

UNIVERZITET U BEOGRADU

FAKULTET BEZBEDNOSTI

**BEZBEDNOST UPOTREBE HLORA:
PREDNOSTI I NEDOSTACI**

master rad

MENTOR:

Prof. dr Dejana Jovanović Popović

STUDENT:

Jelena Jovanović M8/21

Beograd, 2024.

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF SECURITY STUDIES

**SAFETY OF USE OF CHLORINE:
ADVANTAGES AND
DISADVANTAGES**

master thesis

MENTOR:

Prof. dr Dejana Jovanović Popović

STUDENT:

Jelena Jovanović M8/21

Belgrade, 2024.

BEZBEDNOST UPOTREBE HLORA: PREDNOSTI I NEDOSTACI

APSTRAKT

Predmet ovog master rada je analiza bezbednosti upotrebe hlora, sa posebnim osvrtom na njegove prednosti i nedostatke u različitim kontekstima. Hlor je jedno od najkorišćenijih sredstava za dezinfekciju, široko primenjivano u različitim industrijskim granama i javnim objektima zbog svoje efikasnosti u eliminaciji mikroorganizama oksidacijom njihovih ćelijskih komponenti, uništavajući njihovu strukturu i funkciju. Pored toga, hlor je sastavni deo velike grupe jedinjenja, poznatih kao Perzistentni organski zagađivači (POPs), koji su toksični, slabo razgradivi i široko rasprostranjeni u životnoj sredini. Cilj rada je da pruži sveobuhvatan pregled naučnih saznanja o upotrebi hlora, uključujući njegov uticaj na životnu sredinu i zdravlje ljudi, metode i mehanizme dezinfekcije, kao i psihološke aspekte njegove upotrebe tokom pandemije korona virusa. Rad takođe istražuje upotrebu hlora u bioterorizmu, uključujući istorijski pregled i analizu konkretnih slučajeva upotrebe u ratovima u Siriji i Iraku. Kroz studije slučaja izlivanja hlora i analizu povezanosti klimatskih promena sa koncentracijom POPs-ova, rad teži da odgovori na ključna pitanja o bezbednosti i regulaciji upotrebe hlora. Zaključak rada naglašava potrebu za unapređenjem standarda i protokola upotrebe hlora, kao i boljem razumevanju njegovih dugoročnih efekata i većom međunarodnom saradnjom u cilju zaštite životne sredine i zdravlja ljudi. Ovaj rad doprinosi boljem razumevanju kompleksnosti upotrebe hlora i ističe važnost kontinuirane edukacije i uspostavljanja uniformnih standarda kako bi se osigurala maksimalna bezbednost i efikasnost upotrebe hlora.

Ključne reči: hlor, dezinfekcija, perzistentni organski zagađivači, POPs, bioterorizam, biološki agensi, Stokholmska deklaracija.

SAFETY OF USE OF CHLORINE: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

ABSTRACT

The subject of this master's thesis is the analysis of the safety of chlorine use, with a special focus on its advantages and disadvantages in various contexts. Chlorine is one of the most commonly used disinfectants, widely applied in various industrial sectors and public facilities due to its effectiveness in eliminating microorganisms by oxidizing their cellular components, thereby destroying their structure and function. Additionally, chlorine is an integral part of a large group of compounds known as Persistent Organic Pollutants (POPs), which are toxic, poorly degradable, and widely dispersed in the environment. The aim of the thesis is to provide a comprehensive overview of the scientific knowledge regarding chlorine use,

including its impact on the environment and human health, disinfection methods and mechanisms, as well as the psychological aspects of its use during the COVID-19 pandemic. The thesis also explores the use of chlorine in bioterrorism, including a historical review and analysis of specific cases of its use in the wars in Syria and Iraq. Through case studies of chlorine spills and analysis of the connection between climate change and the concentration of POPs, the thesis aims to address key questions about the safety and regulation of chlorine use. The conclusion of the thesis emphasizes the need to improve the standards and protocols for chlorine use, as well as to better understand its long-term effects and enhance international cooperation to protect the environment and human health. This work contributes to a better understanding of the complexity of chlorine use and highlights the importance of continuous education and the establishment of uniform standards to ensure the maximum safety and efficiency of chlorine use..

Keywords: *chlorine, disinfection, persistent organic pollutants, bioterrorism, biological agents, Stockholm Declaration.*

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
2. METODOLOŠKI OKVIR ISTRAŽIVANJA.....	3
2.1. Predmet istraživanja.....	3
2.2. Cilj istraživanja.....	3
2.3. Hipotetički okvir istraživanja.....	4
2.4. Značaj istraživanja	4
2.5. Metodologija.....	5
TEORIJSKI-POJMOVNI OKVIR.....	6
3. OSOBINE HLORA.....	6
3.1. Uticaj hlora na životnu sredinu	7
3.2. Uticaj hlora na zdravlje ljudi	8
4. UPOTREBA HLORA KAO DEZINFEKCIONOG SREDSTVA	11
4.1. Mehanizam dezinfekcije	12
4.2. Metode dezinfekcije.....	14
4.2.1. Dezinfekcija vode	14
4.2.2. Dezinfekcija bazena.....	15
4.2.3. Dezinfekcija medicinskih instrumenata	15
4.3. Prednosti i nedostaci dezinfekcije hlorom	16
4.4. Upotreba hlora u vanrednim situacijama	17
4.4.1. Hlor i malarija	18
4.4.2. Hlor i kuga	19
4.4.3. Hlor i <i>Giardia intestinalis</i>	19
4.4.4. Hlor i <i>Cryptosporidium</i>	20
4.5. Psihološki aspekti upotrebe hlora tokom pandemije korona virusa	21

5. PERZISTENTNI ORGANSKI ZAGAĐIVAČI (POPs)	23
5.1. Vrste POP-sova	23
5.1.1. Dihlor-difenil-trihloretan (DDT)	23
5.1.2. Polihlorovani bifenili (PCB)	25
5.1.3. Dioksin.....	27
5.1.4. 2,3,7,8-Tetrahlor-dibenzo-p-dioksin (TCDD)	30
5.1.5. Furani	31
5.1.6. Aldrin	32
5.1.7. Dieldrin.....	34
5.1.8. Hlorofluorovodonici.....	35
5.1.9. Policiklični aromatični ugljovodonici (PAH).....	36
5.1.10. Hlorokarbonski rastvarači.....	37
5.2. Upotreba POPs-ova – prednosti i nedostaci	38
5.3. Veza klimatskih promena i koncentracija POPs-ova.....	39
6. UPOTREBA HLORA U BIOTERORIZMU.....	43
6.1. Bioterorizam i upotreba hlora.....	46
6.2. Istorijski pregled upotrebe hlora u bioterorizmu.....	47
6.3. Upotreba hlora u ratovima u Siriji i Iraku.....	48
6.3.1. Sirija	48
6.3.2. Irak.....	49
7. TEHNIČKO-TEHNOLOŠKI AKCIDENTI IZAZVANI	51
HLOROM.....	51
7.1. Izlivanje hlora u Bhopalu, Indija (1984).....	51
7.2. Izlivanje hlora u St. Louis, SAD (1979)	52
7.3. Izlivanje hlora u Graniteville-u, SAD (2005).....	53
7.4. Izlivanje hlora u Atisonu, Kansas (2016).....	54

8. ZAKLJUČAK.....	55
9. LITERATURA	57

1. UVOD

Hlor je jedan od najznačajnijih hemijskih elemenata koji se koriste širom sveta, sa širokim spektrom primena od industrije do domaćinstava (Angione et al., 2011). Njegova svestrana upotreba kao dezinfikacionog sredstva, u proizvodnji hemikalija, kao i u mnogim drugim sektorima, čini ga jednim od esencijalnih elemenata modernog društva. Hlor je gas pri standardnim uslovima (sobna temperatura i atmosferski pritisak), karakteriše ga žutozelena boja i izuzetno oštar i neprijatan miris koji ga čini lako prepoznatljivim (Freese & Nozaic, 2007).

Kada je reč o njegovim hemijskim osobinama, hlor pripada grupi halogena u periodnom sistemu elemenata i poznat je po svojoj reaktivnosti koja se ogleda u tendenciji formiranja hlorida sa mnogim drugim elementima (Angione et al., 2011). Hlor se koristi za dezinfekciju vode za piće i bazena. Dodavanjem hlorovih jedinjenja u vodu, uništavaju se patogeni mikroorganizmi, čime se obezbeđuje bezbedna voda za konzumaciju i kupanje. Takođe, hlor je značajan u mnogim industrijskim granama (FAO & WHO, 2008). Međutim, zbog ekoloških briga, sve više se prelazi na ekološki prihvatljive alternative.

U prvom delu ovog rada, analizirane su osobine hlora i istraženo je kako njegova hemijska struktura i reaktivnost utiču na životnu sredinu. Posebno je razmotren uticaj hlora na vodne sisteme i ekosisteme, kao i njegovi mogući štetni efekti na zdravlje ljudi, uključujući respiratorne organe i kožu.

Dalje, fokus je na širokoj upotrebi hlora kao dezinfekcionog sredstva. Istraženi se mehanizmi primene hlora u vodi za piće i bazenima, kao i metode koje se koriste u industriji za proizvodnju prehrambenih proizvoda.

Prednosti hlora, kao efikasnog sredstva za uništavanje patogena, takođe su detaljno razmotrene, kao i mane poput formiranja neželjenih nusprodukata, kao što su trihalometani, koji su povezani sa zdravstvenim rizicima. Poseban osvrt je posvećen upotrebi hlora u vanrednim situacijama, poput epidemija ili prirodnih katastrofa, gde njegova brza i efikasna dezinfekcija može spasiti živote.

Nadalje, istraženi su se Perzistentni organski zagađivači (POPs), supstance koje ostaju prisutne u životnoj sredini duže vreme, razmotrena je njihova upotreba, efekti na ekosisteme i veza sa globalnim klimatskim promenama.

Poseban naglasak u radu je na Stokholmskoj deklaraciji iz 2001. godine, koja je postavila važne smernice za smanjenje upotrebe opasnih hemikalija, uključujući hlor.

Analiza takođe obuhvata upotrebu hlora u bioterorizmu, sa posebnim osvrtom na slučajeve upotrebe u ratovima u Siriji i Iraku. Ovi primeri ilustruju potencijalno razorne posledice njegove upotrebe u oružanim sukobima.

Konačno, poslednje poglavlje ovog master rada su studije slučaja izlivanja hlora, koje pružaju uvid u konkretne situacije gde je došlo do nekontrolisanog oslobađanja hlora u okolinu. Ovi incidenti su od posebnog značaja za razumevanje rizika i potreba za efikasnim merama prevencije i reakcije.

Cilj rada je pružiti sveobuhvatan pregled prednosti i mana upotrebe hlora, sagledavajući njegovu ulogu u kontekstu zaštite životne sredine, zdravlja ljudi i globalne bezbednosti.

2. METODOLOŠKI OKVIR ISTRAŽIVANJA

2.1. Predmet istraživanja

Predmet istraživanja ovog master rada je bezbednost upotrebe hlora, sa posebnim osvrtom na njegove prednosti i nedostatke u različitim kontekstima. U širem smislu, predmet istraživanja obuhvata analizu hemijskih osobina hlora, njegovu reaktivnost i uticaj na životnu sredinu i zdravlje ljudi, kao i metode i mehanizme njegove upotrebe za dezinfekciju. Takođe su razmotreni psihološki aspekti upotrebe hlora tokom pandemije korona virusa, kao i upotreba hlora u bioterorizmu, uz analizu specifičnih slučajeva u ratovima u Siriji i Iraku. Fokus istraživanja uključuje ispitivanje uloge hlora kao dezinfekcionog sredstva, njegove efikasnosti i rizika povezanih sa njegovom upotrebom, kao i analiza Perzistentnih organskih zagađivača (POPs) i njihove veze sa klimatskim promenama. Poseban osvrt je na regulativnim okviima, uključujući Stokholmsku deklaraciju, i njihovim implikacijama na globalne napore u zaštiti životne sredine i zdravlja ljudi.

2.2. Cilj istraživanja

Ciljevi istraživanja ovog master rada su višestruki. Naučni cilj je istraživanje bezbednosti upotrebe hlora, s posebnim fokusom na njegove prednosti i nedostatke u različitim kontekstima. Cilj je analizirati hemijske osobine hlora, njegovu reaktivnost, uticaj na životnu sredinu i zdravlje ljudi, kao i metode i mehanizme njegove upotrebe u dezinfekciji, kako bi se bolje razumela njegova uloga u savremenom društvu.

Društveni cilj istraživanja je identifikovanje ključnih aspekata upotrebe hlora, uključujući psihološke aspekte tokom pandemije korona virusa i upotrebu hlora u bioterorizmu. Kroz analizu i poređenje praksi, kao i studije slučaja izlivanja hlora i specifičnih upotreba u ratovima u Siriji i Iraku, istraživanje ima za cilj pružiti praktične preporuke i smernice za unapređenje bezbednosti i regulacije upotrebe hlora.

Nadalje, cilj je istražiti Perzistentne organske zagađivače (POPs) i njihovu povezanost sa klimatskim promenama, sa posebnim osvrtom na

Stokholmsku deklaraciju iz 2001. godine. Kroz ovo istraživanje, ispitana je dugoročna efikasnost i rizici upotrebe hlora, kako bi se doprinelo boljem razumevanju i unapređenju standarda za zaštitu životne sredine i zdravlja ljudi.

2.3. Hipotetički okvir istraživanja

Osnovna hipoteza:

Upotreba hlora kao dezinfekcionog sredstva je efikasna, ali nosi značajne rizike za zdravlje ljudi i životnu sredinu.

Iz osnovne hipoteze mogu se izdvojiti *posebne hipoteze*:

Efikasnost dezinfekcije hlorom zavisi od metode primene i može dovesti do formiranja štetnih nusprodukata.

Dugoročna upotreba hlora, kao i njegova prisutnost u Perzistentnim organskim zagađivačima (POPs), ima negativne efekte na ekosisteme i zdravlje ljudi.

Upotreba hlora kao sredstva u bioterorizmu predstavlja ozbiljan rizik zbog njegove dostupnosti i potencijala za nanošenje posledica sa masovnim efektom.

2.4. Značaj istraživanja

Istraživanje bezbednosti upotrebe hlora ima višestruk značaj, kako za naučnu zajednicu, tako i za praktičnu primenu.

Ovo istraživanje će obogatiti postojeću literaturu o efikasnosti i rizicima upotrebe hlora kao dezinfekcionog sredstva, posebno u kontekstu njegovih hemijskih osobina, ekoloških uticaja i efekata na zdravlje ljudi. Analiza konkretnih slučajeva izlivanja hlora i upotrebe u bioterorizmu omogućava bolje razumevanje i unapređenje teorijskih modela i praktičnih pristupa u njegovoj regulaciji i primeni. Rezultati istraživanja mogu poslužiti kao osnova za razvoj i unapređenje međunarodnih i nacionalnih standarda i procedura za upotrebu hlora, čime se povećava bezbednost i efikasnost njegove primene.

Društveni značaj se ogleda prvenstveno u povećanju svesti i informisanosti o ovoj temi. Istraživanje doprinosi povećanju svesti javnosti i stručne zajednice o važnosti i značaju pravilne upotrebe hlora, kao i o izazovima i rizicima povezanim sa njegovom primenom. Ovo može dovesti do većeg ulaganja u bezbedne alternative i tehnologije za dezinfekciju. Identifikacija specifičnih problema i rizika omogućava bolje planiranje i organizaciju upotrebe hlora, što može značajno unaprediti kapacitete za reagovanje u vanrednim situacijama i smanjiti štetne efekte na životnu sredinu.

Na kraju, istraživanje može poslužiti kao temelj za uvođenje boljih standarda i protokola za upotrebu hlora, uključujući adekvatne mere zaštite za ljude i ekosisteme, što će direktno uticati na smanjenje rizika i povećanje bezbednosti.

Ovo istraživanje, kroz sveobuhvatnu analizu i konkretne preporuke, može doprineti razvoju efikasnijih i humanijih metoda upotrebe hlora, što je od vitalnog značaja za zaštitu zdravlja ljudi i životne sredine.

2.5. Metodologija

Osnovni metodološki pristup za ovaj master rad je deskriptivna analiza i sistematski pregled naučne literature. To podrazumeva identifikaciju ključnih teorijskih koncepata i kategorija vezanih za predmet ovog master rada.

Za pronalaženje relevantne literature, korišćeni su štampani izvori, kao i izvori u elektronskoj formi, pretraživani prevashodno upotrebom Gugl Akademika (*Google Scholar*), *Scopus*, *Research Gate*, *Web of Science* i *Kobson*.

TEORIJSKI-POJMOVNI OKVIR

3. OSOBINE HLORA

Jedna od prvih dokumentovanih upotreba hlora bila je 1850. godine kada ga je Džon Snou (*John Snow*) koristio za dezinfekciju vodosnabdevanja u Londonu nakon izbijanja kolere (White, 1999). Nekoliko godina kasnije, 1890ih, hipohloriti su korišćeni u Evropi kao privremena mera protiv epidemija tifusa, a 1897. godine Sims Vudhed (*Sims Woodhead*) je koristio rastvor hipohlorita za tretiranje vode za piće nakon izbijanja tifusa u Kentu, u Engleskoj (Freese & Nozaic, 2007). Kontinuirano hlorisanje vode za piće počelo je početkom 20. veka u Velikoj Britaniji i rezultiralo je dramatičnim smanjenjem smrtnosti zbog tifusa i drugih bolesti koje se prenose vodom, a ubrzo nakon toga, 1908. godine, Džerzi Siti, danšnji Nju Džerzi, počeo je hlorisanje vode za piće. Od tada, hlor je postao najšire korišćeno dezinfekciono sredstvo za tretman vode širom sveta zbog svoje efikasnosti, relativne jednostavnosti upotrebe i isplativosti (Freese & Nozaic, 2007).

U novije vreme, hlor je dobio negativnu reputaciju, uglavnom zbog otkrića iz 1970-ih, koja su sugerisala da hlorisanje vode koja sadrži organske materije može dovesti do stvaranja trihalometana (THM), za koje se sumnja da imaju štetne efekte na zdravlje (White, 1999). Proizvođači i dobavljači uređaja za filtraciju vode i alternativnih dezinfekcionih sredstava iskoristili su ove informacije u svoju korist, ponekad čak koristeći tehnike zastrašivanja i generalno dezinformišući javnost u vezi sa dezinfekcijom hlorom.

White (1999) je naveo da je, kao što je voda blizu da bude univerzalno rastvarač, tako i hlor gotovo univerzalna hemikalija za tretman vode. Hlor je veoma efikasno dezinfekciono sredstvo, relativno je jednostavan za rukovanje, kapitalni troškovi instalacije hlora su niski, isplativ je, jednostavan za doziranje, merenje i kontrolu, i ima relativno dobar rezidualni efekat. Postoje svakako i druga dezinfekciona sredstva koja su jednaka ili čak bolja od hlora, ali do danas, nijedno drugo dezinfekciono sredstvo nije pronađeno koje može da se takmiči sa sveobuhvatnom svestranošću hlora. Međutim, pored benefita upotrebe hlora u dezinfekciji, kako za tretman vode, tako i za brojne druge svrhe, postoje i negativni efekti upotrebe hlora, kao i značajni rizici, o kojima će biti reči u nastavku poglavlja.

3.1. Uticaj hlora na životnu sredinu

Hlor je element sa bogatom istorijom i širokim spektrom primena. Njegove osobine ga čine nezaobilaznim u mnogim industrijama, ali, sa druge strane, on predstavlja izvor zabrinutosti zbog svoje toksičnosti i potencijalnih ekoloških problema. Bezbedna upotreba i održavanje ekološke ravnoteže su od suštinskog značaja kako bi se iskoristile njegove koristi, a istovremeno smanjili njegovi rizici. Ne uzimajući u obzir to što hlor predstavlja jedan od najznačajnijih i najpoznatijih hemijskih elemenata, njegova primena nije bezbedna i ima negativne ekološke posledice. Danas, kada na planeti Zemlji postoji samo 2,5% vode koja je iskoristiva, on nalazi široku primenu. U daljem tekstu je objašnjeno kako upotreba hlora može uticati na životnu sredinu i razmotreni su koraci koje možemo preduzeti kako bismo smanjili njegov negativni uticaj.

Činjenica koja je svima opštepoznata jeste da se hlor prvenstveno koristi za dezinfekciju vode za piće. Dodavanjem hlorovih jedinjenja u vodu, moguće je uništiti bakterije, viruse i druge patogene mikroorganizme, čime se obezbeđuje bezbedna voda za konzumaciju. Međutim, koliko god da ovaj process doprinosi nama, ljudima, u istoj meri ima negativne posledice po faunu i floru. Kada hlor reaguje sa organskim materijalima prisutnim u vodi, stvaraju se nusprodukti, kao što su trihalometani, koji su poznati po svojoj toksičnosti i uzrokuju zagađenje vode. Trihalometani su bili značajna tema istraživanja u drugoj polovini 20. veka kada je sve više ljudi počelo da primenjuje dezinfekciju vode hlorom (White, 1999). Ovi nusprodukti bili su poznati po svojoj toksičnosti i povezivani su sa zdravstvenim rizicima, uključujući moguću vezu sa povećanim rizikom od raka (Evans et al., 2020).

Neke hemikalije koje sadrže hlor, kao što su hlorofluorouglovodonici (poznatiji kao CFC-ovi) poznati su po svom negativnom uticaju na ozonski sloj u stratosferi (FAO & WHO, 2008). Ozonski omotač igra ključnu ulogu u zaštiti Zemlje od štetnih ultraljubičastih (UV) zraka. Upotreba ovih supstanci dovela je do stanjivanja istog, stvarajući ozonske rupe koje su omogućile veći prodor UV zraka, što je štetno za živi svet (FAO & WHO, 2008).

Pored negativnog uticaja na ozonski omotač, istraživanja su pokazala da se hlor ispušta u okeane i mora kroz industrijske i komunalne odlive (FAO & WHO, 2008; Evans et al., 2020). Morska voda je ključna komponenta naše planete i predstavlja dom raznovrsnih ekosistema (riba, algi, korala, mekušaca

itd.). U nekim slučajevima, hlor se može koristiti za dezinfekciju vode u akvakulturnim sistemima kako bi se sprečilo širenje bolesti među ribama. Međutim, prekomerna upotreba hlorovih jedinjenja može negativno uticati na rast i zdravlje riba, što može dovesti do smanjenja proizvodnje i kvaliteta ribe (FAO & WHO, 2008).

Direktno ispuštanje visokih koncentracija hlorovih jedinjenja u mora i okeane je toksično za morske organizme. Ovi organizmi mogu imati oštećenje tkiva, promene u ponašanju, i smanjenje reproduktivnih sposobnosti (Evans et al., 2020).

Da bi se smanjio negativan uticaj hlora na morski ekosistem, važno je primenjivati održive prakse u industrijama koje koriste hlor. To uključuje smanjenje upotrebe hlorovih dezinfekcionih sredstava, bolju kontrolu ispuštanja otpadnih voda i primenu alternativnih metoda dezinfekcije i tretmana vode (FAO & WHO, 2008).

Kako bismo smanjili negativan uticaj hlora na životnu sredinu, postoji nekoliko pristupa (FAO & WHO, 2008):

- Korišćenje alternativnih dezinfekcionih metoda za vodu, kao što su ozon, ultraljubičasto zračenje i hloramin, koji stvaraju manje nusprodukta.
- Zamenjivanje supstanci koje oštećuju ozonski sloj ekološki prihvatljivijim alternativama.
- Kontrola i regulacija industrijskih procesa kako bi se minimalizovalo ispuštanje hlora i hlorovih jedinjenja u životnu sredinu.

3.2. Uticaj hlora na zdravlje ljudi

Hlor ima ključnu ulogu u očuvanju zdrave vode i održavanja higijene, kao i sprečavanju širenja bolesti, ali njegovo prisustvo u okolini može imati ozbiljan uticaj na zdravlje ljudi, posebno na respiratorni sistem (Evans et al., 2020).

Izloženost visokim koncentracijama hlora može da prouzrokuje akutne simptome kod ljudi. Ovi simptomi uključuju oštećenje sluznice disajnih puteva, što dovodi do iritacije grla, nosa i pluća. Kašalj, otežano disanje i glavobolja česti su simptomi izlaganja hloru. Kao prateći simptomi javljaju se i mučnina i povraćanje (Evans et al., 2020).

Individue koje su specijalizovane za rukovanje opasnim hemijskim elementima (kao i hemijskim elementima uopšte) – slučaj sa radnicima u hemijskoj industriji ili oni koji rade sa dezinfekcijom vode – mogu razviti hronične respiratorne probleme. Ovo uključuje astmu, bronhitis i hroničnu opstruktivnu bolest pluća (HOBP) (Sejdinović i sar., 2012).

Bolesti i simptomi koje se javljaju usled izloženosti visokim koncentracijama hlora su (Sejdinović i sar., 2012):

- Iritacija disajnih puteva: manifestuje se oštećenjem sluznice nosa, grla i pluća. Simptomi su:
 - Kašalj: čest simptom izlaganja hloru i može biti jak i neprijatan, manifestuje se „grebanjem“ grla u početku, a može dovesti i do gubitka vazduha u potpunosti.
 - Otežano disanje: hlor može izazvati osećaj gušenja i otežano disanje.
 - Bol u grlu i nosu.
- Alergijske reakcije: izlaganje hloru može izazvati alergijske reakcije kod osetljivih osoba. To uključuje:
 - Alergijski rinitis: osobe koje su osetljive na hlor mogu imati simptome kao što su kijanje, svrab u nosu i curenje nosa, što su karakteristični simptomi alergijskog rinitisa.
 - Kontaktni dermatitis: direktan kontakt sa hlorom može izazvati kožne reakcije, uključujući crvenilo, svrab i osip (u vidu tačkica, fleka na koži ili izbočina – poput kuglica).
- Povećan rizik od astme: izlaganje hloru može povećati rizik od razvoja astme, posebno kod dece i osoba sa genetskom predispozicijom za ovu bolest. Osobe koje već imaju astmu rizikuju pogoršavanje simptoma nakon izlaganja hloru.
- Bronhospazam: u nekim slučajevima, izlaganje hloru može izazvati bronhospazam, sužavanje disajnih puteva koje otežava disanje.
- Bronhitis: hronična upala bronhija može izazvati bronhitis, što dovodi do kašlja i otežanog disanja.

- Hronična opstruktivna bolest pluća (HOBP): dugotrajna izloženost hloru može doprineti razvoju HOBP, ozbiljne bolesti koja uzrokuje trajno sužavanje disajnih puteva.
- Iritacija očiju, glavobolja, vrtoglavica, mučnina, povraćanje, bol u abdomenu, gastrointestinalni simptomi (dijareja), povećanje srčane frekvencije, aritmija, nepravilan rad srca.

Da bi se smanjila opasnost od izloženosti hloru, ključno je pridržavati se mera prevencije. To uključuje pravilno rukovanje hlorom, upotrebu lične zaštitne opreme (zaštitne maske, rukavice, specijalizovana odela za osobe koje rade u hemijskim postrojenjima), obezbeđivanje dobre ventilacije u radnim prostorijama i pridržavanje sigurnosnih smernica. Takođe je važno edukovati radnike i zajednicu o potencijalnim opasnostima i pravilnoj upotrebi hlora.

4. UPOTREBA HLORA KAO DEZINFЕКЦИОНОГ SREDSTVA

Hlor kao dezinfekciono sredstvo ima mnoge prednosti. Jedna od glavnih je širok spektar delovanja, pošto je hlor efikasan protiv različitih mikroorganizama, kao što su bakterije, virusi i različite vrste mikroorganizama. Ova svojstva čine ga veoma korisnim u raznim situacijama, poput prečišćavanja vode i dezinfekcije medicinskih instrumenata, prostorija. Takođe, hlor ima sposobnost brze reakcije sa mikroorganizmima, što ga čini pogodnim za hitne situacije i trenutne potrebe dezinfekcije (Ranković, 2021).

Upotreba hlora kao dezinfekcionog sredstva počela je krajem 19. veka, a jedan od ključnih trenutaka u istoriji primene hlora za dezinfekciju vode desio se u Londonu u drugoj polovini 19. veka (Tulchinsky, 2018). U Londonu, tokom 1854. godine, lekar Džon Snou (*John Snow*)¹ istraživao je izbijanje kolere. Primenio je mapiranje kako bi identifikovao izvor zaraze, što je dovelo do otkrića zagađenja javnog bunara u četvrti Soho. Voda iz ovog bunara bila je zagađena fekalno-oralnim putem, što je bio ključni trenutak u razumevanju širenja ove zarazne bolesti. U pokušaju da spreči širenje, oblast oko zaraženog bunara je isključena iz upotrebe (Coleman et al, 2022). Henri Vajthed (*Henry Whitehead*), sveštenik iz Soho-a, podržao je Snouovo otkriće i predložio dodavanje hlora u vodu. Iako je koncept bio “pod znakom pitanja” i pogotovo, jer se bolest javila prvi put i nije imalo dovoljno vremena za istraživanje, gradski zvaničnici su pristali na dodavanje hlora u zaraženi bunar, a rezultati su bili izuzetno uspešni u zaustavljanju širenja bolesti. Upravo ovaj slučaj se smatra jednim od ranih primera efikasne primene hlora kao dezinfekcionog sredstva za vodu (Newsom, 2006).

Dalje istraživanje i praksa su potvrdili efikasnost hlora u uništavanju mikroorganizama, što je dovelo do sve šire upotrebe ovog dezinfekcionog sredstva u vodovodnim sistemima i drugim oblastima. Danas se hlor primenjuje širom sveta u različitim sektorima, uključujući vodoprivredu,

¹ Džon Snou (John Snow 1813–1858) bio je britanski lekar koji je postao poznat po svom doprinosu u oblasti epidemiologije i javnog zdravlja. Rođen u gradu Yorku, Snou je bio jedan od pionira u proučavanju širenja bolesti i značajno je doprineo razumevanju uzroka i prevencije epidemija. Najpoznatiji je po svom radu tokom velike epidemije kolere u Londonu 1854. godine (Coleman et al., 2022).

medicinu, industriju, i druge oblasti gde je potrebno održavati higijenske standarde i sprečiti širenje infekcija.

4.1. Mehanizam dezinfekcije

Mehanizam dezinfekcije hlorom zavisi od oblika hlora koji se koristi, ali u suštini, hlor deluje oksidativno na mikroorganizme, uništavajući njihove ćelijske strukture i sprečavajući njihovu sposobnost reprodukcije.

Opšti mehanizam dezinfekcije vode hlorom obuhvata, pre svega, oksidaciju ćelijskih komponenti. Hlor reaguje s ćelijskim membranama mikroorganizama i oksiduje proteine, lipide i druge važne ćelijske komponente. Ovaj process remeti ćelijske funkcije i strukturu. Oksidacijom ćelijskih komponenti molekuli hlora reaguju s različitim komponentama unutar ćelije mikroorganizma ili ćelije organizma. Hlor deluje oksidativno, što znači da prima elektrone od drugih supstanci, uzrokujući promene u strukturi i funkciji tih supstanci (Grozdanović, 2012).

U kontekstu dezinfekcije hlorom, oksidacija ćelijskih komponenti igra značajnu ulogu u uništavanju mikroorganizama. Ključne komponente ćelija koje mogu biti oksidirane hlorom su:

- 1. proteini** – hlor može oksidovati aminokiseline u proteinskim molekulima, te sam process oksidacije može dovesti do promena u strukturi i funkciji proteina, uključujući enzime, koji su ključni za mnoge metaboličke procese u ćelijama (Lovrić, 2016);
- 2. lipidi** – hlor može reagovati s masnim kiselinama u lipidima, što dovodi do oštećenja ćelijskih membrana. Ova oksidacija može povećati propustljivost membrana, dovesti do gubitka vitalnih materijala iz ćelija i na kraju do smrti mikroorganizama (Štefan i sar., 2007);
- 3. nukleinske kiseline (DNK i RNK)** – hlor može oštetiti nukleinske kiseline, uključujući dezoksiribonukleinsku kiselinu (DNK) i ribonukleinsku kiselinu (RNK). Oštećenje genetskog materijala može sprečiti normalnu replikaciju i transkripciju, inhibirajući vitalne procese u mikroorganizmima (Petronijević, 2006);
- 4. sulfhidrilne grupe u aminokiselinama** – hlor može reagovati s sulfhidrilnim grupama prisutnim u aminokiselinama, što dovodi do

formiranja disulfidnih veza. Ove promene mogu uticati na strukturu proteina i njihovu funkcionalnost (Petronijević, 2006).

Oksidacija ćelijskih komponenti hlorom dovodi do gubitka normalne funkcionalnosti mikroorganizama i sprečava njihovu sposobnost da se razmnožavaju i preživljavaju (Petronijević, 2006).

Oštećenje nukleinskih kiselina uključuje dezoksiribonukleinsku kiselinu (DNK) i ribonukleinsku kiselinu (RNK), te samim tim predstavlja ozbiljan problem jer može uticati na normalno funkcionisanje ćelija i genetskog materijala. Hlor može izazvati oksidativni stres u ćelijama, dovodeći do oštećenja nukleinskih kiselina na nekoliko načina (Hahm et al., 2022).

Na prvom mestu, može doći do oksidacije baznih parova. Hlor u nekim slučajevima oksiduje bazne parove u DNK i RNK. Na primer, adenin može biti oksidovan u 8-oksoguanin, a guanin u 8-oksoadenin. Ovakva oksidacija dovodi do promena u nukleotidima i može uticati na tačnost replikacije i transkripcije genetskog materijala (Hahm et al., 2022).

Oksidacija može izazvati oštećenje šećernih ostataka u fosfodiesternoj vezi između nukleotida. Ovo oštećenje može dovesti do loma lanca i otežati sintezu novih lanaca tokom procesa replikacije. Hlor izaziva formiranje različitih oksidativnih produkata, uključujući peroksinitrit, koji uzrokuje oštećenja nukleinskih kiselina. Ovi oksidativni produkti dalje prouzrokuju promene u strukturi i funkciji genetskog materijala. Oštećenje ovih nukleinskih kiselina povećava rizik od pojave mutacija. Mutacije u genima imaju ozbiljne posledice na ćelijsku funkciju, uključujući razvoj različitih bolesti. Sa druge strane, kontrolisano oštećenje genetskog materijala mikroorganizama dovodi do njihove inaktivacije (Hahm et al., 2022).

Hlor može povećati propusnost ćelijske membrane mikroorganizama, što dovodi do gubitka vitalnih materijala iz unutarćelijskog prostora i, konačno, do ćelijske smrti. Isti hemijski element, hlor, može formirati reaktivna jedinjenja poput hloramina i hlorovodonične kiseline tokom reakcije s organskim materijalima. Ova jedinjenja takođe doprinose oksidaciji mikroorganizama i dezinfekciji (Štefan i sar., 2007).

Mehanizam dezinfekcije hlorom nije specifičan samo za određenu vrstu mikroorganizma - širok spektar delovanja omogućava hloru da deluje na bakterije, viruse, protozoe i druge mikroorganizme. Važno je naglasiti da

koncentracija hlorisanja, vreme kontakta, pH vrednost vode i temperatura imaju ulogu u efikasnosti samog procesa (Grozdanović, 2012).

4.2. Metode dezinfekcije

Dezinfekcija hlorom može se sprovesti korišćenjem različitih metoda, a odabir metode zavisi od vrste predmeta koji se dezinfikuju, vrste hlorisanja, specifičnih potreba i standarda za sigurnost i efikasnost.

4.2.1. Dezinfekcija vode

Hlor se često koristi za dezinfekciju pitke vode. Dodavanje hlora u vodovodne sisteme pomaže u eliminaciji patogena i sprečavanju vodenih bolesti. Prilikom dezinfekcije vode hlorom važno je voditi računa o doziranju hlora, te samim tim to i predstavlja prvi korak u procesu dezinfekcije vode hlorom (Grozdanović, 2012). Hlor se može dodati u vodu u obliku različitih jedinjenja, uključujući hlorni gas, natrijum hipohlorit (NaOCl), ili kalcijum hipohlorit ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) (Štefan i sar., 2007).

Doziranje se pažljivo izvodi kako bi se postigla odgovarajuća koncentracija hlora. Nakon dodavanja hlora, voda se pažljivo meša kako bi se osiguralo ravnomerno raspoređivanje hlora u celom vodovodnom sistemu ili u rezervoaru. Voda ostaje u kontaktu s hlorom određeno vreme. Duže vreme kontakta povećava efikasnost dezinfekcije. Specifično vreme kontakta može zavistiti od vrste hlora, koncentracije, temperature vode i drugih faktora. Koncentracija hlora u vodi se redovno meri kako bi se osiguralo održavanje odgovarajućeg nivoa dezinfekcije. Analize se vrše pomoću određenih testova ili senzora koji mere koncentraciju hlora (Grozdanović, 2012).

U nekim slučajevima, nakon određenog vremena kontakta, dodaje se supstanca za neutralizaciju preostalog hlora kako bi se sprečilo unošenje hlorisane vode s previsokom koncentracijom hlora u distributivni sistem (Grozdanović, 2012).

4.2.2. Dezinfekcija bazena

Hlor se koristi za održavanje higijene u bazenima, sprečava nastanak i rast bakterija i algi. Ovaj proces omogućava sigurno korišćenje bazena, kako za rekreaciju, tako i za one koji se profesionalno bave sportovima koji zahtevaju upotrebu bazena. Koristi se u formi natrijum hipohlorita (tečni hlor), kalcijum hipohlorita (granule ili tablete), ili hlorin gasa (Angione et al., 2011). Prvi, a samim tim i osnovni korak prilikom dezinfekcije bazena, je određivanje pH vrednosti vode u bazenu.

Optimalna pH vrednost bazenske vode treba da bude između 7,2 i 7,6. Kada je pH vrednost visoka (preko 8), voda postaje bazna, što može dovesti do povećanog taloženja kamenca, zamućenja vode i bržeg punjenja filtera nečistoćama. Takođe, efikasnost dezinfekcionog sredstva se smanjuje, što negativno utiče na kvalitet vode. S druge strane, niska pH vrednost čini vodu kiselim, što ima brojne negativne posledice. Optimalna pH vrednost bazenske vode od 7,4 smatra se najprikladnijom jer je najbliža pH vrednosti kože (Angione et al., 2011).

Hlor se dodaje u vodu u skladu sa preporukama proizvođača ili prema analizama koncentracije hlora u bazenu. Količina hlora koja se dodaje zavisi od veličine bazena, temperature vode, broja plivača i drugih faktora. Hlor se ravnomerno raspoređuje po površini bazena kako bi se osiguralo da sve oblasti imaju odgovarajuću koncentraciju hlora. To se može postići ručnim ili automatskim doziranjem (Angione et al., 2011).

Voda u bazenu se redovno testira kako bi se pratile koncentracije hlora, pH vrednost, alkalnost, i druge karakteristike.

4.2.3. Dezinfekcija medicinskih instrumenata

U medicinskim ustanovama, hlor se koristi za dezinfekciju instrumenata i površina kako bi se sprečilo širenje infekcija među pacijentima i pribor se održavao sterilnim i čistim. U ovom slučaju podrazumeva se pažljivo doziranje i primena, kako bi se osigurala efikasna dezinfekcija bez oštećenja instrumenata i pojave korozije (Grozdanović, 2012).

Hlor se u ovom slučaju koristi u skladu s preporukama i smernicama relevantnih zdravstvenih i sanitarnih agencija, kako bi se postigla efikasna dezinfekcija bez nepotrebnih rizika po zdravlje i okolinu.

4.3. Prednosti i nedostaci dezinfekcije hlorom

Hlor, kao jedan od najrasprostranjenijih hemijskih elementa, ima svoje prednosti i mane.

Neke od prednosti koje se mogu izdvojiti na osnovu prethodno prikazanih podataka iz literature uključuju:

- Širok spektar delovanja: hlor je efikasan protivrazličitih mikroorganizama, uključujući bakterije, viruse i protozoe. Koristi se kao dezinfekciono sredstvo u vodovodnoj i bazenskoj industriji, prehrambenoj industriji, hemijskoj industriji, medicini.
- Brza reakcija: hlor ima sposobnost brze reakcije sa mikroorganizmima, što znači da može efikasno uništiti patogene u relativno kratkom vremenskom periodu. Ovo čini hlor pogodnim za hitne situacije i trenutne potrebe dezinfekcije.
- Dugotrajni efekat: hlor može pružiti dugotrajan efekat dezinfekcije, čime se sprečava ponovna kontaminacija u određenom vremenskom periodu. Ova karakteristika čini ga posebno korisnim u održavanju higijene u kontinuiranim procesima, poput vodovodnih sistema. U oblasti dezinfekcije vode različiti parametri igraju ključnu ulogu u kojoj meri i koliko dugo će hlor biti efikasan. Njegova dugotrajnost u ovoj oblasti zavisi od temperature vode, svetlosti, Ph vrednosti, kao i količine organskih materija u vodi. Kada govorimo o dezinfekciji površina, ključan faktor je koliko brzo se površina ponovo kontaminira.

Nasuprot navedenim prednostima, mogu se na osnovu prikazanih podataka iz literature izdvojiti i određeni nedostaci upotrebe hlora, uključujući:

- Stvaranje nusprodukata: pri dezinfekciji vode hlorom, hlor reaguje sa prisutnim organskim materijalima i stvaraju se nusprodukti. Glavni nusprodukti koji izazivaju zabrinutost za zdravlje ljudi i ekosistema u celini su trihalometani (THM) i haloacetoni.

- Alergijske reakcije, iritacija kože i očiju.
- Promena ukusa i mirisa vode: ova karakteristika je primetna u domaćinstvima, kod vode koja dolazi iz česme. Pri sipanju vode u čašu primećuje se da voda ima blago beličast, zamućen izgled, koji se iščisti nakon 10-15 sekundi. Voda prečišćena hlorom uglavnom nema neprijatan ukus, izuzev u situacijama kada je količina hlora prevelika naspram količine vode koja se prečišćava.
- Oštećenje određenih materijala i površina: kada se vrši sterilizacija i dezinfekcija metalnog pribora ili pribora napravljenog od hiruškog čelika, što je slučaj uglavnom u medicini, ukoliko se ne radnici ne drže propisanih smernica i potrebne koncentracije hlora (upotrebljavaju u većoj meri od propisane), može doći do korozije. Korozija se ogleda u promeni structure samog materijala, pojavi narandžastih fleka hrapavim na dodir, stvaranju rđe. Prilikom pranjaveša i korišćenju hlora u tom procesu, može doći do oštećenja tkanine (u domaćinstvima se može sresti izbeljivač veša koji se često koristi prilikom pranja košulja, peškira i posteljina, a u prevelikoj količini može uzrokovati stanjivanje strukture tkanine).

4.4. Upotreba hlora u vanrednim situacijama

Vanredna situacija predstavlja nepredviđeni događaj ili stanje koje izaziva ozbiljnu pretnju za život, zdravlje, bezbednost ili normalno funkcionisanje zajednice (Zakon o smanjenju rizika od katastrofa i upravljanju vanrednim situacijama, 2018).

Ovakve situacije karakteriše iznenadna promena uobičajenih okolnosti i zahteva hitnu reakciju kako bi se umanjile negativne posledice po ljude i imovinu. Prirodne katastrofe, poput poplava, zemljotresa ili požara, mogu prouzrokovati vanredne situacije, dovodeći do ozbiljnih problema u infrastrukturi i ugrožavajući živote i imovinu ljudi (Zakon o smanjenju rizika od katastrofa i upravljanju vanrednim situacijama, 2018).

Epidemije i pandemije, kao brzo širenje zaraznih bolesti, takođe mogu biti uzročnici vanrednih situacija koje zahtevaju hitne mere kontrole i prevencije. Tehnički ili industrijski incidenti, kao što su nesreće u fabrikama ili havarije prevoza opasnih materijala, socijalni ili politički nemiri, teroristički napadi ili

drugi događaji ovog tipa, poput nasilnih demonstracija, mogu izazvati nesigurnost i zahtevati hitne intervencije radi očuvanja reda i bezbednosti zajednice.

U takvim vanrednim okolnostima, hlor se često koristi kao deo strategije za očuvanje zdravlja i bezbednosti. Kroz dezinfekciju vode, površina i sanitarnih čvorova, hlor doprinosi održavanju higijenskih standarda i sprečavanju širenja bolesti, pružajući efikasno sredstvo u situacijama kada je brza reakcija od suštinskog značaja (The Chlorine Institute, 2008).

Osim toga, hlor se često koristi u procesima pranja i dezinfekcije odeće i medicinskih sredstava. U vanrednim situacijama, kao što su pandemije, pristup čistoj odeći i sterilnom medicinskom materijalu je važno za održavanje higijene i sprečavanje dodatnih zdravstvenih problema. Hlor ima preventivni efekat u situacijama gde postoji potencijalna opasnost od izbijanja zaraznih bolesti. U hitnim situacijama, kao što su prirodne katastrofe ili epidemije, često se suočavamo sa ograničenim resursima. Hlor može biti relativno pristupačan i jednostavan za upotrebu, što ga čini efikasnim sredstvom za brzu reakciju na potrebu za dezinfekcijom (The Chlorine Institute, 2008).

Hlor može imati i ulogu u sprečavanju epidemija putem kontrolisanja vektora zaraza. Na primer, u situacijama gde su komarci prenosioci bolesti poput malarije, upotreba hlornih sredstava za kontrolu larvi komaraca je deo strategije za suzbijanje širenja bolesti. Pored malarije, hlor se pokazao kao izuzetan i kod kuge, kolere i suzbijanju infekcija izazvanih parazitima *Giardia intestinalis* i *Cryptosporidium* (The Chlorine Institute, 2008).

4.4.1. Hlor i malarija

Malarija, ozbiljna zarazna bolest koju uzrokuju paraziti roda *Plasmodium*, predstavlja globalni javnozdravstveni izazov. Ova bolest se prenosi ubodom zaraženog komarca i karakteriše periodičnim napadima groznice (CEFIC, 2016).

U kontekstu borbe protiv malarije, dezinfekcija vode hlorom značajno doprinosi smanjenju broja komaraca koji prenose parazite, ograničavajući njihovu reprodukciju u stajaćim vodama, što je ključno stanište za larve komaraca. Pored toga, impregnacija mreža hlorom, poznatih kao insekticidno impregnirane mreže (IIM), široko se primenjuje u regionima pogođenim malarijom. Ove mreže, koje su često impregnirane hlorom ili drugim insekticidima, pružaju zaštitu od uboda zaraženih komaraca tokom noći, prilikom sna (Kirk et al., 1994).

U lečenju malarije, *hlorokvin*, antimalarijski lek koji sadrži hlor je tradicionalno korišćen, kao i druge verzije lekova na bazi hlora, poput *hinina*, *proguanila*, *primakina* i drugih (Matsuoka & Ogata, 2013).

4.4.2. Hlor i kuga

Hlor ima važnu ulogu u suzbijanju širenja kuge, bolesti koja se prenosi putem buva zaraženih bakterijom *Yersinia pestis* (Bucko & Geiger, 2016). Shodno tome, hlor se koristi na različite načine kako bi se kontrolisala infekcija i sprečilo dalje širenje bolesti, uključujući dezinfekciju prostora, uključujući javne površine, bolnice i druge ustanove. Ovaj proces ima za cilj uništavanje bakterija *Yersinia pestis*, čime se smanjuje rizik od prenosa bolesti među ljudima. Karakteristika takozvane Crne smrti, je i ta da se ona najčešće prenosi sa ljubimca (životinja) na čoveka. Naučno je dokazano da čak preko 200 vrsta živih bića može biti njen nosilac (Bucko & Geiger, 2016).

Takođe, održavanje čistih izvora vode, kroz hlorisanje vode za piće, ima ključnu ulogu u sprečavanju širenja kuge, posebno u zajednicama gde je voda potencijalni izvor zaraze.

4.4.3. Hlor i *Giardia intestinalis*

Giardia intestinalis, poznata i kao *Giardia lamblia*, je parazitska protozoa koja često izaziva gastrointestinalne infekcije kod ljudi. Ovaj jednoćelijski organizam ima dva oblika: ciste i trofozoite (Boutrid et al., 2018).

Infekcija se često prenosi fekalno-oralnim putem, što znači da ljudi postaju zaraženi unošenjem cista (otpornih oblika) putem kontaminirane hrane, vode ili direktnim kontaktom s zaraženim osobama ili životinjama. Ova infekcija

posebno je česta u područjima s niskim sanitarnim standardima (Reses et al., 2018). Simptomi uključuju dijareju, bolove u stomaku, nadutost i gubitak telesne mase. Kod nekih ljudi, infekcija može postati hronična i izazvati dugotrajne probleme (Boutrid et al., 2018).

Dijagnoza parazitske bolesti postavlja se analizom stolice kako bi se identifikovale ciste ili aktivni oblik parazita. Laboratorijski testovi pomažu u potvrđivanju prisustva *Giardia intestinalis* (Boutrid et al., 2018). Lečenje često uključuje upotrebu antiparazitskih lekova poput *metronidazola* ili *tinidazola* (Boutrid et al., 2018). Pravilno sprovedena terapija ključna je za uspešno suzbijanje infekcije. Prevencija ove bolesti podrazumeva održavanje dobrih higijenskih praksi, posebno u situacijama gde postoji veći rizik od kontaminacije, kao što su putovanja u područja s niskom higijenskom infrastrukturom (npr. siromašni delovi Afrike).

4.4.4. Hlor i *Cryptosporidium*

Cryptosporidium, mikroskopski parazit koji izaziva bolest poznatu kao kriptosporidioza, predstavlja ozbiljan javnozdravstveni izazov (Gerace et al., 2019). *Cryptosporidium* je protozoon parazit koji može izazvati gastrointestinalne infekcije kod ljudi i životinja. Ovaj parazit ima izuzetno otporne ciste koje preživljavaju u vodi i okolini, što ih čini izazovnim za eliminaciju (Gerace et al., 2019).

Infekcija *Cryptosporidiumom* najčešće se prenosi unošenjem zagađene vode, hrane ili direktnim kontaktom sa zaraženim osobama ili životinjama. Ciste ulaze u organizam putem usta, gde se oslobađaju i inficiraju epitelne ćelije tankog creva. Posebno je opasna kod osoba sa smanjen imunološkim sistemom, kao što su pacijenti sa HIV-om ili drugim imunodeficijntnim stanjima (Ahmadpour et al., 2020).

Hlor, kao snažan dezinficijens, koristi se za inaktivaciju *Cryptosporidiuma* u tretmanima vode. Međutim, iako hlor može biti efikasan u uništavanju mnogih patogena, ciste *Cryptosporidiuma* pokazuju izuzetnu otpornost. Stoga, kombinacija različitih metoda tretmana, kao što su filtracija i UV zračenje, često se primenjuje kako bi se poboljšala efikasnost eliminacije *Cryptosporidiuma* iz vode (Ahmadpour et al., 2020).

Upotreba hlora u vanrednim situacijama nije samo sredstvo hitnog odgovora, već i ključna komponenta strategija zaštite javnog zdravlja. Njegova svestrana primena od dezinfekcije vode, pa sve do kontrolisanja vektora doprinosi očuvanju zdravlja i sigurnosti u situacijama kada su resursi ograničeni.

4.5. Psihološki aspekti upotrebe hlora tokom pandemije korona virusa

Tokom pandemije koronavirusa, upotreba dezinfekcionih sredstava, uključujući etanol, alkoholna sredstva, pa i hlor, postala je svakodnevna praksa širom sveta kao deo mera zaštite od širenja virusa. Međutim, novi nivo higijene doneo je sa sobom i specifične psihološke izazove koji su uticali na individualno ponašanje i mentalno zdravlje kako pojedinaca, tako i grupacija ljudi (npr. ljudi koji žive u jednom domaćinstvu).

Jedan od ključnih aspekata jeste anksioznost koja je nastala usled straha od infekcije (Zhang et al., 2023). Dezinfekcija površina postala je ritual koji mnogi sprovode više puta dnevno, a briga da li je dovoljno dobro urađeno i dezinfikovano izaziva stalnu napetost i zabrinutost. Osim toga, naglašena je i oprezna upotreba dezinfekcionih sredstava na bazi hlora kako bi se izbegla prekomerna izloženost i potencijalne zdravstvene komplikacije. Neki ljudi su se našli u slučaju prekomerne upotrebe dezinfekcionih sredstava, uključujući i hlor, zbog čega su razvili stanje „higijenske paranoje“ (Litman et al., 2023). Strah od infekcije postao je prenaplašen, što je rezultovalo konstantnim čišćenjem, dezinfekcijom ruku i površina, pranjem odeće, ne unošenjem odeće i obuće u domaćinstvo, već ostavljanje ispred. Preterana upotreba dezinfekcijskih sredstava dovela je do iritacije kože, disajnih problema ili čak hemijskih opekotina, kada se koristio izbeljivač za ubijanje čestica virusa (Zhang et al., 2023).

Pored toga, postojala je i stigma oko upotrebe dezinfekcionih sredstava. Pojedinci ili zajednice koje su izraženo koristile hlor ili druge hemikalije mogli su biti suočeni sa negativnim stavovima ili čak osudama, što je dodatno doprinelo psihološkom opterećenju (Zhang et al., 2023).

Prema sprovedenom istraživanju, departmana za psihologiju, zdravlje, kliničku psihologiju, softversko inženjerstvo, iz različitih krajeva sveta, prikazano je da je COVID-19 imao ozbiljan uticaj na psihološko stanje ljudi (Litman et al., 2023). Neki ispitanici su koristili hlor oralno u pokušaju

dezinfekcije. Analiza je pokazala različite načine upotrebe dezinfekcionih sredstava među ispitanicima: 19% ih je pralo prehrambene proizvode izbeljivačem, 18% je koristilo sredstva za čišćenje ili dezinfekciju na koži, 10% je prskalo telo sredstvom za čišćenje ili alkoholnim sprejom, dok je 6% udisalo isparenja sredstava za čišćenje poput izbeljivača. Opasnije prakse su uključivale pijenje ili grgljanje proizvoda za čišćenje (4%), pijenje ili grgljanje vode sa sapunom (4%) i ispijanje ili grgljanje razblaženog izbeljivača (4%) kako bi se pokušala sprečiti infekcija COVID-19 (Litman et al., 2023).

Važno je istaći da je u ovoj situaciji balansiranje između zaštite od virusa i očuvanja mentalnog zdravlja bilo od ključne važnosti. Edukacija o pravilnoj upotrebi dezinfekcionih sredstava, podsticanje samosvesti o rizicima i prednostima, kao i pružanje podrške za očuvanje mentalnog blagostanja, stavljeni su u prvi plan u borbi protiv pandemijskih psiholoških izazova.

5. PERZISTENTNI ORGANSKI ZAGAĐIVAČI (POPs)

Perzistentni organski polutanti (POP-s) su grupa hemijskih supstanci koje se karakterišu dugotrajnim prisustvom u životnoj sredini, sposobnošću da se akumuliraju u organizmima i potencijalom da uzrokuju štetu po zdravlje i ekosisteme i ono što je karakteristično za celu grupu svi sadrže hlór. Ovi zagađivači uključuju pesticide, industrijske hemikalije i druge supstance koje se teško razgrađuju prirodno (Jurgens et al., 2016).

5.1. Vrste POP-sova

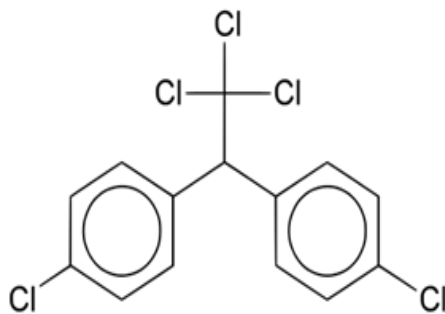
Najpoznatiji POP-sovi su dihlór-difenil-trihlóretan (DDT), polihlórovani bifenili (PCB), dioksini i furani (Sonnenberg, 2015). Oni su često povezani sa štetnim efektima na zdravlje ljudi i životinja, kao i sa dugotrajnim ekološkim problemima. Mnoge zemlje preduzimaju napore da kontrolišu upotrebu i širenje ovih zagađivača radi zaštite životne sredine i zdravlja ljudi.

5.1.1. Dihlor-difenil-trihlorethan (DDT)

Dihlor-difenil-trihlorethan (DDT) je hemijski spoj koji je obeležio drugu polovinu 20. veka svojom kontroverznom upotrebom i uticajem na životnu sredinu i ljudsko zdravlje (Jurgens et al., 2016).

Dihlor-difenil-trihlorethan (DDT) je jedan od najpoznatijih perzistentnih organskih zagađivača, a prvi put je sintetisan 1874. godine (Slika 1). Njegova prava upotreba nije shvaćena sve do 1939. godine kada ga je švajcarski hemičar Paul Miler² prepoznao kao izuzetno efikasan insekticid (Sonnenberg, 2015). Otkriće DDT-a došlo je u pravom trenutku, jer je svet patio od širenja bolesti i masovnih epidemija (poput malarije koje su prenosili insekti, a o kojoj je bilo reći). DDT je postao poznat kao moćan insekticid i pesticid, široko korišćen tokom sredine 20. veka (Jurgens et al., 2016).

² Paul Herman Miler (nem. *Paul Hermann Müller*; Olten, 12. januar 1899 - Bazel, 12. oktobar 1965.) je bio švajcarski biohemičar, koji se bavio istraživanjem zaštite biljaka. Godine 1939. je otkrio insekticidno delovanje DDT-a. Dobitnik je Nobelove nagrade za medicinu 1948. godine (Sonnenberg, 2015).



Slika 1. Hemijska struktura Dihloro-difenil-trihloretena (DDT)

Izvor: Wells & Liewellyn, 2006

Kada govorimo o efikasnosti i ekološkim efektima poznato je da je DDT bio izuzetno efikasan u suzbijanju komaraca i drugih insekata koji prenose bolesti poput malarije (Wells & Liewellyn, 2006). Njegova upotreba doprinela je značajnom smanjenju broja slučajeva malarije u mnogim delovima sveta.

No, iako je DDT bio koristan u kontroli insekata, imao je ozbiljne ekološke posledice. DDT se sporo razgrađuje u životnoj sredini i može se nastaniti u biljkama, životinjama i ljudima. To je dovelo do trovanja ptica, uključujući orlove i sokolove (Jurgens et al., 2016).

On je takođe jedan od CFC-ova (hlorofluorouglenika), koji su doprinosili oštećenju ozonskog omotača. Razgradnja ozona zbog DDT-a i drugih CFCova dovela je do stvaranja ozonskih rupa, posebno na Antarktiku, što je povećalo nivo UV zračenja na površini Zemlje (Jurgens et al., 2016).

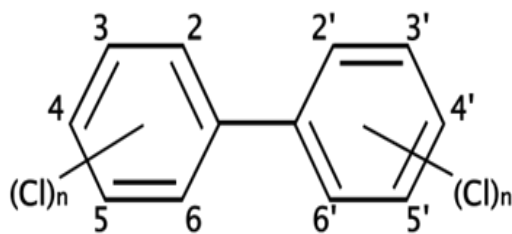
Zbog svojih ozonskih efekata, DDT je povučen iz upotrebe u mnogim zemljama. Uključen je u Montrealski protokol, međunarodni sporazum koji je usvojen kako bi se regulisala proizvodnja i upotreba supstanci koje oštećuju ozonski omotač. Ovaj sporazum postavlja ciljeve za postepeno izbacivanje DDT-a i drugih sličnih supstanci (Spasojević, 2019).

Iako je mnogo zemalja prestalo da koristi DDT u poljoprivredi i zdravstvu, on još uvek može ostati prisutan u životnoj sredini godinama nakon prestanka upotrebe, zbog njegove izdržljivosti (Spasojević, 2019).

Danas, DDT ostaje nerazjašnjena supstanca. Iako je njegova upotreba u poljoprivredi i zdravstvu zabranjena u mnogim zemljama, ostaju dileme o njegovoj primeni u regionima gde je malarija i dalje ozbiljan problem. Neki zagovornici tvrde da je DDT i dalje neophodan za kontrolu bolesti, dok drugi upozoravaju na rizike po okolinu i zdravlje (Jurgens et al., 2016).

5.1.2. Polihlorovani bifenili (PCB)

Polihlorovani bifenili (PCB) su grupa organskih jedinjenja koja je obeležila 20. vek svojom širokom primenom u industriji i ozbiljnim ekološkim posledicama. Spada u grupu industrijskih POP-sova (Slika 2). PCB je prvi put sintetisan 1881. godine, ali nije privukao mnogo pažnje sve do sredine 20. veka. Tada su otkriveni različiti korisni aspekti ovih jedinjenja, uključujući njihovu upotrebu kao izolacionih materijala u elektroindustriji i kao sredstvo za poboljšanje stabilnosti ulja u transformatorima (Faroon & Ruiz, 2015).



Slika 2. Hemijska struktura polihlorovanih-bifenila

Izvor: Faroon & Ruiz, 2015

Postali su popularni zbog svojih izolacionih svojstava i otpornosti na toplotu, pa su se koristili u mnogim industrijama. Njihova upotreba obuhvatala je električne uređaje, ulja za transformatore, boje i mnoge druge proizvode (Faroon & Ruiz, 2015).

Nakon nekoliko decenija upotrebe, počeli su da se otkrivaju ozbiljni ekološki efekti PCB-a. Ove hemikalije se sporije razgrađuju u prirodi i mogu se akumulirati u vodi, zemlji i organizmima. To je dovelo do trovanja ptica, riba i sisavaca (kao što je slučaj i sa DDT-om), a posebno je uticalo na osetljive vodene ekosisteme (Faroon & Ruiz, 2015).

Svest o ekološkim posledicama dovela je do zabrane ili ograničenja njihove upotrebe u mnogim zemljama. U Sjedinjenim Američkim Državama, na primer, PCB je zabranjen 1979. godine, a slične akcije preduzete su širom sveta (Faroon & Ruiz, 2015). Ovo je označilo početak opsežnih napora za čišćenje i uklanjanje PCB-a iz životne sredine.

Jedan od izazova u vezi s ovim zagađivačem je njegovo dugotrajno dejstvo. Iako je njihova proizvodnja i upotreba zabranjena, PCB-ovi ostaju prisutni u životnoj sredini decenijama nakon prestanka upotrebe. To čini ovo jedinjenje posebno izazovnim za suočavanje s njegovim ekološkim uticajem (Faroon & Ruiz, 2015).

Istraživanje PCB-a i njegovih efekata na životnu sredinu i zdravlje ljudi i dalje je važno. Studije su otkrile da PCB-ovi mogu biti povezani sa zdravstvenim problemima poput raka i poremećaja hormonskog sistema (Faroon & Ruiz, 2015). Osim toga, napor za uklanjanje preostalih PCB-a iz životne sredine i dalje su u toku.

Zabrana istog kog jedinjenja dovela je do potrebe za pronalaženjem alternativa koje će zadovoljiti iste potrebe u industriji. Ovaj proces nije uvek lak, jer je teško pronaći zamene koje su jednako efikasne i bezbedne za životnu sredinu. Ovo je postalo posebno izazovno u oblasti elektroindustrije, gde se traže alternativni izolacioni materijali (Faroon & Ruiz, 2015). Kao i mnogi drugi ekološki problemi, problem PCB-a je globalni. PCB-ovi se ne zaustavljaju na granicama zemalja, često se prenose vetrovima i vodama iz jednog regiona u drugi. Ovo zahteva međunarodnu saradnju u praćenju, regulisanju i čišćenju ovih zagađivača (Faroon & Ruiz, 2015).

Iako je mnogo toga već postignuto u razumevanju i suočavanju s problemom PCB-a, istraživanje i obrazovanje o ovom zagađivaču ostaju od suštinskog značaja. Informisanje javnosti i podizanje svesti o potencijalnim opasnostima PCB-a mogu doprineti održavanju odgovornosti i pritisku na regulatorne i industrijske promene.

Pitanje PCB-a takođe ima društvenu dimenziju, jer su određene zajednice, često marginalizovane i siromašne, izložene većem riziku od kontaminacije ovim zagađivačima (Faroon & Ruiz, 2015). Ova neravnoteža u izloženosti PCB-ima ističe važnost pravde i jednakosti u upravljanju ekološkim izazovima.

Mnoge kompanije koje su koristile PCB-e suočile su se sa pravnim ispitima da li je to što one čine ili bolje rečeno, što su činile, društveno prihvatljivo, ispravno i da li je u okviru zakona? Kao odgovor na dato pitanje daju nam podnete tužbe protiv kompanija usled štetnih efekata ovih supstanci. Jedna od mnogih kompanija koja se našla na meti je kompanija Monsanto. Nakon što su prepoznati rizici, mnoge zemlje su zabranile proizvodnju i upotrebu PCB-a. Monsanto i drugi proizvođači bili su predmet pravnih postupaka i odgovornosti zbog kontaminacije životne sredine i izlaganja ljudi ovim opasnim hemikalijama (Tewari, 2023).

Monsanto je bila multinacionalna kompanija u poljoprivredi i biotehnologiji. Njihova glavna delatnost bila je proizvodnja herbicida, posebno glifosatnog herbicida, i razvoj genetski modifikovanih organizama (GMO), posebno useva otpornih na herbicide. Monsanto je prestao proizvoditi PCB sredinom 1970-ih, ali posledice njihove ranije proizvodnje i upotrebe ostaju kao izazov u mnogim

delovima sveta gde su PCB-i ostavili ekološke i zdravstvene tragove. Kompanija je bila centralna figura u kontroverzama koje su se ticale upotrebe herbicida, naročito glifosata, i uticaja GMO na okolinu, zdravlje ljudi i poljoprivrednu praksu (Tewari, 2023).

Važno je napomenuti da je Bayer AG, nemački hemijski i farmaceutski gigant, 2018. godine preuzeo Monsanto, a Monsanto kao samostalna kompanija prestala je postojati. Ipak, mnoge od kontroverzi i pitanja o poljoprivrednim praksama i biotehnologiji i dalje postoje u različitim delovima sveta.

Monsanto je bio suočen s brojnim tužbama tokom godina, a mnoge od njih su se odnosile na pitanja vezana za glifosat, aktivni sastojak u njihovom herbicidu Roundup. Tužitelji su tvrdili da je izloženost glifosatu povezana s različitim zdravstvenim problemima, uključujući kancer (Tewari, 2023). Jedan od ključnih slučajeva bio je slučaj Dewayne Johnson protiv Monsanto, gde je oštećeni koji je tužio kompaniju tvrdio da je dugotrajna izloženost glifosatu izazvala njegovu dijagnozu terminalnog karcinoma. Porota u tom slučaju 2018. godine presudila je u korist Johnsona, dodelivši mu značajnu odštetu. Ova presuda bila je od velikog značaja jer je postavila pitanja o bezbednosti glifosata i uticala na druge tužbe protiv Monsanto (Superior Court of the State of California, 2018). Ovo je dovelo do zakonodavnih promena i veće odgovornosti industrije za kontaminaciju i čišćenje. S obzirom na međunarodni karakter problema PCB-a, globalna saradnja je ključna u suočavanju sa ovim izazovom. Nastojanja međunarodnih organizacija i zemalja za regulacijom i uklanjanjem PCB-a iz životne sredine predstavljaju primer uspešne globalne saradnje u zaštiti planete. Njihova dugoročna kontaminacija, uticaj na ekosisteme i zdravlje ljudi, društvena pravda i odgovornost industrije čine ovu temu izazovnom i kompleksnom. Razvoj preciznih analitičkih metoda omogućava bolje praćenje nivoa kontaminacije i identifikaciju izvora zagađenja. Takođe su razvijene tehnike za remedijaciju zemljišta i voda zagađenih PCB-ima, uključujući bioremedijaciju i fizičke metode kao što su isparavanje i izdvajanje (Faroon & Ruiz, 2015).

5.1.3. Dioksin

Dioksin je hemijski spoj koji je postao sinonim za opasnost po zdravlje ljudi i ekosisteme. Prvi put je sintetisan 1872. godine (Knežević i sar., 2011), ali

njegova široka upotreba i toksični potencijal nisu bili prepoznati sve do kasnijeg perioda. Tek 2,3,7,8-tetraklor-dibenzo-p-dioksin (TCDD), najtoksičniji oblik dioksina, postao je poznat širom sveta (Knežević i sar., 2011).

Od ukupno 210 mogućih dioksinских kongenera, 75 pripada grupi dibenzo-p-dioksina (PCDD), dok 135 spada u grupu polihloriranih dibenzofurana (PCDF) (Knežević i sar., 2011).

Izloženost dioksinu može imati ozbiljne posledice po zdravlje ljudi. Dokazi ukazuju na vezu između dioksina i različitih zdravstvenih problema, uključujući rizik od kancera, imunoloških poremećaja, hormonalnih promena i poremećaja u razvoju fetusa i dece (WHO, 2019).

Dioksin se često stvara kao nusprodukt u industrijskim procesima koji uključuju sagorevanje i spaljivanje, hemijske reakcije i prerađivanje. Termičkim procesima kao što su sagorevanje otpada, fabrike i postrojenja za proizvodnju električne energije mogu oslobađati dioksin u atmosferu. Hemikalije kao što su herbicidi, pesticidi i izbeljivači sadrže dioksin kao kontaminantu (Calkosinski et al., 2014).

Dioksin ima ogroman uticaj na ekosisteme i živi svet. Pored ptica grabljivica, riba i sisavaca, koji su često izloženi dioksinima i svim ostalim perzistentnim organskim zagađivačima (POP-sovima), što može dovesti do ozbiljnih ekoloških poremećaja, ovim zagađivačima su u velikoj meri izloženi i ljudi. Izloženost se ogleda kroz kasnije zdravstvene probleme, uključujući smanjenje plodnosti i deformacije (WHO, 2019).

Dioksin je toksična hemikalija koja može imati ozbiljan uticaj na trudnice i fetus. Trudnice mogu biti izložene dioksinu putem različitih izvora, uključujući ishranu, atmosfersku zagađenost, kao i profesionalnu izloženost u određenim industrijama. Dioksin se može akumulirati u organizmu i prenositi na fetus kroz placentu (Long et al., 2022).

Studije su pokazale da izloženost dioksinu tokom trudnoće može dovesti do različitih razvojnih problema kod fetusa (Calkosinski et al., 2014; Long et al., 2022; WHO, 2019). To uključuje povećani rizik od rađanja deteta sa nedovoljnom telesnom težinom, prevremenog porođaja i kongenitalnih anomalija (Long et al., 2022). Dioksin može uticati na imunološki sistem fetusa, čineći ga manje otpornim na infekcije i bolesti. To može povećati rizik od komplikacija tokom trudnoće i nakon porođaja (WHO, 2019).

Iako su neposredni efekti izloženosti dioksinu tokom trudnoće dobro dokumentovani, postoje zabrinutosti i u vezi sa mogućim dugoročnim uticajem na zdravlje fetusa. Neki istraživači smatraju da izloženost dioksinu

tokom trudnoće može povećati rizik od razvoja hroničnih oboljenja u kasnijem životu, kao što su bolesti srca, dijabetes i kancer (Pesatori et al., 1998).

Izloženost tokom trudnoće takođe može dovesti do neuroloških problema kod novorođenčadi. Studije su povezale prenatalnu izloženost dioksinu s nižim rezultatima testova na razvoj motoričkih sposobnosti i kognitivnih funkcija kod dece (WHO, 2019). Dioksin može poremetiti hormonski balans u organizmu fetusa. Ovo dovodi do različitih problema u razvoju i funkciji endokrinog sistema, što može uticati na rast i razvoj fetusa (Pesatori et al., 1998).

Trudnice koje su izložene potencijalnim izvorima trebale bi redovno pratiti zdravstveno stanje i obavljati preglede tokom trudnoće. Ovo može pomoći u ranom prepoznavanju mogućih problema i pravovremenoj intervenciji. Kako bi se smanjila izloženost dioksinu u toku planiranja i nakon začeća, trudnicatreba da smanji konzumaciju namirnica koje sadrže visoke nivoe dioksina, kao i zaštitu ukoliko se bavi nekim od poslova gde je izloženost česta (WHO, 2019).

Pored negativnog uticaja dioksina na trudnoću i razvoj fetusa, kroz istoriju je zabeležen enorman broj posledica izazvanih ovim hemijskim nusproduktom. Na primer, incident u Sevesu, Italija, 10. jula 1976. godine, predstavlja jedan od najozloglašnijih slučajeva zagađenja dioksinima i njihovih ozbiljnih posledica poljudsko zdravlje i životnu sredinu. Incident se dogodio u hemijskom postrojenju *ICMESA*, koje je proizvodilo hemikalije, uključujući herbicide (Eskenazi et al., 2019).

Na dan incidenta, došlo je do ozbiljnog tehničkog problema u postrojenju koje je rezultiralo nekontrolisanim oslobađanjem 2,3,7,8-tetrahlor-dibenzo-pdioksina (TCDD), najtoksičnijeg oblika dioksina, u atmosferu. Veličina ovog ispuštanja bila je enormna, stvarajući toksični oblak koji se širio nad Sevesom i okolinom (Eskenazi et al., 2019).

Incident u Sevesu je izazvao veliku zabrinutost i pažnju širom sveta. To je postalo presedan za svest o opasnostima dioksina i potrebi za regulacijom i kontrolom ovih zagađivača.

Zbog ozbiljnih rizika po zdravlje ljudi, lokalne vlasti su naredile masovnu evakuaciju stanovništva u okolini postrojenja. Međutim, mnogi stanovnici su već bili izloženi toksičnom oblaku. Toksični dioksin se takođe taložio na zemljištu, zagađujući vodu i okolinu. Ovo je imalo ozbiljne posledice po lokalnu ekonomiju, poljoprivredu i ekosisteme. Stanovnici Sevesa i okoline suočili su se s ozbiljnim zdravstvenim posledicama nakon izloženosti

dioksinima (Eskenazi et al., 2019). Simptomi uključuju kožne bolesti, poremećaje respiratornog sistema, hormonalne promene i rizik od kancera. Neki od tih efekata ostali su prisutni decenijama nakon incidenta (Pesatori et al., 1998).

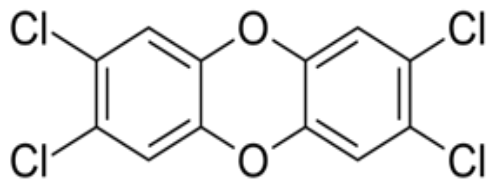
Incident u Sevesu privukao je pažnju širom sveta i podstakao međunarodnu reakciju i solidarnost. Mnoge zemlje i organizacije pružile su pomoć i podršku Italiji u suočavanju s krizom.

Decenijama nakon nesreće, dugotrajni uticaji na ekosisteme i zdravlje ljudi i dalje su prisutni. Ovo podseća na ozbiljnost problema zagađenja dioksinima i potrebu za dugoročnim nadzorom i rešavanjem problema. Implementirane su strože bezbednosne mere u postrojenjima koja rukuju opasnim hemikalijama. Nastavlja se praćenje i ocena rizika u sličnim industrijama kako bi se sprečili slični incidenti (Eskenazi et al., 2019).

Nakon svega navedenog možemo zaključiti da je dioksin skrivena opasnost koja ostaje relevantna i ozbiljna tema u oblasti zaštite životne sredine i zdravlja ljudi. Njegova istorija, izvori, ekološki i zdravstveni efekti i regulacije ističu važnost odgovornog korišćenja hemikalija i pažljivog praćenja njihovih ekoloških i zdravstvenih posledica.

5.1.4. 2,3,7,8-Tetrahlor-dibenzo-p-dioksin (TCDD)

TCDD, ili 2,3,7,8-tetrahlor-dibenzo-p-dioksin, predstavlja najtoksičniji oblik dioksina i jedan od najopasnijih hemijskih zagađivača koji utiče na životnu sredinu i zdravlje ljudi (Slika 3). TCDD je organsko jedinjenje koje pripada grupi polihlorovanih dibenzo-p-dioksina (PCDDs). Njegova hemijska struktura sastoji se od četiri hlorovana atoma vezana za aromatični prsten dioksina. TCDD je najtoksičniji među PCDD-ima, što znači da iako postoji nekoliko varijacija dioksina, TCDD je najopasniji (Hites, 2011).



Slika 3. Hemijska struktura 2,3,7,8-tetrahlor-dibenzo-p-dioksin

Izvor: Erdemli et al., 2020.

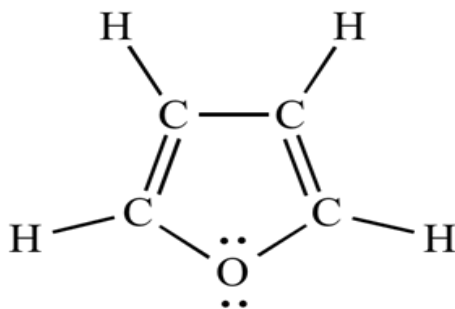
Iako je TCDD postojao kao hemijski spoj pre nego što je postao poznat, postao je široko prepoznat tek tokom 20. veka. (Hites, 2011)

TCDD je poznat po svojoj ekstremno visokoj toksičnosti. Čak i male količine ovog jedinjenja mogu imati ozbiljne posledice po zdravlje ljudi i životnu sredinu. On utiče na različite organe i sisteme, uključujući imunološki, endokrini i nervni sistem. Takođe se dovodi u vezu s različitim tipovima kancera (Hites, 2011).

Razvoj alternativnih mera za upravljanje TCDD-om ključan je u smanjenju izloženosti ovom opasnom zagađivaču. To uključuje istraživanje i implementaciju sigurnih alternativa za hemikalije i procese koji trenutno dovode do stvaranja TCDD-a. Problem TCDD-a ne poznaje granice, pa globalna saradnja i razmena informacija ključni su za zaštitu svih. Međunarodne organizacije, kao što su Ujedinjeni narodi i Svetska zdravstvena organizacija, igraju ključnu ulogu u promociji globalne saradnje u borbi protiv TCDD-a (Hites, 2011).

5.1.5. Furani

Furani su organska jedinjenja koji pripadaju grupi aromatičnih heterocikličnih jedinjenja. Furani imaju karakterističnu petočlanu prstenastu strukturu s jednim atomom kiseonika u prstenu (Slika 4). Ova hemijska struktura ih čini aromatičnim jedinjenjima i daje im određene reaktivne osobine (Cheim et al., 2012).



Slika 4. Hemijska struktura furana
Izvor: Cheim et al., 2012.

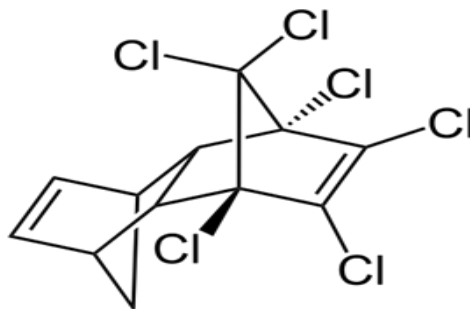
Furani imaju raznolike primene u različitim industrijama. Njihova hemijska svojstva čine ih korisnim za sintezu različitih proizvoda, uključujući hemijske reaktante, polimere, agrohemijske proizvode i farmaceutske supstance. Takođe se koriste kao rastvarači i za izradu materijala poput smola i plastike (De et al., 2015).

Iako furani imaju koristi u mnogim industrijama, postoji zabrinutost zbog njihove toksičnosti. Neke varijacije furana, kao što je 2,3,7,8-tetrahlordibenzofuran (TCDF), mogu biti veoma otrovne (Cheim et al., 2012). Izloženost određenim furanima može dovesti do ozbiljnih zdravstvenih problema, uključujući poremećaje jetre i nervnog sistema (De et al., 2015).

Furani igraju ključnu ulogu u farmaceutskoj industriji. Njihova sposobnost da se koriste kao reaktori u sintezi različitih farmaceutskih jedinjenja čini ih važnim sastojcima za proizvodnju lekova. Na primer, furani se često koriste u sintezi antibiotika, antidepresiva i drugih lekova (De et al., 2015). Njihova uloga u razvoju medicinskih tretmana dodatno ističe njihovu važnost. Tehnološki razvoj ima za cilj smanjenje toksičnosti furana i razvoj alternativnih hemikalija koje imaju manji uticaj na životnu sredinu i zdravlje. Ovo uključuje istraživanje novih metoda sinteze i proizvodnje koje će smanjiti emisiju furana i drugih toksičnih jedinjenja u okolinu (De et al., 2015). Da bi se smanjila izloženost furanima i zaštitilo zdravlje ljudi i životne sredine, sprovedena su ograničenja upotrebe određenih furana u industriji, kao i praćenje nivoa furana u okolini i hrani. Njihova toksičnost izaziva zabrinutost u vezi sa potencijalnim rizicima po zdravlje ljudi i životnu sredinu (De et al., 2015). Cilj je koristiti furane na način koji će minimalizovati njihov uticaj i osigurati bezbednu upotrebu.

5.1.6. Aldrin

Aldrin je hlorovani ugljenovodonik (Slika 5) koji je tokom prošlog veka široko korišćen kao insekticid u poljoprivredi, pre svega za zaštitu krompira i kukuruza. On je sintetički proizvod, odnosno napravljen je u laboratoriji (Jovančičević, 2018). Međutim, sa vremenom su se javili ozbiljni ekološki i zdravstveni problemi povezani sa ovim jedinjenjem.



Slika 5. Hemijska struktura aldrina

Izvor: Amutova, 2022.

Aldrin je poznat po svojoj persistenciji u životnoj sredini, zadržavajući se u zemlji i vodi tokom dugog perioda, kao i svaki perzistentni organski zagađivač. Takođe, sposoban je za bioakumulaciju, što znači da se može nagomilavati u tkivima biljaka, životinja i ljudi. Ova karakteristika je izvor zabrinutosti jer može dovesti do širenja toksičnosti kroz lanac ishrane (Jovančičević, 2018).

U ekološkom smislu, upotreba aldrina dovela je do zagađenja zemljišta i vode, sa potencijalnim ozbiljnim posledicama po biljni i životinjski svet. Aldrin se može transformisati u dieldrin³, srodnu i takođe toksičnu supstancu, dodatno komplikujući problematiku ovih hemikalija (Amutova, 2022). Zabrane i regulacije aldrina postale su neophodne u mnogim zemljama kako bi se smanjio njegov uticaj na životnu sredinu i ljudsko zdravlje. Međunarodne inicijative, uključujući Stokholmsku konvenciju o persistentnim organskim zagađivačima, postavile su okvire za kontrolu i smanjenje upotrebe ovakvih supstanci na globalnom nivou (Jovančičević, 2018).

Transformacija aldrina u dieldrin dodatno komplikuje ovu sliku, jer oba jedinjenja imaju svojstva koja mogu izazvati ozbiljne poremećaje u ekosistemima. Uz ekološke aspekte, zdravstveni rizici su postali ključna tačka rasprave. Radnici u poljoprivredi i zajednice koje žive u blizini tretiranih područja često su bili izloženi ovim supstancama, što je izazvalo opravdanu zabrinutost (Amutova, 2022).

Danas, suočeni s nasleđem aldrina, poljoprivredni sektor prolazi kroz transformaciju. Savremeni pristupi poljoprivredi usmeravaju se ka održivijim i ekološki prihvatljivijim praksama. Alternativne metode zaštite postaju sve popularnije, nudeći ekološki prihvatljivije načine obnavljanja zemljišta kontaminiranog ovim pesticidom. Regulacije i zabrane, iako nužne, suočavaju se s izazovom smanjenja uticaja već zagađenih područja. Ovo postavlja pitanje potrebe za dodatnim naporima u oblasti ekološke obnove i revitalizacije zemljišta.

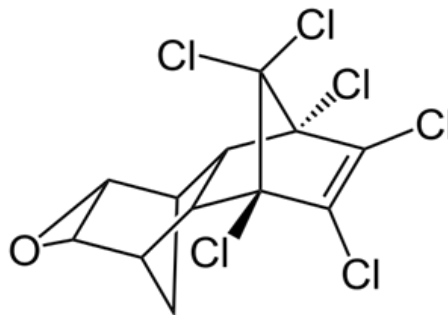
Suočeni sa izazovima koji proizilaze iz upotrebe aldrina, globalna zajednica se okreće inovativnim rešenjima i održivim praksama. Težnja ka zemljištu oslobođenom od pesticida i voda bez tragova štetnih hemikalija postaje cilj ka kojem se usmerava poljoprivreda (Amutova, 2022).

³ Više o dieldrinu u nastavku teksta.

5.1.7. Dieldrin

Dieldrin, hlorovani ugljenovodonik i član grupacije hlorovanih insekticida, predstavlja supstancu čija je priča prožeta izazovima u oblasti poljoprivrede i ekologije. Nekada široko korišćen zbog svoje efikasnosti u suzbijanju insekata na usevima, danas je dieldrin predmet pažnje i regulatornih mera zbog svoje persistentnosti u životnoj sredini i potencijalnih rizika po zdravlje ljudi i ekosistem (Amutova, 2022). Dieldrin je deo grupacije poznate kao ciklopentadienili (Slika 6), a strukturno je srodan sa aldrinom, još jednim insekticidom koji je bio u širokoj upotrebi.

Izuzetno popularan u periodu nakon Drugog svetskog rata (Honeycutt & Shirley, 2014), kada su hemikalije koje se koriste u poljoprivredi doživele nagli porast u upotrebi. Dieldrin se, baš kao i aldrin, često primenjivao na usevima kao što su kukuruz, pamuk i povrće, kako bi se suzbili različiti štetni insekti.



Slika 6. Hemijska struktura dieldrina

Izvor: Amutova, 2022.

Jedna od karakteristika koje su postale izazovne jeste dieldrinova visoka persistencija u životnoj sredini. Ovo znači da se dieldrin sporije razgrađuje u odnosu na mnoge druge hemikalije, čime produžava vreme koje ostaje aktivan u zemljištu, vodi i tkivima biljaka (Almutova, 2022).

Ekološki uticaji dieldrina su mnogobrojni. Prvo, on može značajno uticati na zemljište, čime se remeti njegova biološka ravnoteža i mikroorganizmi odgovorni za razgradnju. Takođe, dieldrin se može preneti u vode, stvarajući rizik od zagađenja vodenih sistema. Ova hemikalija ima sposobnost bioakumulacije, što znači da može nagomilavati u tkivima organizama tokom vremena, čime se povećava rizik od prenosa toksičnosti kroz lanac ishrane (MDH, 2016).

Studije su ukazale na moguću povezanost između izloženosti dieldrinu i određenih zdravstvenih problema, uključujući neurološke i reproduktivne efekte, i povećan rizik od određenih bolesti (EPA, 2003)

Kroz upotrebu mikroorganizama i biljaka koje imaju sposobnost da razgrade ili apsorbiraju dieldrin, stručnjaci nastoje da obnove zemljišta koja su kontaminirana ovim insekticidom (Almutova, 2022). Ove tehnike predstavljaju inovativan pristup rešavanju ekoloških problema.

Savremeni pristupi u poljoprivredi takođe reflektuju promene u svesti o održivosti. Naglasak se sve više stavlja na alternativne metode koje manje štete životnoj sredini, uključujući i korišćenje manje toksičnih pesticida ili potpuno organskih pristupa. U ovom slučaju, dieldrin je primer kako poljoprivredne inovacije, dok su nekada rešenje za specifične izazove, mogu postati izvor problema na duže staze.

5.1.8. Hlorofluorovodonici

Hlorofluorouglenici, često skraćeni kao CFC-ovi, predstavljaju grupu hemijskih jedinjenja koja su u prošlosti široko korišćena u industriji, ali su postala predmet zabrinutosti zbog njihove ozbiljne uloge u uništavanju ozonskog omotača i stvaranju ozonskih rupa. Ovi spojevi sadrže atome hlora, flora i ugljenika (Naele et al., 2001).

Prva upotreba CFC-ova datira iz sredine 20. veka, kada su korišćeni u rashladnim uređajima, aerosolima, i kao rastvarači u industriji. Međutim, kasnije istraživanje otkriva da ovi spojevi, kada se oslobode u atmosferu, imaju destruktivan uticaj na ozonski omotač (Naele et al., 2001).

Hlorofluorouglenici se pod dejstvom ultraljubičastog zračenja raspadaju, oslobađajući atome hlora. Ti atomi hlora, u kontaktu s molekulima ozona (O₃), izazivaju proces razgradnje ozona (Williams, 1999).

Uništavanje ozonskog omotača ima ozbiljne posledice, jer ozon igra ključnu ulogu u apsorpciji štetnog ultraljubičastog zračenja Sunca. Efekti ovog procesa uključuju povećanu stopu obolevanja od kožnih oboljenja i povećan rizik od očnih problema. Osim toga, uticaj na ekosisteme je značajan, jer ultraljubičasto zračenje može oštetiti fitoplankton, osnovni deo morskog lanca ishrane (Naele et al., 2001).

Svesna ozbiljnosti situacije, međunarodna zajednica je prepoznala potrebu za globalnim delovanjem. Montrealski protokol iz 1987. godine je međunarodni sporazum koji se bavi eliminacijom proizvodnje i potrošnje supstanci koje

oštećuju ozonski omotač, uključujući CFC-ove. Kroz niz amandmana, ovaj protokol je postao model efikasnog međunarodnog odgovora na pretnje ozonskom omotaču (Zakon o ratifikaciji Montrealskog protokola o supstancama koje oštećuju Ozonski omotač, 2004).

Unapređenje alternativnih tehnologija postalo je ključno u smanjenju zavisnosti od CFC-ova. Ovo uključuje razvoj zamena koje ne samo da su ekološki prihvatljivije, već i energetski efikasnije. Postizanje održivih praksi u industriji i domaćinstvima podstiče smanjenje emisija štetnih gasova, uključujući i one koji oštećuju ozonski omotač.

Kroz godine, inovacije su odigrale ključnu ulogu u tranziciji prema bezbednijim tehnologijama i supstancama. Alternativni rashladni sistemi, poput hidrofluorouglenika (HFC-ova) i prirodnih rashladnih sredstava, postaju sveprisutni u naporima da se eliminišu ozonska oštećenja (Marković i Stefanović, 2018).

S obzirom na dugotrajni efekat CFC-ova u atmosferi, i dalje je neophodno praćenje i istraživanje kako bismo potpuno shvatili posledice prethodne upotrebe ovih hemikalija.

5.1.9. Policiklični aromatični ugljovodonici (PAH)

Policiklični aromatični ugljovodonici (PAH) su grupa kompleksnih hemijskih jedinjenja koja se sastoje od dva ili više spojenih aromatskih prstena od ugljenika. Ovi spojevi su prisutni u različitim okolinama, uključujući vazduh, vodu i zemljište, a često nastaju tokom nepotpunog sagorevanja organskih materijala. Industrijske aktivnosti, saobraćaj i prirodni požari doprinose emisijama PAH-a u okolinu, dok se neki od njih mogu naći i u prirodnim izvorima poput vulkanskih aktivnosti i organskih procesa (Buyung & Geun, 2007).

PAH su poznati posvojoj postojanosti i stabilnosti u okolini. Neki od uobičajenih uključuju naftalen, antracen i fluoranten (Buyung & Geun, 2007). Njihova postojanost može dovesti do dugotrajnog zagađenja, prateći ekosisteme tokom vremena. Ovi spojevi često dospevaju u vazduh tokom procesa sagorevanja fosilnih goriva, čime postaju globalni zagađivači sa sposobnošću transporta na velike udaljenosti.

Zbog svoje toksičnosti i kancerogene potencijalnosti, predstavljaju ozbiljan izazov za zdravlje ljudi i ekosisteme. Benzo(a)piren, jedan od poznatih PAHova, klasifikovan je kao kancerogen za ljude. Izloženost istom može se

desiti putem zagađene hrane, vode i vazduha, a istraživanja ukazuju na vezu između izloženosti ovim jedinjenjima i određenih oblika kancera (Buyung & Geun, 2007).

5.1.10. Hlorokarbonski rastvarači

Hlorokarbonski rastvarači su hemijska jedinjenja koja se često koriste u industriji kao rastvarači za različite supstance. Ovi rastvarači se sastoje od ugljovodonika sa vezanim hlorom, stvarajući stabilna i visoko rastvorljiva jedinjenja koja se mogu dalje razlagati i rastvarati (Mcdermott & Heffron, 2013).

Jedan od ključnih razloga za široku upotrebu hlorokarbonskih rastvarača leži u njihovoj sposobnosti rastvaranja velikog broja materijala, uključujući masti, ulja, smole, i mnoge druge supstance. To ih čini korisnim u različitim industrijama, kao što su hemija, farmacija, elektronika i proizvodnja plastike (Mcdermott & Heffron, 2013).

Međutim, jedan od najpoznatijih hlorokarbonskih rastvarača, hlorofluorouglenik (CFC), postao je predmet zabrinutosti zbog ozonske degradacije. Kada CFC dospe u atmosferu, posebno kroz ispuštanje iz sistema za hlađenje ili aerosola, dolazi do oslobađanja hlorovodonika u atmosferu. Ovaj hlor uništava ozonski omotač, izazivajući ozbiljne ekološke probleme i samim tim povećava izloženost UV zračenju (Mcdermott & Heffron, 2013).

Pored toga, neki hlorokarbonski rastvarači su poznati po svojoj toksičnosti i mogu izazvati zdravstvene probleme kod ljudi. Inhalacija, udisanje i sam dodir sa parom ovih rastvarača može izazvati iritaciju disajnih puteva, glavobolje, vrtoglavice, a dugotrajna izloženost može dovesti do ozbiljnijih problema, uključujući oštećenje jetre, bubrega ili nervnog sistema (Mcdermott & Heffron, 2013).

Hlorokarbonski rastvarači takođe mogu doprineti stvaranju smoga na nivou tla. Kada se ovi rastvarači oslobode u atmosferu, mogu reagovati sa sumpornim dioksidom i azotnim oksidima, stvarajući ozon na nivou tla. Ozon

na nivou tla je zagađivač vazduha i može izazvati respiratorne probleme kod ljudi, naročito kod osetljivih grupa stanovništva (Mcdermott & Heffron, 2013). Uprkos izazovima, svest o potrebama za održivim praksama i inovacijama raste. Težnja ka smanjenju zavisnosti od hlorokarbona postavlja temelje za unapređenje ekološke održivosti i zaštite zdravlja ljudi u industriji.

5.2. Upotreba POPs-ova – prednosti i nedostaci

Upotreba Perzistentnih organskih zagađivača (POPs-ova) ima značajan uticaj na životnu sredinu i ljudsko zdravlje. POPs-ovi su hemijska jedinjenja koja se karakterišu dužinom zadržavanja u životnoj sredini, sposobnošću da putuju kroz atmosferu i vodu na velikim udaljenostima i akumulacijom u organizmima kroz lanac ishrane (Marti et al., 2015).

Najpoznatiji POPs-ovi, o čemu je ranije bilo reči, uključuju dihlordifeniltrihloretan (DDT), polihlorovane bifenile (PCB), aldrin, dieldrin i druge, a korišćeni su u različitim industrijskim procesima, poljoprivredi, i kao pesticidi.

Prednosti upotrebe POP-ova uključuju efikasnost u kontrolisanju štetočina, poboljšanje poljoprivredne proizvodnje i stabilnost u industrijskim procesima (Marti et al., 2015). Međutim, ove prednosti prate ozbiljni nedostaci i rizici. Jedan od ključnih problema je njihova perzistentnost i sposobnost da se akumuliraju u organizmima kroz lanac ishrane. Ovo može dovesti do ozbiljnih zdravstvenih problema kod živih bića, uključujući ljude. Dugotrajna izloženost POPs-ovima može izazvati oštećenja nervnog sistema, poremećaje hormona, imunološke probleme, respiratorne probleme, a u nekim slučajevima, kao što je već rečeno, dovode do kancera (Luarti et al., 2023).

Osim toga, POPs-ovi su povezani sa štetnim uticajem na životnu sredinu, uključujući zagađenje vode, zemljišta i vazduha. Njihova sposobnost da putuju kroz atmosferu i vode rezultuje globalnim zagađenjem, što zahteva međunarodnu saradnju kako bi se rešili ovi problemi.

Iako su neki od ovih zagađivača bili korišćeni u prošlosti zbog svoje efikasnosti u različitim primenama, svest o njihovim dugoročnim negativnim uticajima na životnu sredinu i zdravlje ljudi dovela je do regulativa i međunarodnih sporazuma koji ograničavaju ili zabranjuju njihovu upotrebu. Stokholmska konvencija predstavlja ključni dokument usmeren na smanjenje i eliminaciju

proizvodnje i upotrebe određenih POPs-ova. Nacionalne i regionalne inicijative takođe igraju ključnu ulogu u regulisanju i nadgledanju upotrebe ovih hemikalija (WHO, 2019).

Perzistentni organski zagađivači (POPs-ovi) nisu supstance koje se namerno koriste, već proizilaze kao nusproizvodi ili otpadne materije u različitim industrijama i aktivnostima. Njihova prisutnost može poticati iz poljoprivrede, industrijskih procesa, otpada, sagorevanja materijala ili starih proizvoda koji sadrže ove hemikalije (Luarti et al., 2023).

Oni takođe imaju dugotrajni i globalni uticaj, a njihova široka distribucija u životnoj sredini često proističe iz nekontrolisanih procesa i praksi. Otpuštanje POPs-ova u atmosferu, vodu ili zemljište može se preneti na velike udaljenosti, prelazeći granice i utičući na ekosisteme širom sveta. Upotreba POPs-ova, iako često nehotična, predstavlja ozbiljan izazov za očuvanje biodiverziteta.

Akumulacija POPs-ova u organizmima može izazvati poremećaje u reproduktivnom sistemu, smanjiti brojnost populacija i izazvati ozbiljne zdravstvene probleme (WHO, 2019).

Pored toga, upotreba POPs-ova u poljoprivredi može izazvati nesrazmeran uticaj na lokalne zajednice koje su direktno izložene ovim zagađivačima. Kontaminacija zemljišta i vode može rezultirati smanjenjem prinosa useva, oštećenjem lokalnih izvorahrane i izlaganjem stanovništva ozbiljnim zdravstvenim rizicima (Luarti et al., 2023).

Na osnovu svega navedenog, može se zaključiti da upravljanje POPs-ovima zahteva holistički pristup koji obuhvata regulative, praćenje emisija, edukaciju, recikliranje i razvoj održivih alternativa kako bi se ograničila njihova dalja kontaminacija životne sredine i izloženost ljudi.

5.3. Veza klimatskih promena i koncentracija POPs-ova

Poslednjih godina, uticaj klimatskih promena na koncentracije perzistentnih organskih zagađivača (POPs) postao je tema koja izaziva značajnu zabrinutost. Promene u uslovima životne sredine, kao što su povećanje prosečne temperature ili UV zračenja, verovatno će uticati na sudbinu i ponašanje POPs-ova, što se ogleda na izlaganje ljudi istim. Klimatske promene i POPs su goruće pitanje kome bi se trebalo posvetiti velika pažnja, ne samo od strane naučnika, već i od strane svih ostalih, uključujući i stanovništvo.

Većina studija objavljenih u naučnoj literaturi fokusirana je na zastarele POPs-ove, uglavnom polihlorovane dibenzo-p-dioksine i dibenzofurane (PCDD/F), polihlorovane bifenile (PCB) i pesticide. Međutim, broj istraživanja usmerenih na procenu uticaja klimatskih promena na ekološke nivoe policikličnih aromatičnih ugljovodonika (PAH) je oskudan, uprkos činjenici da izloženost PAH i nusproizvodima fotodegradacije može dovesti do štetnih efekata na zdravlje. Štaviše, u naučnoj literaturi trenutno nema podataka o POPs u nastajanju. Kao posledica toga, potrebno je intenziviranje studija za identifikaciju i ublažavanje indirektnih efekata klimatskih promena na sudbinu POP-a kako bi se smanjio uticaj na ljudsko zdravlje. Budući da je ovo globalni problem, interakcije između klimatskih promena i POPs moraju se rešavati iz međunarodne perspektive (Marti et al., 2015).

POPs su grupa hemikalija koje se karakterišu dugotrajnom perzistencijom u životnoj sredini, bioakumulacijom u organizmima i toksičnošću za ljude i životinje. Veza klimatskih promena i zagađivača ogleda se u: povišenoj temperaturi, topljenju glečera i uništavanju Severnog ledenog pola, promenama u flori i fauni, uticaju UV zračenja na ljude i zdravlju ljudi (Marti et al., 2015).

Povećana temperatura zemljine površine može uticati na fizičke osobine tla, promeniti obrasce padavina i uzrokovati povećanje poplava. Ovi faktori mogu povećati mobilnost POPs zagađivača, omogućavajući im da se šire i kontaminiraju nove oblasti (Matthies & Beulke, 2017).

Topljenje santi leda, ledenih polova i nestajanje glečera, kao posledica globalnog zagrevanja, može osloboditi POPs zagađivače koji su bili zarobljeni u ledu. Ovo može dovesti do naglog oslobađanja ovih zagađivača u okolinu, što povećava njihovu rasprostranjenost i uticaj (Luarte et al., 2023). Klimatske promene mogu uticati na biološke sisteme i ekosisteme, što može dovesti do promena u metabolizmu i raspodeli POPs-ova u živim organizmima. Na primer, promene u temperaturi vode mogu uticati na akumulaciju POPs-ova u ribama i drugim vodenim organizmima (Luarte et al., 2023).

Klimatske promene mogu imati i direktan uticaj na ljudsko zdravlje, što može posredno uticati i na izloženost POPs zagađivačima. Na primer, događaji kao što su poplave ili suše mogu dovesti do kontaminacije vode i hrane POPs zagađivačima, povećavajući rizik od izloženosti (Shetty et al., 2023).

5.4. Stokholmska deklaracija

Konferencija Ujedinjenih nacija o čovekovom okruženju i zaštiti životne sredine u Stokholmu 1972. bila je prva svetska konferencija koja je životnu sredinu postavila u prvi plan. Zemlje članice su usvojile niz principa za dobro upravljanje životnom sredinom uključujući Stokholmsku deklaraciju i Akcioni plan za životnu sredinu i nekoliko rezolucija.

Akcioni plan, koji je sadržao 26 principa, postavio je pitanja životne sredine u prvi plan međunarodnih briga i označio početak dijaloga između industrijalizovanih zemalja i zemalja u razvoju o vezi između ekonomskog rasta, zagađenja vazduha, vode, okeana i bunara.

Akcioni plan je sadržao tri glavne kategorije (Stockholm Declaration and Action Plan for the Human Environment, 1972):

- Program globalne procene životne sredine (plan posmatranja);
- aktivnosti upravljanja životnom sredinom;
- međunarodne mere za podršku aktivnostima procene i upravljanja koje se sprovode na nacionalnom i međunarodnom nivou.

Stokholmska deklaracija, formalno poznata kao Deklaracija o zabrani upotrebe hemijskog oružja, potpisana je 1972. godine u Stokholmu, Švedskoj.

Ova deklaracija ima za cilj da zabrani upotrebu hemijskog oružja u ratu, predstavljajući ključni dokument u međunarodnim naporima za ograničavanje i eliminaciju ovog opasnog oružja (Stockholm Declaration and Action Plan for the Human Environment, 1972).

Deklaracija jasno izražava zabranu korišćenja hemijskog oružja u svim oblicima, bilo da je u pitanju napad, odmazda ili deo vojnih operacija. Države članice koje su potpisale Stokholmsku deklaraciju obavezale su se da neće proizvoditi, skladištiti ili koristiti hemijsko oružje, te da će preduzeti korake za uništavanje postojećih zaliha (Linner & Selin, 2013).

Osim zabrane upotrebe, deklaracija takođe poziva države da se uzdrže od istraživanja, razvoja, proizvodnje i akumuliranja hemijskog oružja. Podstiče se međunarodna saradnja kako bi se postigli ovi ciljevi, sa pozivom na razmenu informacija i tehničku pomoć između država (Stockholm Declaration and Action Plan for the Human Environment, 1972).

Stokholmska deklaracija je otvorena za potpisivanje svim državama, a njena univerzalna prihvatljivost podstakla je priznavanje širom sveta. Ona je postavila temelje za kasnije međunarodne sporazume, uključujući i Konvenciju o hemijskom oružju (CWC) koja je usvojena 1993. godine (Linner & Selin, 2013).

Konvencija o zabrani usavršavanja, proizvodnje i stvaranja zaliha bakteriološkog (biološkog) i toksičkog oružja i o njihovom uništavanju, poznata i kao Biološka konvencija, predstavlja međunarodni ugovor kojim se zabranjuje proizvodnja i upotreba biološkog i hemijskog oružja.

Srbija je među mnogim zemljama koje su ratifikovale ovu konvenciju, čime se obavezala da će se pridržavati njenih odredbi i ciljeva. Glavni cilj konvencije je zabrana razvoja, proizvodnje, skladištenja i upotrebe bakteriološkog (biološkog) i toksičkog oružja, kao i uništavanje postojećih zaliha ovih oružja (Zakon o potvrđivanju Konvencije o zabrani usavršavanja, proizvodnje i stvaranja zaliha bakteriološkog (biološkog) i toksičkog oružja i o njihovom uništavanju, „Službeni list SFRJ - Međunarodni ugovori i drugi sporazumi“, broj 43/74).

Neki od ključnih elemenata konvencije koji se primenjuju u Srbiji i dan danas, budući da kod nas potvrđeni (solemnizovani, ratifikovani) međunarodni ugovor obavezuje kao zakon, uključuju (Zakon o zabrani usavršavanja, proizvodnje i stvaranja zaliha bakteriološkog (biološkog) i toksičkog oružja i o njihovom uništavanju, „Sl. glasnik RS“, br. 87/2011):

- Obaveznost - Srbija se obavezala da će preduzeti mere za zabranu proizvodnje, skladištenja i upotrebe bakteriološkog (biološkog) i toksičkog oružja na svojoj teritoriji.
- Saradnja sa međunarodnim organizacijama - Srbija aktivno sarađuje sa međunarodnim organizacijama kao što je Organizacija za zabranu hemijskog oružja (OPCW) u sprovođenju mera za kontrolu i uništavanje hemijskog oružja.
- Kontrola primene - kao deo konvencije, Srbija prihvata redovne inspekcije i verifikacije od strane međunarodnih tela radi provere poštovanja odredbi konvencije.

Potpisivanjem i ratifikacijom ove konvencije, Srbija je pokazala svoju posvećenost međunarodnoj zajednici u borbi protiv hemijskog i biološkog oružja, kao i u zaštiti javnog zdravlja i sigurnosti građana. Ovaj korak doprinosi globalnoj bezbednosti i stabilnosti, te osigurava da Srbija deluje u skladu sa međunarodnim standardima u oblasti kontrole oružja.

6. UPOTREBA HLORA U BIOTERORIZMU

Bioterorizam se odnosi na namerno korišćenje bioloških agenasa, kao što su bakterije, virusi ili toksini, kako bi se izazvale bolesti i prouzrokovao štetan uticaj na ljude, životinje ili biljke. Ovo može uključivati širenje bolesti koje su prenosive među ljudima ili manipulaciju biološkim agensima kako bi se prouzrokovali različiti oblici štete (Ristanović, 2016). Bioterorizam predstavlja ozbiljan izazov za globalnu bezbednost, a međunarodna zajednica radi na jačanju kapaciteta za prepoznavanje, sprečavanje i suzbijanje potencijalnih bioterorističkih pretnji.

Mikroorganizmi i bolesti koje oni izazivaju spadaju među najveće zdravstvene izazove našeg vremena. Njihove moguće posledice, uključujući medicinske, socijalne, psihološke i ekonomske aspekte, čine ih i jednim od najvažnijih bezbednosnih problema 21. veka. To je potvrđeno antraksnom kampanjom iz 2001. godine, kao i epidemijama SARS-a, ptičjeg gripa, pandemijom svinjskog gripa, pojavom Ebole, i trenutnom globalnom epidemiološkom situacijom koja uključuje pojavu novih bolesti poput Zika virusa i zdravstvenih rizika povezanih s migracijama. Kada se uzme u obzir mogućnost namernog zloupotrebljavanja mikroorganizama - bakterija, virusa, gljivica, protozoa i njihovih toksina u terorističke svrhe, postaje jasno da bioterorizam predstavlja značajan globalni rizik i pretnju kojoj se ne posvećuje dovoljno pažnje u strategijama nacionalne bezbednosti i zdravstvene zaštite (Ristanović, 2016).

Biološki agensi predstavljaju mikroorganizme ili toksine koji mogu izazvati bolesti kod ljudi, životinja ili biljaka. Ovi agensi uključuju bakterije, viruse, gljivice i druge mikroorganizme koji mogu biti namerno korišćeni u bioterorističke svrhe. Cilj bioterorizma može biti širenje straha, nanošenje ozbiljnih zdravstvenih problema, destabilizacija društvenih struktura ili prouzrokovanje ekonomske štete. Metode širenja bioterorističkih agenasa mogu uključivati kontaminaciju vode ili hrane, širenje aerosola putem vazduha ili direktno unošenje agenasa u organizme (Frischknecht, 2003). *Bacillus anthracis*, *Yersinia pestis*, virusi boginja i virus ebole predstavljaju neke od bioloških agenasa koji mogu biti korišćeni u kontekstu bioterorizma (Frischknecht, 2003). Ovi agensi poseduju visok potencijal izazivanja ozbiljnih zdravstvenih problema i mogu prouzrokovati velike panike u zajednicama.

Bacillus anthracis, *Yersinia pestis*, virusi boginja i virus ebole nisu samo potencijalni biološki agensi, već su u istoriji i stvarnosti bili korišćeni ili su bili

predmet zabrinutosti u različitim kontekstima (Frischknecht, 2003) Važno je naglasiti da upotreba bioloških agenasa u oružanim sukobima ili kao bioterorističko oružje izaziva ozbiljne etičke, moralne i humanitarne zabrinutosti.

U nastavku je tabelarno prikazana (Tabela 1) paralela između istorijskog korišćenja bioloških agenasa i toga da li predstavljaju pretnju danas.

Tabela 1. Korišćenje bioloških agenasa kroz istoriju i pretnja modernom društvu
Izvor: Izvorno autorsko

Biološki agens	Kroz istoriju:	Pretnje modernom dobu:
<i>Bacillus anthracis</i> (Antraks)	Antraks je bio korišćen kao biološko oružje tokom 20. veka u nekim vojnim sukobima: 1. Tokom Drugog svetskog rata, Japanska armija sprovela je eksperimente sa	Postojala je zabrinutost zbog moguće upotrebe antraksa kao biološkog oružja, što je dovelo do jačanja preventivnih i zaštitnih mera u različitim
	antraksom na ljudima i životinjama u Kini. Ovo je bio deo šireg programa japanskog biološkog ratovanja. 2. Hladni rat: u periodu Hladnog rata, više zemalja, uključujući SAD i Sovjetski Savez, razvijale su biološko oružje, a antraks je bio deo tih programa.⁴ 3. Irak - Iran: Tokom rata između Iraka i Irana (1980-1988), Irak je koristio hemijsko oružje, ali postoje i izveštaji da su eksperimentisali sa biološkim oružjem, uključujući antraks.	zemljama. Povod za jačanje mera: Sjedinjene Američke države, 2001. godine, pisma s prahom sadržavala antraks u tragovima.

⁴ Sporazumi poput Konvencije o biološkom oružju iz 1972. godine zabranjuju razvoj, proizvodnju i skladištenje biološkog oružja.

<i>Yersinia pestis</i> (Kuga)	Kuga je kroz istoriju bila prisutna u različitim vojnim sukobima i ratovima, prouzrokujući ozbiljne posledice po vojnike, civilno stanovništvo i tok samih sukoba. 1. Crna smrt: najpoznatiji primer kuge ukontekstu rata je tokom 14. veka kada se pojavila pandemija poznata kao "Crna smrt". Ova pandemija, uzrokovana bakterijom <i>Yersinia pestis</i>, značajno je uticala na evropsko društvo i bila prisutna tokom Stogodišnjeg rata. 2. Rat u Kini (1940-ih): Tokom Drugog svetskog rata, japanske trupe koristile su kugu u Kini kao deo biološkog ratovanja. Postoje izveštaji o eksperimentima u kojima su korišćene zaražene buve kako bi se širila bolest među kineskim civilima.	Postoje zabrinutosti o mogućoj manipulaciji uzročnika kuge za bioterorističke svrhe, ali zabeleženi slučajevi su retki.
<i>Virus Variola</i> (boginje)	Istorijski korišćeno kao biološko oružje. 1. U prošlosti su velike boginje bile korišćene kao biološko oružje. Tokom 18. i 19. veka, Evropske kolonijalne sile su širile variolu među domorodačkim populacijama kako bi oslabile njihovu	Postoje zabrinutosti u vezi sa mogućnošću rekonstrukcije virusa variole iz genetskog materijala koji je možda sačuvan. Iako je variola iskorenjena, svet

	otpornost ili ostvarile strategijske ciljeve. 2. Uništenje: nakon uspešnih globalnih napora za iskorenjivanje variola, zalihe virusa variole čuvane su u specijalizovanim laboratorijama.	održava visok nivo pripravnosti u slučaju da dođe do neke neovlaštene upotrebe virusa variole. Iako je rizik od prirodne pojave variola eliminisan, održavanje sigurnosti u vezi s potencijalnom upotrebom virusa variole kao biološkog oružja zahteva stalnu globalnu saradnju
--	---	---

6.1. Bioterrorizam i upotreba hlora

U svetu gde se bezbednosne pretnje često prepliću sa inovacijama i dostupnošću različitih materijala, hlor je postao opasno sredstvo za one koji žele da podstaknu kaos i strah. Kao snažno dezinfekciono sredstvo, hlor je ne samo lako dostupan u različitim industrijama, već je i poznat po svojoj sposobnosti da izazove ozbiljne zdravstvene probleme. Upravo ova kombinacija široke dostupnosti i razornih efekata čini hlor primamljivim izborom za potencijalne bioteroriste.

Odgovor na to zašto se hlor koristi u bioterorizmu je jednostavan: dostupnost, pristupačnost i brzina delovanja (Caves et al., 2014). Kroz istoriju, ljudi su koristili različite supstance kao oružje u sukobima i ratovima. Jedna od tih supstanci je hlor, gas koji se često povezuje sa hemijskim oružjem. Razlozi zašto se hlor koristi kao oružje su duboko povezani sa njegovim karakteristikama, efikasnošću i strateškim implikacijama (Bennett et al., 2004). Prvo, hlor je izuzetno otrovan gas koji može imati razorne efekte na ljudski organizam. Kada se udiše, napada disajne puteve, izaziva gušenje i oštećuje pluća (Caves et al., 2014). Ovi efekti čine hlor efikasnim sredstvom za zastrašivanje i nanošenje velike štete u kratkom vremenskom periodu. U ratnim uslovima, brzo širenje gasa može prouzrokovati masovne žrtve među vojnicima i civilima.

Drugi razlog leži u relativnoj jednostavnosti proizvodnje i korišćenja hlora kao oružja. Sama hemikalija nije komplikovana za proizvodnju, što znači da je moguće masovno proizvoditi i transportovati (Caves et al., 2014). Ovo čini gas privlačnim izborom za one koji žele da izvedu brze i masovne napade. Takođe, upotreba hlora kao oružja ima i strateške implikacije. Uzrokuje paniku, kaos i dezorganizaciju među vojnicima i civilima, što može doprineti bržem slamanju protivnika (Bennett et al., 2004). U krajnjem, upotreba hlora kao oružja je moralno i etički neprihvatljiva. Nanosi strašne posledice civilima i vojnicima, često bez obzira na njihovu krivicu ili nevinost. Iz tog razloga, međunarodne konvencije i sporazumi jasno zabranjuju upotrebu hemijskog oružja, uključujući i hlorni gas, u bilo kakvom sukobu.

Pored direktnih posledica po ljudski život, upotreba hlora kao oružja takođe može imati dugoročne efekte na psihi i mentalno zdravlje preživelih. Žrtve koje su preživele napad hlornim gasom često se suočavaju sa traumom, anksioznošću i dugotrajnim respiratornim problemima (Caves et al., 2014). Ovo dodatno pojačava patnju i bol koje ovakav napad donosi, ostavljajući

trajne ožiljke kako na telu, tako i na psihi žrtava (Bennett et al., 2004). Nažalost, terorističke organizacije i ekstremistički pokreti takođe su koristili ovu hemikaliju za izvođenje napada na civilne ciljeve. Ovo predstavlja dodatni izazov za međunarodnu zajednicu u borbi protiv terorizma i sprečavanju širenja hemijskog oružja.

U borbi protiv upotrebe hlora kao oružja, međunarodna zajednica preduzima određene korake. Konvencija o hemijskom oružju zabranjuje proizvodnju, skladištenje i upotrebu hemijskog oružja, uključujući i hlor, u svim okolnostima. Međutim, i pored ovih napora, još uvek postoje izazovi u sprovođenju i primeni ovih međunarodnih standarda.

6.2. Istorijski pregled upotrebe hlora u bioterorizmu

Prva dokumentovana upotreba hlora u bioterorizmu datira iz Prvog svetskog rata, kada su nemačke trupe koristile ovaj gas kao hemijsko oružje (Fitzgerald, 2008). Međutim, postoji nekoliko slučajeva koji se mogu smatrati pretečama moderne upotrebe hlora u bioterorizmu.

Najpoznatija upotreba hlora kao hemijskog oružja u bioterorizmu desila se tokom Prvog svetskog rata, 22. aprila 1915. godine (Fitzgerald, 2008). Tog aprila, 1915. godine nemačke trupe su izvele prvi masovni napad hlor gasom u bici kod Ipera, u Belgiji, izazivajući kaos i užas među savezničkim trupama. Program gasnog ratovanja vodio je Fritz Haber. Gusti oblaci zelenkastog gasa širili su se vazduhom, prema linijama francuskih i alžirskih vojnika, koji su bili potpuno nespremni za ovakav napad. Miris hlornog gasa opisali su kao mešavinu „ananasa i bibera“ (Fitzgerald, 2008).

Efekti izloženosti hlor gasu bili su nepojmljivo strašni. Vojnici su se gušili, jer hlor reaguje sa vodom u plućima čineći hlorovodoničnu kiselinu koja je destruktivna za tkivo i dovodi do smrti; imali su opekotine na plućima i koži, a mnogi su preminuli. Procenjuje se da je oko 1100 vojnika ubijeno (Fitzgerald, 2008).

Osim nemačkih trupa, i savezničke sile su brzo prepoznale potencijal hlora kao oružja. Kao odgovor na napad, i saveznici su počeli proizvoditi i koristiti hlorni gas u sukobu, što je dovelo do užasnih posledica po živote vojnika s obe strane. (Fitzgerald, 2008)

Korisnost hlora bila je kratkotrajna. Boja i miris olakšavali su uočavanje, a pošto je rastvorljiv u vodi, čak su i vojnici bez gas maski mogli da umanje njegov

efekat tako što su stavljali krpe natopljene vodom – čak i urinom natopljene – preko usta i nosa (Fitzgerald, 2008). Ubrzo nakon ovoga, međunarodne organizacije su prepoznale problem, sa razlogom. Uvedene su konvencije i dokumenti koji su zabranili dalje korišćenje hlornog gasa kao oružja.

6.3. Upotreba hlora u ratovima u Siriji i Iraku

Upotreba hlora kao hemijskog oružja u sirijskom građanskom ratu predstavlja jedan od mračnih aspekata sukoba. Incidenti u kojima je hlorni gas korišćen protiv civila izazvali su negativne reakcije širom sveta, ističući brutalnost i stradanje koje su ljudi Sirije i Iraka doživljavali tokom ratnih godina.

6.3.1. Sirija

Kafr Zita

Jedan od najpoznatijih incidenata povezanih sa upotrebom hlora dogodio se u gradu Kafr Zita, 2014. godine (Elsafti Elsaeidy et al., 2021). U tom napadu, civilima u ovom gradu, koji se nalazi u provinciji Hama, nanesene su strašne povrede usled izlaganja hloronom gasu. Očevici su izvestili o panici i haosu koji je nastao nakon napada, sa ljudima koji su se borili za vazduh i pokušavali da spasu živote svojih bližnjih.

Tokom početnog pregleda, svi pacijenti su pokazivali znake respiratornog distresa zbog teške upale disajnih puteva, što je potvrđeno nespecifičnim plućnim infiltratima na rendgenskim snimcima grudnog koša. Takođe su imali slične crevne, neurološke, dermatološke, oftalmološke i psihološke simptome. Hitno lečenje obuhvatalo je davanje kiseonika i bronhodilatatora za sve pacijente, hidrokortizona (93%), antiemetika (80%) i deksametazona (13%). Sedam pacijenata (47%) se brzo oporavilo i otpušteno je istog dana, dok je osam (53%) primljeno na bolničko lečenje u proseku od dva dana (raspon 1-6 dana), od kojih je jedan pacijent zahtevao intubaciju i kasnije je preminuo. Ključne razlike između primljenih i neprimljenih pacijenata bile su viša srednja brzina pulsa (138 u poređenju sa 124) i telesna temperatura (37,0 naspram 36,5) (Elsafti Elsaeidy et al., 2021).

Osim Kafr Zite, postoje i drugi dokumentovani slučajevi u kojima su vladine snage predvođene predsednikom Asadom optužene za upotrebu hlora kao

oružja. Gradovi poput Dume, Sarakeba i drugi, postali su mesta strahovitih napada hemijskim oružjem (Elsafti Elsaedy et al., 2021).

Uzimajući u obzir dalje detalje o napadima hloronim gasom u sirijskom građanskom ratu, treba istaći da su ovi napadi bili deo šire slike korišćenja hemijskog oružja u ratu koji je tragično oblikovao sudbinu mnogih civila.

Duma

Drugi zabeležen slučaj upotrebe hlora u Siriji odigrao se u gradu Duma, u istočnoj Guti, 7. aprila 2018. godine. U ovom napadu, koji su sirijske vladine snage navodno izvele, navodno je korišćen hlorni gas u kombinaciji sa sarinom. Istražitelji i humanitarne organizacije izvestile su o stravičnim scenama, sa desetinama mrtvih, uključujući i decu, i stotinama povređenih civila (BBC, 2018).

Međunarodna zajednica, uključujući UN i Organizaciju za zabranu hemijskog oružja (OPCW), reagovala je na ove napade izrazivši oštru osudu i zahtevajući istragu. OPCW je formirao timove koji su istraživali ove incidente, iznoseći u javnost izveštaje koji su potvrdili upotrebu hlora u napadima protiv civila. Njihovi izveštaji potvrdili su upotrebu hlora u mnogim incidentima i izneli dokaze o ovim strašnim zločinima (United Nations Security Council, 2018).

Upotreba hemijskog oružja, uključujući i hlorni gas, samo je pogoršala već postojeću humanitarnu krizu u Siriji. Milioni ljudi bili su primorani da napuste svoje domove, a oni koji su ostali suočavali su se sa nestašicama hrane, vode, medicinskih potrepština i osnovnih životnih uslova (United Nations Security Council, 2018). Reakcija međunarodne zajednice na napade hloronim gasom u Siriji bila je složena i često blokirana političkim rivalstvima. Različite zemlje i organizacije izražavale su osudu, ali su mere odgovornosti bile ograničene sukobima unutar Saveta bezbednosti UN-a.

6.3.2. Irak

Irak je jedna od nekoliko zemalja u svetu u kojima se koristilo hemijsko oružje, uključujući hlorni gas, sarin i druge bojne otrove. Hlor je bio korišćen u ratu u

Iraku, posebno tokom Iransko-Iračkog rata (1980-1988) i tokom vladavine Sadama Huseina (Bureau of Public Affairs, 2003).

Iransko-Irački Rat (1980-1988)

Jedan od najpoznatijih slučajeva korišćenja hlora i drugih hemijskih supstanci u Iraku je bio napad na Halabiju 1988. godine. Tadašnji irački režim pod vođstvom Sadama Huseina koristio je hemijsko oružje, uključujući hlorni gas, protiv kurdskog stanovništva. Ovaj napad rezultovao je smrću hiljada civila. a procenjuje se da je broj umrlih preko 5000 (Zimnako, 2016).

Irak je koristio hemijsko oružje, uključujući hlor, sarin i druga sredstva koja se koriste kao bojno, hemijsko oružje, u gradu Halabje, gde je većinsko kurdsko stanovništvo (Ali, 2001).

Tokom napada, avioni iračkog vazduhoplovstva ispalili su rakete sa bojnim otrovima koji su izazvali masovnu kontaminaciju vazduha. Prema izveštajima, više od 5.000 ljudi je poginulo, a mnogi su pretrpeli dugotrajne zdravstvene posledice. Ovaj napad smatra se jednim od najgorih slučajeva upotrebe hemijskog oružja protiv civila nakon Drugog svetskog rata. Napad na Halabju izazvao je snažnu međunarodnu osudu. Međunarodna zajednica osudila je ovaj napad kao zločin protiv čovečnosti (Zangana & Ala Aldeen, 2019).

Ovaj napad na Halabju bio je jedan od ključnih momenata koji je ukazao na potrebu strogih međunarodnih regulativa i kontrola protiv upotrebe hemijskog oružja. Nakon pada režima Sadama Huseina 2003. godine, mnogi članovi njegove vlade i vojske bili su optuženi i suđeni za ratne zločine, uključujući i odgovornost za napad na Halabju (Sceants, 2005).

7. TEHNIČKO-TEHNOLOŠKI AKCIDENTI IZAZVANI

HLOROM

Tehničko-tehnološki akcidenti su neželjeni događaji koji se dešavaju u industriji ili nekim drugim sistemima, kao što su fabrike, transportna sredstva i slično. Javljaju se u vidu eksplozija, požara, curenja opasnih supstanci, nesreća u saobraćaju i transportu opasnih materija, havarijama nuklearnih postrojenja i fabrika, kvarovima na mrežama, pukotinama u cevovodima.

Izlivanje hlora može se dogoditi na različite načine, bilo da je reč o industrijskim postrojenjima, fabrikama, u transportu ili čak u domaćinstvima. Ovi događaji su izuzetno opasni za životnu sredinu i ljudsko zdravlje. Na primer, u industriji, izlivanje hlora može proizaći iz nezgode ili neispravnosti opreme koja se koristi za skladištenje ili obradu hlora. Transport hlora takođe može predstavljati rizik, posebno ako dođe do nesreće tokom prevoza. U domaćinstvima, izlivi hlora mogu se dogoditi ako se nepravilno rukuje kućnim sredstvima koja sadrže hlor, poput izbeljivača ili dezinfekcionih sredstava za bazene. Bez obzira na izvor, izlivi hlora zahtevaju brzu reakciju i adekvatno postupanje kako bi se sprečila šteta za životnu sredinu i ljudsko zdravlje.

U nastavku teksta biće predstavljeni slučajevi izlivanja hlora, tj. neki od njih, jer zabeleženih slučajeva postoji mnogo. Izdvojeni su oni, prema mišljenju autora ovog rada, najznačajniji. Slučajevi nisu hronološki poređani, već idu redosledom saznavanja i pronalaženja informacija.

7.1. Izlivanje hlora u Bhopalu, Indija (1984)

U noći između 2. i 3. decembra 1984. godine, u fabričkom postrojenju *Union Carbide* u Bhopalu, Indija, došlo je do curenja gasa iz cisterne koja je sadržala izocijanat, među kojima je bio i hlorovodonični gas (Broughton, 2005). Izlivanje gasa, uključujući hlorovodonični gas, izazvalo je smrt hiljada ljudi u okolnim zajednicama, a mnogi su pretrpeli trajne zdravstvene probleme. Katastrofa u Bhopalu smatra se jednom od najgorih industrijskih nesreća u istoriji. Do curenja je došlo usled nekoliko faktora, uključujući loše održavanje opreme, neadekvatne sigurnosne protokole i propuste u upravljanju. Toksični gasovi, uključujući metil izocijanat (MIC) i druge hemikalije, brzo su se proširili izvan postrojenja, zahvativši gusto naseljene sirotinjske četvrti u okolini (Broughton, 2005).

Zvanični podaci o broju poginulih variraju, ali se procenjuje da je direktno od izlaganja toksičnim gasovima preminulo između 2.000 i 3.000 ljudi u prvim danima nakon nesreće. Dugoročne posledice bile su još ozbiljnije, sa procenama koje ukazuju da je ukupan broj preminulih, zbog komplikacija povezanih sa izlaganjem, dostigao između 15.000 i 20.000 ljudi tokom narednih godina (Broughton, 2005).

Pored smrtnih slučajeva, više od pola miliona ljudi pretrpelo je različite zdravstvene probleme, uključujući respiratorne bolesti, probleme sa očima, neurološke poremećaje i druge hronične bolesti (Broughton, 2005). Mnogi preživeli i njihovi potomci i dalje se suočavaju sa zdravstvenim problemima i posledicama kontaminacije.

Nesreća je imala ogroman socio-ekonomski i ekološki uticaj na regiju. Zagađenje tla i vode u okolini fabrike ostalo je problem decenijama nakon nesreće. Lokalne zajednice su zahtevale pravdu i kompenzaciju, a pravne bitke između žrtava, *Union Carbide*-a i kasnije *Dow Chemical*-a (koji je preuzeo Union Carbide) trajale su godinama (Broughton, 2005).

Ovaj tragični događaj doveo je do značajnih promena u međunarodnim standardima za industrijsku sigurnost i regulaciju opasnih materijala, kao i do povećane svesti o potrebi za striktnim pridržavanjem sigurnosnih procedura u industrijskim postrojenjima.

7.2. Izlivanje hlora u St. Louis, SAD (1979)

U julu 1979. godine, u St. Louisu, u državi Missouri, došlo je do izlivanja hlora iz postrojenja za prečišćavanje vode. Ovo izlivanje izazvalo je hitnu evakuaciju oko 3.000 ljudi, dok je 521 osoba primljena u bolnicu sa simptomima trovanja. Incident je nastao usled tehničkog kvara u postrojenju, što je dovelo do curenja velikih količina hlora u atmosferu (Minnesota Department of Health, 2016).

Hlor, koji se koristi za dezinfekciju vode, je izuzetno toksičan gas koji može izazvati ozbiljne respiratorne probleme, iritaciju očiju i kože, kašalj, bol u grudima, i u teškim slučajevima, smrtonosne ishode. Stanovnici u okolini postrojenja brzo su osetili efekte izlivanja, što je rezultiralo hitnim merama evakuacije kako bi se smanjio broj izloženih osoba.

Lokalne vlasti i hitne službe brzo su reagovala na incident, uspostavljajući zone evakuacije i pružajući medicinsku pomoć pogođenima. Zdravstvene ustanove u St. Louisu bile su preplavljene pacijentima koji su tražili pomoć zbog

simptoma trovanja hlorom, što je dodatno opteretilo medicinske resurse grada (Minnesota Department of Health, 2016).

Ovaj događaj je naglasio važnost rigoroznih sigurnosnih protokola u postrojenjima za prečišćavanje vode i pokazao potrebu za adekvatnom obukom osoblja u postupcima za hitne situacije. Kao rezultat, mnoge zajednice su pooštrile regulative i unapredile svoje planove za hitne slučajeve kako bi se bolje pripremile za eventualne hemijske nesreće u budućnosti. Incident u St. Louisu poslužio je kao podsetnik na opasnosti povezane sa rukovanjem i skladištenjem toksičnih hemikalija i potrebu za stalnim nadzorom i održavanjem sigurnosnih sistema u objektima koji koriste takve materijale.

7.3. Izlivanje hlora u Graniteville-u, SAD (2005)

Izlivanje hlora u Granitevilleu, u Južnoj Karolini, 6. januara 2005. godine bio je jedan od najvećih incidenta u vezi sa hlorom u Sjedinjenim Američkim Državama. Incident se dogodio kada je teretni voz prevozeći opasne materijale, uključujući i cisternu sa hlorom, sleteo sa šina i sudario se sa stacionarnim teretnim vozom. Sudar je bio takve jačine da je došlo do probijanja cisterne u kojoj se nalazio hlor, što je izazvalo curenje velike količine hlornog gasa u okolinu (Dunning & Oswalt, 2007).

Izlivanje hlora izazvalo je trenutnu i ozbiljnu opasnost za stanovnike Graniteville-a. Devet osoba je preminulo zbog izloženosti hlornom gasu, a stotine su bile hospitalizovane sa simptomima trovanja, uključujući teškoće sa disanjem, iritaciju očiju i kože, teške bolove u grudima i kašalj. Pored ljudskih žrtava, incident je doveo i do evakuacije preko 5.400 stanovnika iz pogođenog područja kako bi se izbegle dalje žrtve (Dunning & Oswalt, 2007). Ovaj incident je imao značajne dugoročne posledice na lokalnu zajednicu. Pored trenutnih zdravstvenih problema, mnogi su pretrpeli trajne zdravstvene posledice zbog izloženosti hlornom gasu. Ekološki efekti izlivanja takođe su bili značajni, jer je hlor kontaminirao lokalne vodene tokove i zemljište (Dunning & Oswalt, 2007).

Incident u Granitevilleu je ukazao na potrebu za strožim regulativama i sigurnosnim protokolima u transportu opasnih materijala. Federalna uprava za železnice (FRA) i druge agencije su nakon ovog događaja uvele strožije standarde za transport i rukovanje opasnim materijalima kako bi se smanjio rizik od sličnih incidenata u budućnosti (Dunning & Oswalt, 2007).

7.4. Izlivanje hlora u Atisonu, Kansas (2016)

Izlivanje hlora u Atisonu, Kansasu 2016. godine dogodilo se kada je kamion sa 4.000 galona sumporne kiseline počeo da se istovaruje u rezervoar u fabrici MGP Ingredients u Atisonu, Kansas. Na nesreću, umesto u rezervoar za sumpornu kiselinu, kiselina je istovarena u rezervoar koji je već bio 90% pun natrijum hipohlorita, poznatog i kao izbeljivač. Reakcija između ovih dveju hemikalija rezultirala je stvaranjem gasovitog hlora (CSB, 2017).

Nakon što je poklopac rezervoara odleteo, gusti zeleni oblak hlornog gasa proširio se nad gradom. Incident je izazvao hitnu evakuaciju hiljada lokalnih stanovnika i poslao preko 140 osoba, uključujući radnike i građane, u obližnje bolnice zbog simptoma trovanja. Preliminarni izveštaj američkog Odbora za hemijsku bezbednost (*U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board*) istakao je ozbiljnost incidenta i njegove posledice (CSB, 2017).

Ovaj događaj ukazao je na kritičnu važnost pravilnog rukovanja i skladištenja hemikalija kako bi se sprečili slični incidenti u budućnosti. Učenje iz ovih slučajeva koristi se za unapređenje sigurnosnih standarda i regulativa, kao i za obuku osoblja koje rukuje opasnim materijalima kako bi se smanjili rizici i poboljšala bezbednost u industrijskim postrojenjima.

8. ZAKLJUČAK

U ovom radu je istražena bezbednost upotrebe hlora, analizirane su njegove prednosti i nedostaci kao dezinfekcionog sredstva, kao i njegovi efekti na zdravlje ljudi i životnu sredinu. Hlor je od svog prvog korišćenja pokazao visoku efikasnost u dezinfekciji vode i industrijskih postrojenja, zahvaljujući svojoj sposobnosti da uništi širok spektar mikroorganizama brzo i ekonomično. Međutim, njegova ograničenja postaju očigledna u slučajevima infekcija uzrokovanih parazitima poput *Giardia intestinalis* ili *Cryptosporidium*, koji su otporni na tradicionalne metode dezinfekcije hlorom.

Pravilna i efikasna primena hlora u vanrednim situacijama je ključna, ali zabrinutost u vezi sa toksičnošću i bezbednošću njegove upotrebe sve više raste. Hlor je izuzetno isparljiv i opasan, zahtevajući posebne mere opreza pri transportu, čuvanju i upotrebi. Njegovi potencijalno štetni toksični nusproizvodi dezinfekcije predstavljaju ozbiljan rizik za zdravlje ljudi. Takođe, većina sistema za prečišćavanje otpadnih voda koji koriste hlor moraju primeniti tehnologije dehlorisavanja, što dodatno povećava troškove tretmana.

Posebna pažnja je posvećena uticaju hlora kao dezinfekcionog sredstva tokom pandemije koronavirusa, gde je opsesivno-kompulzivni poremećaj bio posebno izražen. Pored svoje uloge u dezinfekciji, hlor je značajan i kao komponenta perzistentnih organskih zagađivača (POPs), koji predstavljaju dugoročni problem zbog sporog razlaganja i prenošenja na velike udaljenosti putem vazduha.

Korišćenje hlora kao hemijskog agensa u ratovima, poput onih u Iraku i Siriji, ukazuje na njegovu visoku reaktivnost i toksičnost. Incidenti izlivanja hlora, poznati po svojim fatalnim efektima usled inhalacije gasa, ostavljaju trajne posledice na zdravlje i životnu sredinu.

Osnovna hipoteza rada, da je upotreba hlora kao dezinfekcionog sredstva efikasna ali nosi značajne rizike za zdravlje ljudi i životnu sredinu, je potvrđena. Takođe su potvrđene i sve posebne hipoteze. Prva posebna hipoteza koja pretpostavlja da efikasnost dezinfekcije hlorom zavisi od metode primene, ali može dovesti do formiranja štetnih nusprodukata je potvrđena. Rad ističe da je efikasnost dezinfekcije hlorom visoka, ali varira u zavisnosti od metode primene. Takođe, naglašeno je da upotreba hlorom može stvoriti štetne nusprodukte, posebno u slučajevima kada su prisutni organski materijali ili

drugi kontaminanti. Druga posebna hipoteza, koja pretpostavlja da dugoročna upotreba hlora, kao i njegova prisutnost u perzistentnim organskim zagađivačima (POPs), ima negativne efekte na ekosisteme i zdravlje ljudi, je potvrđena. Rad je pokazao da dugoročna upotreba hlora može dovesti do akumulacije u životnoj sredini kao deo Perzistentnih organskih zagađivača (POPs), što može imati štetne posledice po ekosisteme i zdravlje ljudi. Treća posebna hipoteza, koja pretpostavlja da upotreba hlora u bioterorizmu predstavlja ozbiljan rizik zbog njegove dostupnosti i potencijala za nanošenje posledica sa masovnim efektom, je potvrđena primerima upotrebe hlora u Prvom svetskom ratu, kao i njegovom upotrebom u Iraku i Siriji.

Za unapređenje bezbednosti i efikasnosti upotrebe hlora, preporučuje se konstantno unapređenje obuke i standarda, uvođenje uniformnih standarda za dezinfekciju i tehnologije dehlorisanja, kao i poboljšanje mera zaštite tokom transporta i skladištenja. Takođe, neophodno je uvođenje redovnih kontrola i pružanje adekvatne medicinske pomoći osobama izloženim hloru. Povećanje saradnje između različitih zemalja i međunarodnih organizacija je ključno za razmenu znanja i iskustava, čime se može doprineti boljoj pripremljenosti i efikasnosti u slučajevima akcidentnih situacija.

Ovaj rad može doprineti povećanju svesti o rizicima i prednostima upotrebe hlora, kao i pružiti korisne smernice za buduća istraživanja i praksu u ovoj oblasti.

9. LITERATURA

- Ahmadpour, E., & Safarpour, H., & Xiao, L., & Zarean, M., & Hatam-Nahavandi, K., Barac, A., Picot, S., Rahimi, M., Rubino, S., Mahami-Oskouei, M., Spotin, A., Nami, S. & Bannazadeh Baghi, H. (2020). Cryptosporidiosis in HIV-positive patients and related risk factors: A systematic review and meta-analysis. *Parasite*, 27(4), 1-19.
- Ali, J. (2001). Chemical Weapons and the Iran-Iraq War: A Case Study. *The Nonproliferation Review* 8(1), 43-58.
- Amutova, Farida. (2022). *Assessment of bioavailability of organochlorine pesticides in chain „soil – farm animals – food products“*. Doctoral thesis. University of Lorraine.
- Angione, S., McClenaghan, H. & LaPlante, A. (2011). A Review of Chlorine in Indoor Swimming Pools and its Increased Risk of Adverse Health Effects. *Revue interdisciplinaire des sciences de la santé - Interdisciplinary Journal of Health Sciences*. 2(1), 44-51.
- BBC (2018). Syria war: What we know about Douma 'chemical attack'. Dostupno na: <https://www.bbc.com/news/world-middle-east-43697084>.amp
Pristupljeno: 20.03.2024.
- Bennett, Bruce W., and Davis, J. (2004). *Needed Now: The “85% Quick-Fix” in Bio-Defense*. Maxwell Air Force Base: Air University.
- Boutrid, N., Rahmoune, H., & Amrane, M. (2018, November). Genetics and serology of celiac disease during giardiasis. *Gastroenterology*, 53(10-11), 14-27.
- Broughton, E. (2005). The Bhopal disaster and its aftermath: a review. *Environmental Health* 4(1), 1-6
- Bucko, M., & Gieger, S. (2016). Yersinia Pestis (Plague). The World Organisation for Animal Health.
- Bureau of Public Affairs (2003). Saddam's Chemical Weapons Campaign: Halabja, March 16, 1988. Dostupno na: <https://2001-2009.state.gov/r/pa/ei/rls/18714.htm>
Pristupljeno: 20.08.2024.
- Buyung, M. L., & Geun, S. (2007). Dietary Exposure Estimation of Benzo[a]pyrene and cancer risk assessment. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 70(15-16):1391-1394.
- Całkosiński, I., Rosińczuk-Tonderys, J., Bazan, J., Dobrzyński, M., BronowickaSzydelko, A., Dzierzba, K. (2014). Influence of dioxin intoxication on the human system and possibilities of limiting its negative effects on the environment and living organisms. *Ann Agric Environ Med.*, 21(3), 518-524.

- Caves, John P., Jr., and W. Seth Carus (2014). *The Future of Weapons of Mass Destruction: Their Nature and Role in 2030*. Washington, National Defense University.
- CEFIC (2016). *DDT and malaria*. Euro Chlor Communications. Brussels.
- Cheim, L., Platts, D., Prevost, T., & Xu, S. (2012). Furan Analysis for Liquid Power Transformers. *IEEE Electrical Insulation Magazine*, 28(2), 8-21.
- Coleman, T. S., Koschinsky, J., & Black, D. (2022). *Causality in the time of Cholera: John Snow and the process of scientific inquiry*. Chicago: University of Chicago.
- SCB (2017). CSB Releases Preliminary Findings into Chemical Release at MGPI Industries; Investigators Note Insufficient Safety Design Features and Shortcomings in Emergency Shutdown Devices. Dostupno na: <https://www.csb.gov/csb-releases-preliminary-findings-into-chemical-release-at-mgpi-industries-investigators-note-insufficient-safety-design-features-and-shortcomings-in-emergency-shutdown-devices/> Pristupljeno: 24.03.2024.
- De, B., Sen, D. & Easwari, T S. (2015). Chemistry and Therapeutic Aspect of Furan: A Short Review. *Asian Journal of Research in Chemistry*, 8(6), 428-438.
- Dunnig, A. E., & Oswald, J. L. (2007). Train Wreck and Chlorine Spill, Transportation Effects and Lessons in Small-Town Capacity for No-Notice Evacuation. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board* 2009(1), 130-135.
- Elsafti Elsaedy, A., Alsaleh, O., van Barlaer, G., Alhallak, A., Saeed, S., Soliman, A., & Hubloue, I. (2021). Effects of Two Chlorine Gas Attacks on Hospital Admission and Clinical Outcomes in Kafr Zita, Syria. *Cureus*, 13(8), 1-10.
- EPA (2003). *Health Effects Support Document for Aldrin/Dieldrin*. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Erdemli, M.E., Yigitcan, B., Erdemli, Z., Gul, M., Gozukara B.H. & Gul, S. (2020). Thymoquinone protection against 2, 3, 7, 8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin induced nephrotoxicity in rats. *Biotechnic & Histochemistry*, 95(8), 1-8.
- Eskenazi, B., Warner, M., Brambilla, P., Signorini, S., Ames, J., Mocarelli, Paolo. (2018). The Seveso accident: A look at 40 years of health research and beyond. *Environment international*, 121(1), 71-84.
- Evans, S., Campbell, C., & Naidenko, O. V. (2020). *Analysis of cumulative cancer risk associated with disinfection by products in United States drinking water*. New York: Enviroment Research, Public Health.

- FAO & WHO (2008). *Benefits and Risks of the Use of Chlorine-containing Disinfectants in Food Production and Food Processing*. Report of a Joint FAO/WHO Expert Meeting. Ann Arbor, MI, USA.
- Faroon, O. & Ruiz, P. (2015). Polychlorinated biphenyls. *Toxicology and industrial health*, 32(11), 1825-1847.
- Fitzgerald, G. (2008). Chemical Warfare and Medical Response During World War I. *American Journal of Public Health*, 98(4), 611-625.
- Freese, S. & Nozaic, Dj. (2007). Chlorine: Is it really so bad and what are the alternatives. *Water SA*, 30(5), 18-24.
- Frischknecht, F. (2003). The history of biological warfare. *EMBO Reports*, 4(1), 47-52.
- Gerace, E., Di Marco Lo Presti, V., & Biondo, C. (2019). Cryptosporidium Infection: Epidemiology, Pathogenesis, and Differential Diagnosis. *European Journal of Microbiology and Immunology*, 9(4), 1-5.
- Grozdanović, S. (2012). *Hemijska oksidacija hlorom i ozonom (dezinfekcija)*. Požarevac.
- Hahm, J., Park, J., Jang, E.-S., & Chi, S. (2022). 8-oxoguanine: from oxidative damage to epigenetic and epitranscriptional modification. *Experimental & Molecular Medicine*, 54(10), 1626-1642.
- Hites, R. A. (2011). Dioxins: An Overview and history. *Environmental Science and Technology*, 45(2), 16-20.
- Honeycutt, M., & Shirley, S. (2014). *Encyclopedia of Toxicology*. Third edition. Elsevier, London.
- Jovančičević, D. B. (2018). *Dugotrajne organske zagađujuće supstance*. Beograd: Hemijski fakultet.
- Jürgens, M., Crosse, J., Hamilton, P., Johnson, A. & Jones, K. (2016). The long shadow of our chemical past – High DDT concentrations in fish near a former agrochemicals factory in England. *Chemosphere*, 162(2), 333-344.
- Kirk, K., Horner, H. A., Elford, E., & Newbold, G. (1994). *Transport of diverse substrates into malaria-infected erythrocytes via a pathway showing functional characteristics of a chloridin channel*. Oxford: University Laboratory of Physiology.
- Knežević, Z., Sedak, M., Đokić, M., & Vratarić, D. (2011). Dioksini u hranidbenom lancu. *Meso*, 13(3), 175-178.
- Linner, B.O., & Selin, H. (2013). The United Nations Conference on Sustainable Development: Forty Years in the Making. *Environment and Planning C Government and Policy* 31(6), 971-987.

- Litman L, Rosen Z, Hartman R, Rosenzweig C, Weinberger-Litman SL, Moss AJ, Robinson, J. (2023) Did people really drink bleach to prevent COVID-19? A guide for protecting survey data against problematic respondents. *PLoS ONE* 18(7): e0287837.
- Long, M., Wielsoe, M., & Cecilie, E. (2022). Dioxin-like Activity in Pregnant Women and Indices of Fetal Growth: The ACCEPT Birth Cohort. *Toxics*, 10(1), 26-47.
- Lovrić, A. (2016). *Osjetljivost proteina na oksidaciju i posljedice na fenotip stanice*. Zagreb.
- Luarte, T., Gomez, V., Poblete-Castro, I., Castro-Nallar, E., Hunneus, N., MolinaMontenegro, M., Egas, C., Azcune, G., Perez-Parada, A., Lohmann, R., BohlinNizzetto, P., Dachs, J., Bengston-Nash, S., Chiang, G., Pozo, K. & Galban-Malagon, C. J. (2023). Levels of persistent organic pollutants (POPs) in the Antarctic atmosphere over time (1980 to 2021) and estimation of their atmospheric half-lives. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 23(14), 8103-8118.
- Marković, S., & Stefanović, V. (2018). *Uticaj freona na životnu sredinu*. Čačak: Fakultet tehničkih nauka Čačak.
- Marti, N., Marques, M., Montse, M., & Domingo, H. (2015). Climate change and environmental concentrations of POPs: A review. *Environmental Research*, 143(Pt A), 177-185.
- Matthies, M., & Beulke, S. (2017). Considerations of temperature in the context of the persistence classification in the EU. *Environmental science*, 29(15), DOI: <https://doi.org/10.1186/s12302-017-0113-1>
- Matsuoka, H., & Ogata, N. (2013). Inhibition of malaria infection and repellent effect against mosquitoes by chlorine dioxide. *Medical Entomology and Zoology* 64(4), 203-207.
- Mcdermott, C. & Heffron, J. (2013). Toxicity of Industrially Relevant Chlorinated Organic Solvents In Vitro. *International journal of toxicology*, 32(2), 136-145.
- MDH. (2016). *Dieldrin and drinking water*. Minnesota, USA.
- Minnesota department of health. (2016). St. Louis Park Drinking Water. St. Louis: Minnesota Department of health. Dostupno na: <https://www.health.state.mn.us/communities/environment/hazardous/docs/sites/hennepin/slpdwrepup0117.pdf> Pristupljeno: 23.03.2024.
- Naele, P. J., Fritz, J. J., & Davis, R. F. (2001, January 3). *Effect of UV on photosynthesis of Antarctic phytoplankton: models and their application to coastal and pelagic assemblages*. SCIELO. Dostupno na: www.scielo.cl/pdf/rchnat/v74n2/art06.pdf Pristupljeno: 08.03.2024.

- Newsom, D. (2006). Pioneers in infection control: John Snow, Henry Whitehead, the Broad Street pump and the beginnings of feographical epidemiology. *Journal of Hospital Infection*, 64(3), 210-216.
- Pesatori, A., Zocchetti, C., Consonni, D., Turrini, D., & Bertazzi, P. (1998). Dioxin exposure and non-malignant health effect: A mortality study. *Occupatioal Environmental Medicine*, 55(2):126-131
- Petronijević, N. (2006). *DNK, RNK i sinteza proteina - kroz pitanja i odgovore*. Beograd: Medicinski fakultet.
- Ranković, B. (2021). *Tretman otpadnih muljeva iz postrojenja za pripremu vode za piće primenom jonizirajućeg zračenja*. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Tehnološkomaturalurški fakultet.
- Reses, H., Gargano, J., Liang, J., Cronquist, A., Smith, K. & Collier, S., Roy, S., Eng, Jodi., Bogard, A., Lee, Brian., Hlavsa, Michele., Rosenberg, E., Fullerton, K., Beach, M. & Yoder, J. (2018). Risk factors for sporadic Giardia infection in the USA: a casecontrol study in Colorado and Minnesota. *Epidemiology and Infection*, 146(9), 1-8.
- Ristanović, E. (2016). *Medicinski i bezbednosni izazovi 21. veka – bioterorizam*. Beograd, Vojnomedicinska akademija Univerziteta odbrane u Beogradu.
- Sceants, S. (2005). The trial of Saddam Hussein. Chatman House. Dostupno na: <https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/public/Research/International%20Law/bptrialhussein.pdf> Pristupljeno: 20.03.2024.
- Sejdinovic, R., Prnjavorac, B. i Bedak, O. (2012). Bolesti gastrointestinalnog sistema i pluća. U: Keser, D., Ljuca, F., Sejdinović, R., Prnjavorac, B., Košnik, M., Šušković, S., Milenković, B., Popov-Grle, S., Stefanovski., T. (Eds.). *Plućne bolesti* (str. 451455). Tuzla: Medicinski fakultet Univerziteta u Tuzli.
- Shetty, S., Deepthi, D., Harshitha, S., Soksusare, S., Naik, P., & Kumari, S. (2023). Environmental pollutants and their effect on human health. *Heliyon*, 9(4), e19496.
- Sonnenberg, J. (2015). Shoot to Kill: Control and Controversy in the History of DDT Science. *Stanford Journal of Public Health*. Dostupno na: <https://web.stanford.edu/group/sjph/cgi-bin/sjphsite/shoot-to-kill-controland-controversy-in-the-history-of-ddt-science/> pristupljeno: 15.04.2024.
- Spasojević, M. (2019). *Montrealski protokol o supstancama koje oštećuju ozonski omotač - neke konsekvence za industrijuu rashladnih uređaja*. Beograd: Savezno ministarstvo za razvoj, nauku i životnu sredinu.
- United Nations (1972). *Stockholm Declaration and Action Plan for the Human Environment* United Nations, New York.

- United Nations Security Council (2018). Letter dated 28 August 2018 from the Secretary-General addressed to the President of the Security Council, S/2018/804. Dostupno na: <https://documents.un.org/doc/undoc/gen/n18/274/32/pdf/n1827432.pdf?token=81KzzULOj7DfEqR9Q6&fe=true> Pristupljeno: 20.03.2024.
- Superior Court of the State of California (2018). *Verdict form. Dewayne Johnson v Monsanto Company*. San Francisco, USA.
- Štefan, L., Tepšić, T., Zavidović, T., Urukalo, M., Tota, D., Domitrović, R. (2007). Lipidna peroksidacija – uzroci i posljedice. *Medicina*, 43(2), 84-93.
- The Chlorine Institute, Inc. (2008). *Chlorex Handbook*. (4th ed). Arlington, VA, USA.
- Tewari, S. (2023). Bayer Monsanto: PCB maker ordered to pay \$857m for toxic leaks. BBC News. Dostupno na: <https://www.bbc.com/news/business-67757332> Pristupljeno: 20.04.2024.
- Tulchinsky, T. H. (2018). *John Snow, Cholera, the Broad Street pump; Waterborne diseases then and now*. In: T. H. Tulchinsky (Ed.), *Case studies in public health* (pp. 77-79). New York: Elsevier
- Wells, M. & Llewellyn, L. (2006). *DDT Contamination in South Africa*. The International POPs Elimination Project (IPEP).
- White, G.C. (1999). *Handbook of Chlorination and Alternative Disinfectants* (4th edn.) Wiley-Interscience, John Wiley and Sons Inc., NY
- WHO (2019). *Exposure to dioxins and dioxin-like substances: a major public health concern*. Geneva, Switzerland.
- Williams, J. W. (1999, April 9). *Chemical model animation of CFCs releasing chlorine to form reservoir gases*. NASA. Dostupno na: <https://svs.gsfc.nasa.gov/826/> Pristupljeno: 08.03.2024.
- Zakon o smanjenju rizika od katastrofa i upravljanju vanrednim situacijama, „Službeni glasnik RS“, br. 87/2018.
- Zakon o ratifikaciji Montrealskog protokola o supstancama koje oštećuju Ozonski omotač, „Sl. list SFRJ - Međunarodni ugovori“, br. 16/90 i „Sl. list SCG - Međunarodni ugovori“, br. 24/2004 - dr. zakon)
- Zakon o zabrani usavršavanja, proizvodnje i stvaranja zaliha bakteriološkog (biološkog) i toksičkog oružja i o njihovom uništavanju, „Sl. glasnik RS“, br. 87/2011
- Zakon o potvrđivanju Konvencije o zabrani usavršavanja, proizvodnje i stvaranja zaliha bakteriološkog (biološkog) i toksičkog oružja i o njihovom uništavanju, „Službeni list SFRJ - Međunarodni ugovori i drugi sporazumi“, broj 43/74

- Zangana , G., & Ala Aldeen, D. (2019). Enhancing chemical security in Kurdistan Region. *MERI - Middle East Research Institute*, 4(34), 1-7.
- Zhang X., Wei., Yu-ling , Zhao, G. , He, M. , Sun J., Zeng, W. (2023). Coronavirus disease 2019: Repeated immersion of chlorine-containing disinfectants has adverse effects on goggles. *Frontiers in Public Health*, 11(1), 1-6.
- Zimnako, M. A. (2016). *Halabja chemical victims society*. Presentation to 21th CWC Conference of States Parties (p. 1). Hague: OPCWC. Dostupno na: https://www.opcwc.org/sites/default/files/documents/CSP/C-21/national_statements/CWCC_21st_CSP_Plenary_Zimnako.pdf Pristupljeno: 20.03.2024.

Stručna biografija

Jelena Jovanović rođena je 29.01.1999. godine u Valjevu. Osnovnu školu je završila u selu Dračić, nadomak Valjeva, sa odličnim uspehom, primerenim vladanjem i kao nosilac Vukove diplome. Nakon toga, u Valjevu završava srednju Medicinsku školu, smer farmaceutski tehničar, takođe sa odličnim uspehom i kao nosilac Vukove diplome. Godine 2017. upisuje osnovne akademske studije na Kriminalističko – policijskom univerzitetu u Beogradu, smer Forenzičko inženjerstvo. Diplomirala je 2021. godine sa zvanjem diplomirani inženjer tehnologije. Neposredno nakon završetka osnovnih akademskih studija, upisuje master akademske studije na Fakultetu bezbednosti, smer studije upravljanja rizikom od elementarnih i drugih nepogoda. Od 2022. godine zaposlena je u Ministarstvu unutrašnjih poslova Republike Srbije na mestu forenzičkog veštaka u Odseku za operativnu forenziku, Odeljenju kriminalističke policije u Policijskoj upravi Valjevo. U toku 2023. godine završila je osnovni specijalistički kurs za operativnog forenzičara u trajanju od 6 meseci sa odličnim uspehom. U sklopu navedene obuka stekla je određene sertifikate iz oblasti Kontradiverzionih pregleda i veštačenja Digitalnih video rekordera, kao i drugih širih znanja iz oblasti forenzičke delatnosti.