale ili druge materijale	Nikakvo, ukoliko je suh
Toksičnost	
LD_{50} (per os)	2-5 mg/kg
$LC_{t\,50}$ (udisanjem)	1.500 mg min/m^3
ICt_{50} (udisanjem)	200 mg min/m^3
$LC_{t\,50}$ (perkutano)	10.000 mg min/m^3
ICt_{50} (perkutano)	2.500 (10.000 mg min/m^3.
Brzina detoksikacije	Ne detoksicira se. Djeluje kumulativno.
Brzina djelovanja	Odgođeno, obično 4-6 sati nakon pojave prvih simptoma (kao i kod HD).

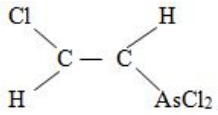
Zaštita	
Potrebna zaštitna sredstva	Zaštitna maska i obično zaštitno odijelo za pare i manje kapi; nepropusno odijelo za veće kapi.
Dekontaminacija	Ca (Na) hipoklorit, spaljivanje DS_2. Uporabiti OPD.
Postojanost	Razmjerno veća od HD

2.3.3. LUIZIT (L)

Luizit [541-25-3], $AS_2C_2H_2Cl_3$, Mr 207.32, d^{20} 1.888 je uljasta tekućina slabog mirisa na geranij (ljekovito bilje) koja mijenja boju u plavo-crnu kad se izloži svjetlosti ili stajanjem. Raspada se kad je zagrijan na temperaturi od 100 ^{0}C i nije zapaljiv. Ostala fizička i kemijska svojstva luizita navedena su u tablici 9. Produkt hidrolize je 2-klorvinilarsinoksid i brzo hidrolizira na vlažnom zraku. Brza hidroliza do hidrolitičkog produkta 2-klorvinilarsinoksida ukazuje na to da sustavni učinci mogu biti posljedica djelovanja oksida, a ne diklorida. Hidrolitički produkti su također otrovni. Ubraja se u skupinu trovalentnih alifatskih arsina. Atom arsena je toksičniji od atoma sumpora ili dušika u tioeterima ili aminima koji su također fiziološki aktivni. U pravilu spojevi trovalentnog arsena koji sadrži skupinu $AsCl_2$ su kožni bojni otrovi koji stvaraju mjehure (najjače djelovanje od svih halogena ima klor). Povećanjem alkilnog lanca u molekuli luizita smanjuje se svojstvo stvaranja mjehura na koži. Kad se u molekuli umjesto klorvinila uvede arilna skupina, povećava se nadražljivo, a smanjuje svojstvo izazivanja mjehura. Luizit je otrov s nešto kraćim odgođenim djelovanjem i nešto je slabije postojan od destiliranog iperita. Otrovanje s luizitom može se prepoznati po vrlo brzom nadražaju očiju i kože. U tekućem stanju izaziva izravno paljenje u očima i stalni gubitak vida ako se ne dekontaminira unutar jedne minute velikom količinom vode **[1]**.

CAS registarski broj: 541-25-3

Tablica 9. Fizička i kemijska svojstva luizita (L) [1]

Strukturna formula  Molekulska formula: $C_2H_2AsCl_3$ Molekulska masa: 207.35	
Fizičko stanje	Uljasta tekućina
Miris	Poput geranija. Vrlo slab miris, kad je u čistom stanju
Vrelište	190 ^{0}C/101.3 kPa (raspada se)
Talište	18-0.1 ^{0}C (ovisno o čistoći i izomernom obliku)
Gustoća tekućine	1.89 g/cm^3, 20 ^{0}C (teži od iperita)
Gustoća para/zrak	7.1
Tlak pare	12.9 Pa/0 ^{0}C; 39.2 Pa, 20 ^{0}C
Isparljivost	1.1 mg/m^3, 0 ^{0}C; 4.5 mg/m^3, 20 ^{0}C; 8.6 mg/m^3, 30 ^{0}C;
Latentna toplina isparavanja	243 J/g od 0 do 190 ^{0}C
Plamište	Nije zapaljiv
Temperatura razlaganja	> 100 ^{0}C
Topivost	Topiv u u organskim uljima; nije topiv u vodi i razrijeđenim mineralnim kiselinama.
Brzina hidrolize	Brza za paru i otopljeni luizit
Produkti hidrolize	Klorovodik i klorvinil arsenov oksid (izaziva mjehure)
Stabilnost na uskladištenje	Stabilan u željeznim i staklenim posudama.
Toksičnost	
LD_{50} (per os)	30 (5-10) mg/kg
$LC_{t\,50}$ (udisanjem)	1.400 mg min/m^3
$LC_{t\,50}$ (perkutano)	100.000 mg min/m^3
ICt_{50} (perkutano)	1.500 mg min/m^3 150-200 (oči)
Brzina detoksikacije	Organizam ne može detoksicirati luizit.
Brzina djelovanja	Velika. Organizam ga apsorbira mnogo brže kroz kožu nego dušikov iperit.
Zaštita	
Potrebna zaštitna sredstva	Zaštitna maska i lagano odijelo za pare i manje kapi; neprobojno odijelo za veće kapi.
Dekontaminacija	Ca (Na) hipoklorit, spaljivanje DS_2. Uporabiti OPD.
Postojanost	Nešto kraća nego za HD; mnogo kraća u vlažnim uvjetima.

2.4. KRVNI (OPĆI) BOJNI OTROVI

Krvni bojni otrovi pripadaju skupini smrtonosnih otrova i razlikuju se od ostalih mehanizmom djelovanja, zbog dominantnog simptoma u kliničkoj slici, a to je anoksija. **Anoksija** je poremećaj u kojemu stanice u organizmu ne dobivaju dovoljno kisika ili kad stanica ne može iskoristiti kisik za normalnu funkciju. To su lako isparljive bezbojne tekućine i nepostojane čak i kod niskih temperatura.

Glavni predstavnici su cijanidna kiselina (HCN), klorcijan (ClCN) i arsin (AsH_3). Kod visokih koncentracija ti bojni otrovi vrlo brzo mogu uzrokovati smrt. Niske koncentracije mogu izazvati ozbiljno onesposobljavanje **[1]**.

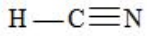
2.4.1. CIJANIDNA KISELINA (AC)

Cijanidna kiselina [74-90-8], Mr 27.03, d^{25} 0.687 je bezbojni plin ili tekućina, posebnog mirisa na gorki badem. Jedini bojni otrov koji je lakši od zraka (relativne gustoće para/zrak 0.941). U tablici 10 detaljno su opisana fizička i kemijska svojstva cijanidne kiseline. Teško je postići velike koncentracije u otvorenom prostoru zato što su gustoće pare cijanidne kiseline manje od gustoće zraka. Kad bi se uporabila u većoj količini iz većeg streljiva (kao što je bomba od 500 kg), kod velikih koncentracija agensa, došlo bi do brzog raspršivanja što bi moglo stvoriti obeshrabrujući učinak, kakav daje plin čija gustoća je privremeno veća od zraka; tlo bi bilo prekriveno hladnim oblakom i pod takvim uvjetima cijanidna kiselina bi mogla biti učinkovito uporabljena kao nepostojani agens. Dobro se topi u organskim otapalima i miješa se s vodom. Kad se vodikov atom zamijeni s arilnim ili alkilnim supstituentom (alkan kojemu nedostaje jedan atom vodika) u molekuli cijanidne kiseline, smanjuje se toksičnost. Kad se vodikov atom zamijeni s drugom cijano skupinom postiže se isti učinak. Supstancije sa suzavačkim djelovanjem nastaju uvođenjem halogena. U vodenim otopinama cijanidna kiselina hidrolizira kao i nitrili i nastaje kao krajnji produkt mravlja kiselina. S vodikovim peroksidom nastaje diamid oksalne kiseline a djelovanjem kalijevog permanganata nastaje cijanatna kiselina. Kada su prisutne male količine vlage, a posebice lužine dolazi do polimerizacije cijanidne kiseline koja može biti ponekad i eksplozivna. Za stabilizaciju se dodaju spojevi kiselog karaktera (H_2SO_4, ClCN, $CaCl_2$). Cijanovodična kiselina je više toksična nego aril i alkil cijanidi. Kad je vodikov atom zamijenjen s halogenima smanjuje se i toksičnost. Halogencijani

imaju suzavačko djelovanje koje sama kiselina nema **[2]**. Cijanidna kiselina masovno je korištena tijekom Drugog svjetskog rata u koncentracijskim logorima **[1]**.

CAS registarski broj: 541-25-3

Tablica 10. Fizička i kemijska svojstva cijanidne kiseline (AC) [1]

Strukturna formula  Molekulska formula: HCN Molekulska masa: 27.03	
Fizičko stanje	Bezbojna tekućina koja brzo isparava
Miris	Gorki badem ili koštice breskve
Vrelište	25.7 ^{0}C/101.3 kPa
Krutište	-13.3 ^{0}C
Gustoća tekućine	0.687 g/cm^3, 20 ^{0}C; 0.716, 0 ^{0}C
Gustoća para/zrak	1.007/25 ^{0}C; 0.978/0 ^{0}C; 0.93/-17.8 ^{0}C
Tlak pare	0.81 kPa/20 ^{0}C; 0.35 kPa/0 ^{0}C
Isparljivost	1.800.000 mg/m^3, 25 ^{0}C; 441.000 mg/m^3, 0 ^{0}C; prosječno je 50 puta isparljiviji od vode
Latentna toplina isparavanja	976.3 J/g
Plamište	-18 ^{0}C. Pali se 50% brže kad se raspršuje iz topničke granate.
Temperatura razlaganja	Iznad 65.5 ^{0}C. Stvara se eksplozivni polimer.
Topivost	Vrlo topiva i stabilna u vodi i alkoholu, topiva u eteru, glicerinu, kloroformu i benzenu.
Brzina hidrolize	Mala u terenskim uvjetima
Produkti hidrolize	Amonijak, mravlja kiselina i amforne smeđe krutine
Stabilnost na uskladištenje	Nestabilna, osim u vrlo čvrstom obliku
Djelovanje na metale ili druge materijale	Malo ili nikakvo
Toksičnost	
$LC_{t\ 50}$	Promjenjiva znatno s koncentracijom zbog velike brzine kojom se detoksicira u organizmu. Pri koncentraciji od 200 mg/m^3 $LC_{t\ 50}$ je približno 2.000 mg min/m^3, dok pri koncentraciji od 50 mg/m^3 $LC_{t\ 50}$ iznosi 4.500 mg min/m^3

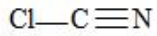
ICt_{50}	2.100 mg min/m^3, promjenjiva s koncentracijom
Brzina detoksikacije	Brza. 0.017 mg kg/min
Toksičnost preko kože i očiju	Nije izrazita
Brzina djelovanja	Vrlo brzo. Onesposobljavanje obično nastupa nakon 1 ili 2 min. Izlaganja onesposobljavajućoj ili smrtonosnoj dozi.
Zaštita	
Potrebna zaštitna sredstva	Zaštitna maska. U tekućem stanju može prodrijeti u kožu, ali zbog toga što ima visoku LC_{t50} i zbog toga što se u tekućem stanju rijetko može naći u primjeni, zaštitna odjeća je potrebna jedino u ekstremnim situacijama.
Dekontaminacija	Nije potrebna pri terenskim uvjetima.
Postojanost	Kratka; vrlo je isparljiva, a u plinovitom stanju se brzo razlaže u zraku.

2.4.2. KLORCIJAN (CK)

Klorcijan [506-77-4], Mr 61.47, d^{20} 1.186 je bezbojna, lako hlapljiva tekućina neugodna mirisa na bijeli luk. Pare su mu dva puta teže od zraka. Raspada se kad se zagrije na temperaturu iznad 100 ^{0}C i nije zapaljiv. Vodena otopina je neutralna i slabo je topiv u vodi. Brzo se detoksicira u organizmu. Uzrokuje nakupljanje tekućina u plućima i djeluje nadražujuće na respiratorni trakt. Jako nadražuje oči i sluznice, ali je niska toksičnost preko očiju i kože. Klorcijan je jači nadražljivac i razlikuje se od cijanidne kiseline, izaziva povraćanje i usporava disanje. Klorcijan je sol cijanatne kiseline koja polako hidrolizira u vodi, a u lužnatoj sredini vrlo brzo pri čemu nastaje cijanat. U tablici 11 navedena su fizička i kemijska svojstva klorcijana **[2]**.

CAS registarski broj: 506-77-4

Tablica 11. Fizička i kemijska svojstva klorcijana (CK) [1]

Strukturna formula  Molekulska formula: CNCl Molekulska masa: 61.48	
Fizičko stanje	Bezbojna tekućina koja brzo isparava.
Miris	Oštar, nagrizajući; ali se ne osjeća zbog jakih nadražaja.
Vrelište	12.8 ^{0}C/101.3 kPa
Krutište	-6.9 ^{0}C
Gustoća tekućine	1.18 g/cm^3, 20 ^{0}C
Gustoća para/zrak	2.1
Tlak pare	1.33 kPa/25 ^{0}C
Isparljivost	6.132.000 mg/m^3, 25 ^{0}C; 2.600.000 mg/m^3, 12.8 ^{0}C
Latentna toplina isparavanja	431.6 J/g
Plamište	Nije zapaljiv
Temperatura razlaganja	>100 ^{0}C
Topivost	Neznatno topiv u vodi; dobro u alkoholu, ugljikovom disulfidu, acetonu, benzenu
Brzina hidrolize	Vrlo mala
Produkti hidrolize	Klorovodik i cijanidna kiselina
Stabilnost na uskladištenje	Stabilan pri 65 ^{0}C, 30 dana. Polimerizira se i stvara produkt koji je korozivan. Nečistoće pospješuju polimerizaciju, te može eksplodirati.
Djelovanje na metale ili druge materijale	Ne djeluje ukoliko je suh. Napada mnoge obične metale kad je uskladišten nastabiliziran.
Toksičnost	
$LC_{t\,50}$	11.000 mg min/m^3
ICt_{50}	7.000 mg min/m^3
Brzina detoksikacije	0.02-0.1 mg/kg/min
Toksičnost preko kože i očiju	Jako nadražuje oči, gornje dišne puteve i pluća. Može uzrokovati suho zagušenje.
Brzina djelovanja	Brzo i jako nadraživanje. Sustavni učinak proizlazi iz njegovog pretvaranja u AC u organizmu. Može se smatrati otrovom koji brzo djeluje.

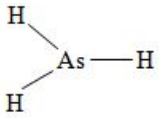
Zaštita	
Potrebna zaštitna sredstva	Zaštitna maska. Prodire kroz filter zaštitne maske brže nego drugi otrovi. Vrlo visoke koncentracije mogu brzo zasititi filter i uništiti njegovu zaštitnu sposobnost.
Dekontaminacija	Nije potrebna pri terenskim uvjetima
Postojanost	Mala. Tekućina može trajati u šumama neko vrijeme pri pogodnim vremenskim uvjetima.

2.4.3. ARSIN (AsH_3)

Arsin [7784-42-1], Mr 77.95, d^{20} 1.34 je bezbojan neutralan plin, neugodna mirisa na bijeli luk. Ima odgođeno djelovanje na organizam. Pripada skupini kancerogenih supstancija i izaziva oštećenja na jetri i bubrezima. U manjim količinama izaziva glavobolju i tjeskobu. Otopina je neutralna i slabo je topljiv u vodi. Hidrolitički produkti su arsenova kiselina i hidridi. Raspada se kad je zagrijan na temperaturu od 280 ^{0}C i na zraku je lako zapaljiv (gorenjem nastaje arsenov oksid). U tablici 12 detaljno su opisana fizička i kemijska svojstva arsina. Za dekontaminaciju ili za analitičko određivanje se rabi reakcija oksidacije. Pripada skupini vrlo toksičnih bojnih otrova **[2]**.

CAS registarski broj: 7784-42-1

Tablica 12. Fizička i kemijska svojstva arsina (AsH_3) [1]

Strukturna formula  Molekulska formula: AsH_3 Molekulska masa: 77.93	
Fizičko stanje	bezbojni plin
Miris	vrlo slab (češnjak)
Vrelište	-62.5 ^{0}C/101.3 kPa
Krutište	-116 ^{0}C
Gustoća tekućine	1.34 g/cm^3, 20 ^{0}C
Gustoća para/zrak	2.69

Tlak pare	14.79 kPa/20 ^{0}C, tako visoki tlak pare znači da ga je vrlo teško ukapljiti
Isparljivost	30.900.000 mg/m^3, 0 ^{0}C, ima daleko najveću isparljivost među bojnim otrovima. Isparljivost zajedno s latentnom toplinom isparavanja čini ga najhlapljivijim bojnim otrovom.
Latentna toplina isparavanja	233.4 J/g, -62.5 ^{0}C
Plamište	Tako se lako zapali da se ne može uporabiti iz projektila. Eksplodira u kontaktu sa zrakom.
Temperatura razlaganja	250 ^{0}C
Brzina hidrolize	Brza; u nekim uvjetima s vodom najčešće nastaje čvrsti produkt koji se raspada na temperaturi od 30 ^{0}C.
Produkti hidrolize	Arsenska kiselina i hidrid koji sadrži više vodikovih atoma nego arsenov trihidrid.
Stabilnost na uskladištenje	Nije stabilan u metalnim posudama. Metali pospješuju njegov raspad.
Djelovanje na metale ili druge materijale	Reagira sporo s bakrom, broncom i niklom. U kontaktu s drugim metalima može se razložiti.
Toksičnost	
$LC_{t\ 50}$	5.000 mg min/m^3. Određeno je da su 2 mg/kg tjelesne težine smrtonosna za čovjeka.
ICt_{50}	2.500 mg min/m^3
Brzina detoksikacije	Ne toliko brza da bi bila važna
Toksičnost preko kože i očiju	Nema
Brzina djelovanja	Učinci trovanja zapažaju se nakon 4 sata do 11 dana.
Zaštita	
Potrebna zaštitna sredstva	Zaštitna maska
Dekontaminacija	Nije potrebna
Postojanost	Kratka

3. ZAKLJUČAK

Kemijsko oružje, s obzirom na svoja kemijska svojstva je idealno oružje koje je specijalno napravljeno da izazove teška razaranja, ozljeđivanja, psihofizičke poremećaje sa smrtnim posljedicama. Posljedice korištenja kemijskog oružja izuzetno su pogubne kako za društvo tako i za pojedinca. Veliki broj simptoma, kao dugoročni učinci koje prouzrokuje kemijsko oružje nije poznat pa su potrebna daljnja istraživanja. Akutni učinci djelovanja su vrlo dobro poznati, te su uzrok dugoročnih psiholoških posljedica.

Kako je u današnjem svijetu sve veća prisutnost terorizma, isto tako postoje sve veće prijetnje ugroze uporabom kemijskog oružja. Jedan od bitnih ključnih odgovora na prijetnje uporabe kemijskog oružja je adekvatna zaštita od takve vrste napada kako bi posljedice bile minimalne. Prije svega, najbitniji čimbenik u provedbi kako osobne tako i kolektivne zaštite je edukacija javnosti o opasnostima i načinima suočavanja s opasnostima ako dođe do kemijskog napada. Veliku ulogu u tome trebaju imati mediji koji moraju biti posrednik između javnosti i javnih službi.

U budućnosti, u sukobima velikih razmjera postoji mogućnost korištenja novih vrsta bojnih otrova o kojima nećemo imati nikakvih saznanja, stoga je izuzetno bitno raditi na sprječavanju razvoja bojnih otrova, te zabrani korištenja postojećih.

Čovjek kao pojedinac, isključivo je jedini krivac u današnjem svijetu, ne samo kao tvorac nego kao i istraživač otrovnih tvari koje su namijenjene djelovanju protiv ljudstva jer ne poduzima adekvatne mjere da se spriječi razvoj i uporaba otrova, kao ni da se zaštiti od takve vrste oružja.

4. LITERATURA

[1] Bokan S., Čižmek A., Ilijaš B., Jukić I., Orehovec Z., Radalj Ž.: „Oružja za masovno uništavanje: nuklearno-kemijsko-biološko i toksinsko“, Pučko otvoreno učilište, Zagreb, 2004., ISBN: 953-6054-91-4

[2] Chemical Warfare Agents, Ed. Satu M. Somani. Academic Press, Inc. (1992) London.

[3] Ganesan K., Raza S. K., Vijayaragahvan R., Chemical Warfare agents**,** Journal of Farmacy & BioAllied Science 2 (2010) 166-178.

[4] Munro N., Toxicity of the Organophosphate Chemical Warfare Agents GA, GB, and VX: Implications for Public Protection, Environmental health perspectives 102 (1994) 18-37.

[5] Spiers E. M., Chemical Weaponry. A Continuing Challenge, St. Martin' s Press (1989) New York.

[6] Yang Y. C., Baker J. A., Ward J. R**.,** Decontamination of Chemical Warfare Agents, Chem. Rev. 92 (1992) 1729-1743.