

# Organski spojevi kao onečišćivala u vodi

---

Ivančić, Darko

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:333586>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-17**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**GEOTEHNIČKI FAKULTET**

**DARKO IVANČIĆ**

**ORGANSKI SPOJEVI KAO ONEČIŠĆIVALA U VODAMA**

**ZAVRŠNI RAD**

**VARAŽDIN, 2019.**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**GEOTEHNIČKI FAKULTET**

**ZAVRŠNI RAD**

**ORGANSKI SPOJEVI KAO ONEČIŠĆIVALA U VODAMA**

**STUDENT:**

Darko Ivančić

**MENTOR:**

izv.prof. Anita Ptíček Siročić

**VARAŽDIN, 2019.**



Sveučilište u Zagrebu  
Geotehnički fakultet



## ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnik: DARKO IVANČIĆ

Matični broj: 2326 - 2013./2014.

### NASLOV ZAVRŠNOG RADA:

ORGANSKI SPOJEVI KAO ONEČIŠĆIVALA U VODI

Rad treba sadržati: 1. Uvod

2. Opći dio

3. Organski spojevi

4. Utjecaj na ljudsko zdravlje

5. Metode analize organskih onečišćivala

6. Zakonska regulativa

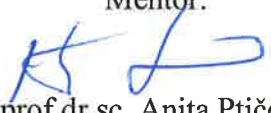
7. Zaključak

Pristupnik je dužan predati mentoru jedan uvezen primjerak završnog rada sa sažetkom. Vrijeme izrade završnog rada je od 45 do 90 dana.

Zadatak zadan: 15.01.2019.

Rok predaje: 05.09.2019.

Mentor:

  
Izv.prof.dr.sc. Anita Ptiček Siročić

Predsjednik Odbora za nastavu:

  
Izv.prof.dr.sc. Igor Petrović



## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom

ORGANSKI SPOJEVI KAO ONEČIŠĆIVAČA U VODI

(naslov završnog rada)

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **\*akademska titula i ime i prezime mentora i/ili komentora\***.

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 20.08.2019.

DARCO IVANČIĆ

(Ime i prezime)

Darco Ivančić

(Vlastoručni potpis)

## **SAŽETAK**

Voda je jedan od najvažnijih resursa današnjice. U svijetu postoji golema količina pitke vode, usprkos tome mnogi krajevi svijeta nemaju pitke vode. Mnogo je vode onečišćeno, a najpoznatija onečišćivala su organske tvari. Organska tvar dijeli se na razgradive i nerazgradive tvari te može biti produkt djelovanja čovjeka ili biokemijskih procesa. Organske tvari prisutne u vodama mogu biti prirodne i umjetne. Prirodne organske tvari potječu iz humusa, polimera i polimernih mješavina, organskih kiselina, tijekom procesa truljenja, dok su umjetne organske tvari nastale djelovanjem čovjeka. Negativni učinci organskih tvari na zdravlje mogu biti: genetske promjene, utjecaj na rast, povećani rizik od karcinoma i mnoge druge bolesti. Prisutnost organskih onečišćivala u vodi analizira se raznim kemijskim metodama na temelju kojih se iznosi krajnji zaključak

**KLJUČNE RIJEČI:** voda, organski spojevi, postojana organska onečišćivala, zdravlje, izvori, onečišćenje

## SADRŽAJ

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. UVOD .....                                                                                    | 1  |
| 2. OPĆI DIO .....                                                                                | 3  |
| 2.1. Onečišćenje okoliša i izvori onečišćenja.....                                               | 3  |
| 3. ORGANSKI SPOJEVI .....                                                                        | 5  |
| 3.1. Ugljikovodici.....                                                                          | 5  |
| 3.1.1. Alkani .....                                                                              | 5  |
| 3.1.2 Alkeni .....                                                                               | 6  |
| 3.1.3. Alkini.....                                                                               | 7  |
| 3.1.4. Areni .....                                                                               | 8  |
| 3.2. Prirodni organski spojevi .....                                                             | 8  |
| 3.3. Postojana organska onečišćivala .....                                                       | 9  |
| 3.3.1. Dioksini i furani.....                                                                    | 9  |
| 3.3.2. Poliklorirani bifenili (PCB) .....                                                        | 10 |
| 3.3.3. Poliklorirani naftaleni (PCN) .....                                                       | 11 |
| 3.3.4. Toksafen .....                                                                            | 12 |
| 3.3.5. Policiklički aromatski ugljikovodici (PAH).....                                           | 12 |
| 3.3.6. Pesticidi .....                                                                           | 13 |
| 3.3.7. Farmaceutici .....                                                                        | 14 |
| 4. UTJECAJ NA LJUDSKO ZDRAVLJE .....                                                             | 16 |
| 5. METODE ANALIZE ORGANSKIH ONEČIŠĆIVAČA .....                                                   | 17 |
| 5.1. Tekućinska kromatografija.....                                                              | 17 |
| 5.2. Infracrvena spektrometrija sa Fourierovom transformacijom.....                              | 18 |
| 5.3. Metoda ultraljubičastog zračenja .....                                                      | 19 |
| 5.4. Razgradnja prirodnih organskih tvari u vodi UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> postupkom..... | 20 |
| 5.5. Metoda određivanja koncentracije organskog ugljika .....                                    | 21 |
| 6. ZAKONSKA REGULATIVA.....                                                                      | 22 |
| 6.1. Zadaća i ciljevi politike zaštite okoliša .....                                             | 22 |
| 6.2. Zakonska regulativa u Republici Hrvatskoj .....                                             | 22 |
| 6.3. Zakon o vodama .....                                                                        | 23 |
| 6.4. Kombinirani pristup kontroli kemijskog onečišćenja voda .....                               | 23 |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 7. ZAKLJUČAK.....       | 24 |
| 8. LITERATURA .....     | 25 |
| 9. POPIS SLIKA.....     | 27 |
| 10. POPIS TABLICA ..... | 28 |

## 1.UVOD

Voda je tekućina bez boje, okusa i mirisa te je vrlo bitan sastojak svih živih organizama. Sastoji se od dva atoma vodika i jednog atoma kisika i jedna je od najvažnijih sastavnica života, a prisutna je u tri agregatna stanja, krutom tekućem i plinovitom. Najznačajnije svojstvo je njena gustoća koja je u čvrstom stanju manja od gustoće u tekućem stanju. Gustoća vode najveća je na 3.98 °C (tzv. anomalija vode) pa je led manje gustoće od tekuće vode te se zadržava na površini. Jedinstvena fizikalna i kemijska svojstva vode posljedica su kemijske i prostorne građe njezinih molekula. Vodikovi atomi su u molekuli vode vezani kovalentnom vezom s kisikom što uzrokuje asimetrični raspored elektrona i dipolna svojstva molekule.

Najrasprostranjenija je tekućina na Zemlji, a prekriva 71 % Zemljine površine. Prisutna je u morima, oceanima i podzemlju te neprekidno isparava u atmosferu. Hidrološki ciklus predstavlja kruženje vode u atmosferi i na površini Zemlje te njezino vraćanje u atmosferu, poput evaporacije odnosno isparavanja oceana, mora, jezera, rijeka te evapotranspiracije odnosno isparavanja iz biljaka. U oblacima dolazi do kondenzacije te nastaju padaline koje padaju natrag na kopno i oceane, pri čemu ukupna količina vode na Zemlji ostaje nepromjenjiva [1]. Prema mjestu postanka razlikuju se atmosferske, podzemne i površinske vode. Atmosferska voda je vrlo meka voda, razrijeđena, kompleksna otopina koju čine padaline u obliku snijega i kiše. Oborine nastaju kondenzacijom vodene pare u atmosferi. Na tlo padaju u tekućem (kiša) ili krutom obliku (snijeg, led), ali mogu nastati i pri tlu poput inja, rose i mraza. Onečišćena voda koja nastaje prolaskom kroz atmosferu naziva se kišnica te apsorbira mikroorganizme, plinove i druge prisutne kontaminirajuće čestice. U mnogim područjima Hrvatske, kišnica se, uz prethodno pročišćavanje upotrebljava u razne svrhe. Površinske vode su vodotoci, rijeke, potoci, jezera, mora, bare i sl. U njima se odvijaju aerobni procesi što ovisi o koncentraciji prisutnog otopljenog kisika. U podzemne vode svrstavaju se temeljnice ili pukotinske vode koje su prisutne na raznim dubinama.

Voda je također najvažnije otapalo te otapa mnoge tekućine, plinove i mnogobrojne krutine, a posebice organske tvari. Organske tvari su jedne od „starijih“ onečišćivala u

vodama koje mogu biti ljudskog, biljnog i životinjskog podrijetla. U prirodnim vodama mogu biti prisutne u sastavu organizama koji se nalaze u tim vodama. Također, mogu nastati kao produkt metabolizma različitih organizama, odnosno kao produkt raspadanja organizama. Nadalje, organske tvari nalaze se u blizini naftnih ležišta, a mogu nastati i tijekom različitih tehnoloških procesa. Prisutnost organskih tvari u okolišu predstavlja stalan oblik onečišćenja prirodnih vodnih sredina te ima velik utjecaj na smanjenje koncentracije kisika u vodi, a samim time utječu i na kakvoću vode u ekosustavu. Cilj ovog rada bio je opisati najčešća organska onečišćivača u okolišu, posebice u vodama te njihov utjecaj na ljudsko zdravlje [1].

## 2. OPĆI DIO

### 2.1. Onečišćenje okoliša i izvori onečišćenja

Onečišćenje je pojava različitih onečišćujućih tvari u okolišu u nekom određenom mjestu, vremenu i koncentraciji, koja nije posljedica nekog trajnog stanja i ne uzrokuje štetu kao zagađenje. Zagađenje je unošenje onečišćivala (tvari ili energije) u okoliš uzrokovano ljudskom djelatnošću, a uzrokuje štetne posljedice po živa bića i ljudsko zdravlje, onemogućuje ili ometa ljudske djelatnosti, smanjuje kvalitetu zraka, vode ili tla te opću ili estetsku vrijednost prirodnih ekosustava. Olako shvaćanje prirodnih dobara kao neiscrpnih resursa ozbiljno ugrožava određene biljne i životinjske vrste te prijeti njihovim izumiranjem. Okoliš onečišćuju i zagađuju razne tvari kao što su otpad, izlivanje nafte iz brodova, odbacivanje starog željeza, svjetlosno onečišćenje itd. Onečišćujuće čestice mogu kontaminirati zrak i tlo te na taj način dospjeti u vodne sustave. Zrak mogu kontaminirati čestice (plinovi, teški metali...) nastale izgaranjem u motornim vozilima kao i čestice nastale tijekom tehnoloških industrijskih procesa [1].

Onečišćenje vode predstavlja kvantitativno i kvalitativno odstupanje od prirodnog, kemijskog, biološkog i fizičkog sastava i kakvoće vode. Kemijski onečišćene vode sadrže brojne spojeve i otrove kojima se narušavaju karakteristični pokazatelji kakvoće vode, npr. pH, osmotska vrijednost, mineralni sastav, količina otopljenog kisika, miris, okus, itd. Na temelju kemijske prirode onečišćivala, onečišćenje može biti anorgansko(lužine, kiseline, soli, metali i pijesak...), organsko(otpaci iz domaćinstva, klaonica, šećerana, tvornica papira...) te radioaktivno. Biološko onečišćenje vode podrazumijeva onečišćenje vode raznim patogenim bakterijama, virusima, gljivicama, protozoama, ličinkama, parazitima i drugim organizmima koji su direktni uzročnici oboljenja ili suprijenosnici (vektori) patogenih mikroorganizama te su opasni za zdravlje ljudi i životinja. Navedeni uzročnici najčešće dopijevaju u površinske vode iz otpadnih voda ili voda iz poljoprivrede dok u podzemne vode mogu dospjeti preko propusne kanalizacije ili loše izvedenih septičkih jama. Neadekvatni postupci obrade vode za piće mogu uzrokovati različita teška oboljenja, a biološko onečišćenje voda smatra se jednim od najopasnijih onečišćenja vode. Fizikalno onečišćenje predstavlja negativnu promjenu svojstava vode, a vidljivo je kao povećanje temperature vode, pojava mutnoće vode, pojava boje, neugodnog okusa i mirisa. Povećanje temperature

vode najčešće je posljedica ispuštanja rashladne vode iz industrije bez potrebnog prethodnog hlađenja, a uzrokuje smanjenje koncentracije kisika u vodi što utječe na smanjenu razgradnju organskih tvari. Pojava mutnoće je posljedica prisutnosti suspendiranih čestica u vodi koje s vodom čine suspenzije ili koloidne otopine.

U današnje vrijeme, povećanjem broja stanovništva, povećavaju se i brojna onečišćenja. Većina onečišćivala nalazi se u otpadnim vodama koje ovisno o mjestu nastanka mogu biti komunalne, kućanske, oborinske i industrijske. Onečišćenje vode stimulira proces eutrofikacije odnosno proces onečišćenja koji se odvija kada vodni sustav postane prebogat biljnim hranjivim tvarima te se u njemu prekomjerno razvijaju alge i ostale vodene biljke. Uginule biljke se raspadaju i razlažu djelovanjem saprofitnih organizama, koji pritom troše kisik iz vode pa jezero, rijeka ili potok postaju beživotni. Nitratna gnojiva, koja ispiranjem dospijevaju u tlo, zatim nutrijenti (hranjive tvari) iz životinjskih otpadaka i kanalizacije, glavni su uzroci eutrofikacije. Zbog velike količine hranjivih tvari dolazi do intenzivnog bujanja vegetacije, a samim time i do stvaranja mulja uslijed ugibanja organizama. U konačnici, takav uznapredovali eutrofni proces negativno se odražava na vodeni ekosustav, odnosno na kakvoću vode te mogućnost njezine upotrebe, a najčešće rezultira potiskivanjem i ugibanjem biljnih i životinjskih vrsta [2,14].

### 3. ORGANSKI SPOJEVI

#### 3.1. Ugljikovodici

Ugljikovodici predstavljaju skupinu organskih spojeva vrlo često prisutnih u prirodi, asastoje se od atoma ugljika i vodika. Kostur molekule čine povezani atomi ugljika se prema strukturi molekule dijele na acikličke ili alifatske(atomi ugljika vezani u lance), cikličke ili prstenaste(atomi ugljika povezani u prsten) (Slika 1). U svakoj od ovih skupina prema vrsti kovalentnih veza između atoma ugljika razlikuju se zasićeni ugljikovodici s jednostrukim kovalentnim vezama i nezasićeni s dvostrukim ili trostrukim kovalentnim vezama[3].



Slika 1. Podjela ugljikovodika

##### 3.1.1. Alkani

Alkani su zasićeni ugljikovodici opće formule  $C_nH_{2n+2}$ , lako su zapaljive tvari te su sastavni dio nafte. Zbog lake zapaljivosti u smjesi sa zrakom, pri određenom sastavu može doći i do velikih eksplozija na crpilištima, rafinerijama ili tijekom samog transporta. Najjednostavniji primjer alkana je metan, ugljikovodik formule  $CH_4$  koji je glavni sastojak zemnog plina i koji u smjesi sa zrakom daje eksplozivnu zapaljivu smjesu. Metan vrlo brzo reagira sa halogenim elementima te izaziva gušenje u zatvorenim prostorima. Općenito, kemijske reakcije u kojima sudjeluje metan, vrlo je teško kontrolirati. Poznato je da oslobađanje metana iz permafrosta na Arktiku doprinosi povećanom globalnom zatopljenju kao i oslobađanje metana iz dna oceana. Daljnji članovi niza alkana, koji se razlikuju po jednoj metilenskoj skupini pripadaju

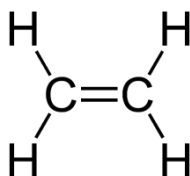
homolognom nizu alkana, (Slika 2). Za razliku od ostalih spojeva, nemaju izrazito reaktivnih funkcionalnih skupina te samim time vrlo teško kemijski reagiraju. Za ugljikovodike su karakteristične reakcije gorenja i reakcije supstitucije(zamjene) [4].

| Rb. | Naziv  | Formula                      | Skraćena strukturna formula                             |
|-----|--------|------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 1.  | metan  | $\text{CH}_4$                | $\text{CH}_4$                                           |
| 2.  | etan   | $\text{C}_2\text{H}_6$       | $\text{CH}_3 - \text{CH}_3$                             |
| 3.  | propan | $\text{C}_3\text{H}_8$       | $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$               |
| 4.  | butan  | $\text{C}_4\text{H}_{10}$    | $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ |
| 5.  | Pentan | $\text{C}_5\text{H}_{12}$    | $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH}_3$           |
| 6.  | heksan | $\text{C}_6\text{H}_{14}$    | $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH}_3$           |
| 7.  | heptan | $\text{C}_7\text{H}_{16}$    | $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH}_3$           |
| 8.  | oktan  | $\text{C}_8\text{H}_{18}$    | $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_6 - \text{CH}_3$           |
| 9.  | nonan  | $\text{C}_9\text{H}_{20}$    | $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH}_3$           |
| 10. | dekan  | $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ | $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_8 - \text{CH}_3$           |

*Slika 2. Homologni niz alkana*

### 3.1.2 Alkeni

Alkeni su nezasićeni ugljikovodici opće formule  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ , a karakterizira ih barem jedna dvostruka veza ugljik-ugljik(Slika 3).



*Slika 3. Prikaz dvostruke veze alkena*

Sadrže manje atoma od alkana s istim brojem atoma ugljika, a najjednostavniji predstavnik alkena je eten. Homologni niz nastavljaju propen, buten, hepten itd.(Slika 4). Geometrijska izomerijaalkena prikazuje nemogućnost rotacije oko njihove dvostruke

veze. Napolarni su spojevi, što znači da nisu topljivi u vodi. Upotrebljavaju se uglavnom u industriji kao polazni spojevi u proizvodnji različitih spojeva, primjerice polimera. Nezasićenih spojeva u prirodi ima mnogo kao npr. ulja, vitamini, hormoni, terpeni i sl. Jedan od vrlo rasprostranjenih nezasićenih ugljikovodika je i beta-karoten koji se nalazi u voću i povrću, a koristi se u prehrambenoj industriji te djeluje kao antioksidans što znači da smanjuje mogući nastanak tumora [3].

| Rb. | Naziv  | Formula        | Skraćena strukturna formula   |
|-----|--------|----------------|-------------------------------|
| 1.  | Eten   | $C_2H_4$       | $H_2C = CH_2$                 |
| 2.  | Propen | $C_3H_6$       | $CH_3 - CH = CH_2$            |
| 3.  | Buten  | $C_4H_8$       | $CH_3 - CH_2 - CH = CH_2$     |
| 4.  | Penten | $C_5H_{10}$    | $CH_3 - (CH_2)_2 - CH = CH_2$ |
| 5.  | Heksen | $C_6H_{12}$    | $CH_3 - (CH_2)_3 - CH = CH_2$ |
| 6.  | Hepten | $C_7H_{14}$    | $CH_3 - (CH_2)_4 - CH = CH_2$ |
| 7.  | Okten  | $C_8H_{16}$    | $CH_3 - (CH_2)_5 - CH = CH_2$ |
| 8.  | Nonen  | $C_9H_{18}$    | $CH_3 - (CH_2)_6 - CH = CH_2$ |
| 9.  | Deken  | $C_{10}H_{20}$ | $CH_3 - (CH_2)_7 - CH = CH_2$ |

*Slika 4. Homologni niz alkena*

### 3.1.3. Alkini

Alkini predstavljaju nezasićene ugljikovodike opće formule  $C_nH_{2n-2}$ , a karakterizira ih barem jedna trostruka veza (Slika 5). U prirodi se nalazi mali broj tih spojeva. Nezasićeniji su od alkena jer u odnosu na njih, imaju manjak atoma vodika. Najjednostavniji primjer ovih spojeva je etin, spoj koji se rabi u velikim količinama za autogeno zavarivanje, a u kemijskoj industriji za sintezu organskih spojeva. Za alkine su također karakteristične reakcije adicije poput halogeniranja i hidrogeniranja [3]. Prirodni su alkini jako otrovni ili imaju fungicidno, antibiotsko odnosno antikancerogeno djelovanje i to naročito oni koji imaju veći broj trostrukih veza. Od sintetski pripremljenih lijekova, mali je broj onih koji imaju trostruke veze. Neki od njih su analgetici i lijekovi za snižavanje krvnog tlaka.



*Slika 5. Prikaz trostruke veze alkina*

### 3.1.4. Areni

Areni su prstenasti ugljikovodici pri čemu je prsten građen od šest atoma ugljika koji su međusobno povezani u pravilan šesterokut s naizmjeničnom jednostrukom i dvostrukom kovalentnom vezom (Slika 6). Takav se prsten naziva aromatskom jezgrom. Kao i do sad spomenuti ugljikovodici i areni su zapaljivi, a plamen koji pritom nastaje je čađav. Mogu biti prisutni kao tekućine ili kao čvrste tvari karakterističnog mirisa, vrelište im raste s porastom relativne molekulske mase, ne otapaju se u vodi ali se zato dobro otapaju u organskim otapalima. U kemijskim reakcijama ponašaju slično alkinima. Koriste se kao polazne tvari za dobivanje drugih organskih spojeva, u petrokemijskoj industriji, kao otapala, za dobivanje lijepila i plastičnih materijala, a vrlo su štetni po ljudsko zdravlje. Najpoznatiji primjeri arena su benzen, toluen i ksilen[3].



*Slika 6. Prikaz aromatske jezgre arena*

### 3.2. Prirodni organski spojevi

Prirodni organski spojevi predstavljaju skupinu spojeva koji se nalaze u površinskim i podzemnim vodama kao posljedica prirodnih procesa u okolišu. Nastaju kao posljedica raspadanja biljnog materijala te uključuju različite biološke aktivnosti algi, praživotinja

i mikroorganizama. Složena su smjesa spojeva čije su molekule sastavljene od alifatskihlanaca i aromatskih prstena na koje su vezane različite funkcionalne skupine poput amidne, karboksilne, ketonske, hidroksilne i sl, Primjeri ovih spojeva su proteini, aminokiseline, polisaharidi, huminske tvari, fulvinske kiseline i sl. Huminska i fulvinska kiselina pripadaju huminskim tvarima koje čine polovicu otopljenog organskog ugljika. Prisutnost prirodnih organskih spojeva u vodi ovisi o karakteristikama slivnog područja, godišnjim oborinama te ljudskim aktivnostima. Organske tvari koje ulaze u vodu izvana nazivaju se alohtonima. Alohtoni u vodu dospijevaju ispiranjem površina tla, a oni koji se stvaraju unutar vode, nastaju raspadanjem algi i makrofita[3].

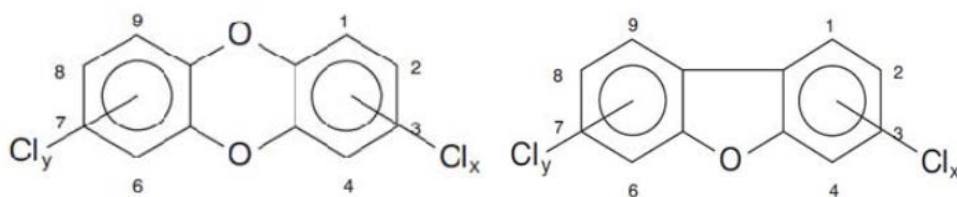
### **3.3.Postojana organska onečišćivala**

Postojana organska onečišćivala, spojevi su opasni za ljude i okoliš jer se zbog svoje postojanosti u okolišu mogu prenositi na velike udaljenosti te akumulirati u ljudskom i životinjskom tkivu, a njihova se koncentracija može povećavati pri svakome koraku prehrambenog lanca. Neki od postojanih organskih onečišćivala su dioksini i furani, polikloriranibifenili, polikloriraninaftaleni, polikloriranialkani, toksafen, bromirani usporivači gorenja (BFR), poliaromatski ugljikovodici (PAH), pesticidi, farmaceutici i sl. [1]. Isparavaju u atmosferu u toplijim krajevima i kondenziraju se u hladnijim te su veoma rasprostranjeni po cijelom svijetu uključujući područja gdje nikad nije bilo njihovog korištenja. Najčešći izvori postojanih organskih onečišćivala su pesticidi, industrijski produkti, nusprodukti i sl. [3,4].

#### **3.3.1.Dioksini i furani**

Polikloriran –p-dibenzodioksini (PCDD) i polikloriranidibenzofurani (PCDF) ili kako se često nazivaju zajedničkim nazivom PCDD/F pripadaju skupini postojanih organskih onečišćujućih tvari, složene kemijske strukture (Slika 7). Dioksini i furani predstavljaju veliku opasnost za živi svijet i okoliš. Većina izvora

polikloriranih dibenzo-p-dioksina (PCDD) i polikloriranih dibenzofurana (PCDF) su kemijske, toplinske, fotokemijske i enzimске reakcije. Najveći izvori ovih onečišćivala u okolišu su procesi izgaranja posebice u spalionicama gradskog, medicinskog i industrijskog otpada. PCDD i PCDF su vrlo postojani i opasni. Akumuliraju se u masnim tkivima živih bića ili se vežu na organsku frakciju tla i sedimenata koji su glavni neživi rezervoari nakupljanja PCDD i PCDF iz različitih izvora. Za nastajanje ovih spojeva potreban je ugljik, kisik i klor uz prisustvo metalnih katalizatora te pripadajuću temperaturu (400-700 °C). Vrlo su štetni za ljudsko zdravlje i okoliš. Zbog velike opasnosti od akumulacije u prirodi, mnoge su zemlje izradile plan o njihovim emisijama u okoliš radi boljeg razumijevanja učešća pojedinih izvora u ukupnoj emisiji PCDD/F. Najveće su emisije ovih spojeva zapažene u Japanu kao posljedica spaljivanja komunalnog otpada[1].

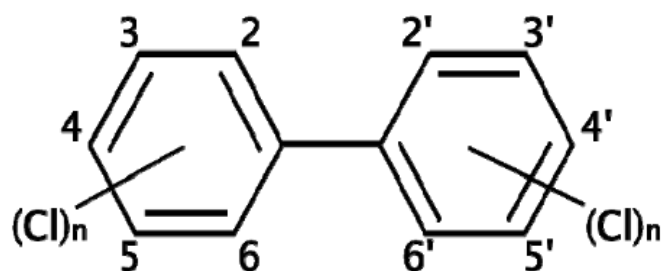


Slika 7. a) Strukturna formula PCDD, b) Strukturna formula PCDF

### 3.3.2. Polikloriranibifenili (PCB)

Polikloriranibifenili su spojevi složene kemijske strukture (Slika 8). PCB-i bili su u uporabi desetljećima kao, dielektrične tekućine u transformatorima i kondenzatorima, hidrauličke tekućine, maziva te kao aditivi u sredstvima za brtvljenje, plastici, bojama, papiru, ljepilima i agensima za lijevanje. Izvori ovih spojeva u okolišu su mnogobrojni. Javljaju se kao ostaci u kultiviranom tlu nakon primjene mineralnih umjetnih gnojiva te nastaju u tekstilnoj i farmaceutskoj industriji. Vrlo su toplinski postojani i otporni na razgradnju te kao takvi imaju negativan dugoročan utjecaj na okoliš. Karakterizira ih vrlo slaba topljivost u vodi, dok se u mastima otapaju dobro što ima za posljedicu njihovu bioakumulaciju u masnim tkivima živih organizama. U okolišu se nalaze u

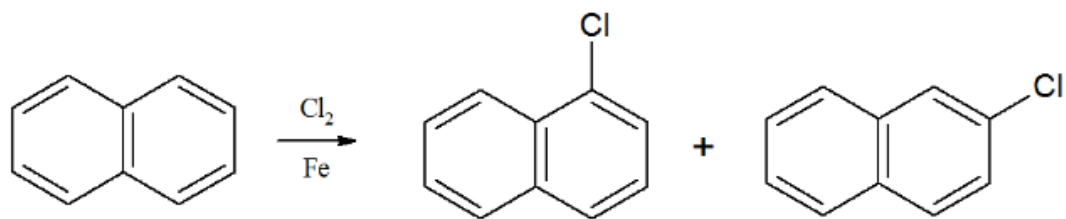
niskim koncentracijama, međutim sa ekotoksikološkog aspekta, njihov utjecaj na okoliš je velik jer se prenose na velike udaljenosti putem vode i zraka pa su zbog toga rasprostranjeni po cijelom svijetu, čak i tamo gdje ih ljudi nikad nisu koristili.. U današnje vrijeme upotreba ovih spojeva je zabranjena, međutim oni su još uvijek prisutni u svim sastavnicama okolišai vrlo su kancerogeni [1].



Slika 8. Strukturna formula PCB

### 3.3.3. Poliklorirani naftaleni (PCN)

Polikloriraninaftaleni su spojevi koji se mogu sintetizirati iz talinenaftalena i klora u prisutnosti katalizatora. Rabe se u proizvodnji vatrootpornih i izolatorskih dielektričnih tekućina, aditiva za gumene proizvode i maziva te usporivače gorenja. Pojavljuju se i kao nečistoće u tehničkim smjesama PCB-ova, a mogu nastati i tijekom toplinskih procesa, kao što je spaljivanje otpada. Prevladavaju u okolišu diljem svijeta, uglavnom u koncentracijama manjim od ostalih postojanih organskih onečišćivala. Za njihova fizikalno-kemijska svojstva zaslužan je broj klorovih atoma koji uzrokuje direktno halogeniranje uz željezo kao katalizator, pri čemu nastaje 95 % klornaftalena i 5 % izomera (Slika 9). Teško se uklanjaju iz okoliša te su posebno štetni zbog klora koji je zaslužan za mnoga onečišćenja poput nastanka freona koji se ispuštaju u atmosferu te uništavaju ozon u kojem se potiskuju molekule kisika [1].



*Slika 9. Direktno halogeniranje naftalena*

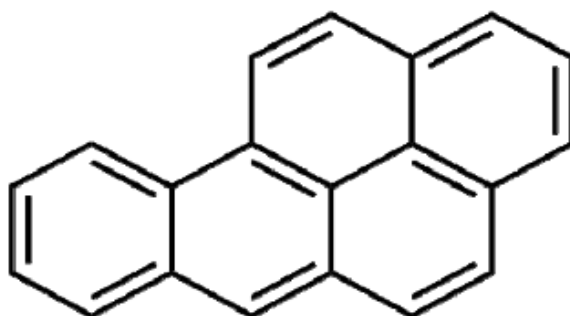
### 3.3.4. Toksafen

Toksafen je vrlo složena smjesa kloriranih bornana, bornena, kamfena i dihidrokamfena dobivenih fotoklorinacijom kamfena s plinovitim elementarnim klorom pod ultraljubičastim zračenjem. Poznat je još pod nazivom kamfeklor. Najzastupljeniji spojevi u toksafenu su poliklorirani bornani, derivati alifatskih ili aromatskih ugljikovodika koji su vrlo otporni na biorazgradnju. Koristio se kao pesticid na pamuku, voću, usjevima te za sprečavanje pojave krpelja i grinja na stoci. Toksafen u okoliš može dospjeti ispiranjem poljoprivrednih površina te se apsorbirati u podzemlje i na taj način kontaminirati vodu. Veoma je toksičan, inhibira bubrežni enzim adenozintrifosfatazu te time dovodi do poremećaja staničnih aktivnosti i normalnih fizioloških funkcija. Djeluje na živčani sustav kroz modulaciju neurotransmitera. Pod utjecajem ovog spoja dolazi i do povećane razgradnje kateholamina u mozgu što samim time dovodi do poremećaja vitalnih funkcija organa i cjelokupnog sustava [1].

### 3.3.5. Policiklički aromatski ugljikovodici (PAH)

Policiklički aromatski ugljikovodici skupina suviše od stotinu različitih spojeva koji nastaju tijekom nepotpunog izgaranja ugljena, nafte, plina i otpada, a pojavljuju se i u emisijama industrijskih procesa. Sadrže dva ili više kondenzirana aromatska prstena, a njihovo ime potječe od karakterističnih svojstava, npr. boji te imenu spoja prema kojem su izolirani. Najpoznatiji je benzo piren  $C_{20}H_{12}$ , spoj s pet prstenova, a najčešće je

prisutanu katranu, dimu cigareta i nastaje kao ostatak nepotpunog izgaranja (Slika 10). Neki od PAH-ova koriste se u medicini, proizvodnji boja i lakova i sl. Policiklički aromatski ugljikovodici mogu se detektirati u zraku nakon vulkanskih erupcija, šumskih požara te mogu nastati izgaranjem ugljena i kao posljedica ispušnih plinova motornih vozila. U vodi se nalaze kao posljedica ispuštanja industrijskih voda, ispuštanjem nafte i plina, nalaze se u ispušnim plinovima automobila, a nastaju kao i nusprodukti korištenja komposta i gnoja. Teško su topljivi u vodi, vežu se uz čvrste čestice i talože na dno rijeke ili jezera. Neki od najčešće određivanih policikličkih aromatskih ugljikovodika su i naftalen, acetilen, antracen, ksilen i benzoantracen. Otporni su na fotorazgradnju, a u pobuđenom stanju fluoresciraju. Metode kojima se mogu odrediti su kromatografija, visokotlačna tekućinskakromatografija te kapilarna elektroforeza. Imaju kancerogena i endokrina svojstva te imaju utjecaj na slabljenje imuniteta i utječu na plodnost i razmnožavanje te ih se usko povezuje s nastankom raka pluća [1].



*Slika 10. Strukturna formula benzopirena*

### **3.3.6. Pesticidi**

Pesticidi su kemijska i mikrobiološka sredstva koja se upotrebljavaju za suzbijanje uzročnika biljnih bolesti, korova, štetnih insekata, grinja ili za reguliranje rasta biljaka. Prema kemijskom sastavu mogu biti neorganske tvari koje potječu iz biljaka, bakterija, gljiva i organske sintetske tvari poput organoklornih pesticida (dieldrin, lindan, polikloriranibifenili, klordan, triazini).

Dijele se na insekticide (protiv kukaca), larvicide (protiv larvi), herbicide (protiv biljaka), fungicide (protiv gljivica), limacide (protiv puževa), akaricide (protiv grinja), baktericide (protiv bakterija) i sl. Kada dospiju u tlo, uzrokuju onečišćenje tako da promijene kemijske, fizikalne i biološke pokazatelje tla. Putem kiše dopijevaju u podzemne i površinske vode. Onečišćuju mora, rijeke, jezera i potoke te samim time biljni i životinjski svijet, a vrlo su opasni za ljudski organizam jer smanjuju otpornost organizma na razne bolesti. Prilikom strojnog zbijanja poljoprivrednih površina zbog pesticida dolazi do neželjenih promjena u tlu i stvaraju se nepovoljni uvjeti za rast i razvoj biljaka, što dovodi do smanjenja uroda i smanjenja plodnosti tla, povećanja erozije i sl. Zbog porasta svijesti o negativnim učincima pesticida, sve veći broj ljudi okreće se ekološkom uzgoju hrane čime se smanjuje upotreba štetnih tvari i posljedice na živi svijet, a u posljednjih nekoliko godina uporaba ovih spojeva je smanjena dobrim dijelom u Americi, Europi i nekim azijskim državama. Važno je napomenuti da postoje još i biopesticidi, spojevi izvedeni iz prirodnih materijala, kao što su životinje, biljke, bakterije i minerali. Njihove su prednosti pred ostalim pesticidima razne odnosno, imaju manju toksičnost efikasniji su u manjim količinama, utječu na ciljanog štetnika, brže se razgrađuju i sl. [1,6].

### **3.3.7. Farmaceutici**

Farmaceutici predstavljaju široku grupu spojeva namijenjenih za liječenje bolesti, prevenciju i ublažavanje bolova te se koriste kao kozmetički preparati za osobnu njegu i zaštitu. U današnje vrijeme mogu se nazvati „novim zagađivačima okoliša“. Uobičajena klasifikacija farmaceutskih proizvoda je prema njihovoj terapijskoj svrsi što uključuje antibiotike, antiparazitike, anestetike, analgetike, antihistaminike i sl. Aktivna farmaceutska tvar definirana je kao tvar korištena u završnom farmaceutskom proizvodu i odgovorna je za farmakološku aktivnost i ostvarivanje direktnog učinka kod neke dijagnoze. Nakon što se upotrijebe za određenu svrhu, veliki dio ovih tvari ispušta se u otpadne vode nepromijenjen ili u obliku metabolita. Osim toga okoliš mogu dospjeti ispiranjem s poljoprivrednih površina nakon čega dolazi do njihove razgradnje i nastanka novih, potencijalno i opasnih spojeva. Dugoročno ispuštanje farmaceutskih

proizvoda u okoliš ima štetne posljedice za vodene ekosustave naročito površinskim i podzemnim vodama. Visoke koncentracije farmaceutika, koje se nalaze u otpadnim vodama, mogu onečistiti pitke vode. Farmaceutik estrogen, svojim prisustvom u vodi, rezultira feminizacijom riba i toksičnošću za ostale organizme. Tri najčešća farmaceutika detektirana u vodama su klotrimazol, tamoksifen i diklofenak. Klotrimazol je sredstvo za uklanjanje gljivičnih kožnih bolesti, a tamoksifen je estrogen, koji se koristi za liječenje raka dojke. Navedena dva spoja predstavljaju izuzetnu opasnost i povećani rizik za sve morske organizme. Treći spoj, diklofenak je sintetički steroidni protuupalni lijek koji se koristi za ublažavanje boli i uklanjanje upala, derivat je octene kiseline te se u vodi pojavljuje kao anion što je razlog njegove visoke topljivosti i niske hlapljivosti. Najčešće je detektirani farmaceutik u vodama što je posljedica njegove široke primjene. Diklofenak je aktivna tvar u nizu pripravaka kao što su Voltaren, Cataflam, Zipsor, Zorvolex itd, a njegova potrošnja u svijetu je 940 t/god [5]

Postupak uklanjanja farmaceutika iz vode, uključuje procese s aktivnim muljem te obuhvaća četiri mehanizma, kao što su biotransformacija, raspršivanje zrakom, procese apsorpcije i fototransformacije. Uspješnost uklanjanja ovih tvari iznosi 20-40 % [1,8]

Prema istraživanju provedenom u Velikoj Britaniji, mnogo ljudi neiskorištene lijekove baca u smeće, dok manji broj ljudi vraća lijekove u ljekarnu. U Njemačkoj je procijenjeno da se mnogo tona farmaceutika baca, a većina je bačena u smeće ili u toalet [12]. Konvencionalnim uređajima za obradu otpadnih voda, vrlo je teško ukloniti farmaceutike te oni lako ulaze u vodne ekosustave, a lako dospijevaju u površinske i podzemne vode. U velikom istraživanju o lijekovima i njihovim koncentracijama u vodi, 80% od 32 odabrana lijeka detektirano je u barem jednom postrojenju za obradu otpadnih voda, a 20 različitih lijekova i 4 odgovarajuća metabolita pronađena su u rijekama [12]. Farmaceutici su pronađeni u ispustima nakon obrade otpadne vode, u površinskim i podzemnim vodama te tlu. Premda su detektirane koncentracije farmaceutika općenito niske, raste zabrinutost zbog mogućeg dugoročnog utjecaja na ljude i vodeni ekosustav uslijed trajne izloženosti tim spojevima. Isto tako zbog povećanja konzumacije farmaceutika, njihova će se koncentracija u vodenim ekosustavima stalno povećavati.

#### 4. UTJECAJ NA LJUDSKO ZDRAVLJE

Voda je najzastupljenija tvar u ljudskom organizmu, zauzima gotovo 66-75 % tjelesne mase kod odrasle osobe i održava ravnotežu sustava. Nadalje, voda je medij preko kojeg se tijelo opskrbljuje hranjivim tvarima, regulira tjelesnu temperaturu te izlučuje otpadne i toksične tvari iz organizma. Voda dvojako utječe na opće zdravstveno stanje ljudi jer služi kao sredstvo za održavanje osobne higijene, no istovremeno je pogodan medij za širenje bolesti. U vodotocima i podzemnoj vodi završava velika količina otpadnih voda iz raznih industrija i poljoprivrede te se na taj način u okoliš unose ostaci pesticida, metali, lijekovi, kozmetički preparati, boje, lakovi i sl. Prisutnost ovih tvari u povećanim količinama može imati vrlo toksične učinke na žive organizme pa tako i na samog čovjeka. Među onečišćenjima koja se nalaze u vodama, nalaze se i ugljikovodici koji se iz različitih antropogenih izvora ispuštaju u otpadne vode te dalje u vodotoke. Ugljikovodici ostavljaju tragove štetnog djelovanja na okoliš na različite načine, od nakupljanja na površini vode (izlijevanje nafte), ugrožavanja biljnog i životinjskog svijeta, sprječavanja fotosinteze, a ujedno imaju i vrlo negativne učinke na ljudsko zdravlje, kao što su mutagenost i kancerogenost.. Gutanje ovih spojeva može izazvati mučninu, povraćanje i proljev. Benzen, kao i toluen, može nadražiti kožu i oči te izazvati crvenilo, te inhalacijom oštećenje pluća i povraćanje [7]

Ljudsko zdravlje je povezano sa zdravljem okoliša, s obzirom da onečišćenost okoliša može biti uzrokom čitavog niza zdravstvenih poteškoća kao što su alergije, astme, preosjetljivosti, razni oblici zloćudnih tumora, kardiovaskularne bolesti, dijabetes i sl. Mnoge od posljedica zagađenosti okoliša postaju izražene nakon duljeg vremena.

Za procjenu zdravstvenih i ekoloških rizika zaslužna je Svjetska zdravstvena organizacija, World Health Organization (WHO) s ciljem dodatnog upoznavanja i štetnim učincima hlapljivih organskih spojeva. Izloženost ovim spojevima može uzrokovati akutne i kronične zdravstvene probleme. Neke od mogućih zdravstvenih tegoba su iritacija dišnih puteva, očiju, glavobolje, vrtoglavice, povraćanje, oštećenja bubrega i sl. U tablici 1. prikazan je utjecaj hlapljivih organskih spojeva na pojedine sustave u tijelu. Zadnjih nekoliko godina raste broj oboljelih od leukemije u mnogim

državama svijeta, a navedena se bolest povezuje s povećanjem koncentracije benzena u okolišu [11,16].

*Tablica1. Djelovanje hlapljivih organskih spojeva na ljudski organizam[6]*

| Štetan učinak           | Eten<br>(C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ) | Benzen<br>(C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ) | Metanol<br>(CH <sub>3</sub> OH) | Propen<br>(C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> ) | Toluen<br>(C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> ) | Ksilen<br>(C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ) |
|-------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Karcinogen              | ✓                                        | ✓                                          |                                 |                                            |                                            |                                                                            |
| Kardiovaskularni sustav | ✓                                        | ✓                                          |                                 |                                            | ✓                                          | ✓                                                                          |
| Razvoj                  |                                          | ✓                                          | ✓                               |                                            | ✓                                          |                                                                            |
| Endokrini sustav        |                                          | ✓                                          |                                 |                                            |                                            |                                                                            |
| Probavni sustav i jetra |                                          | ✓                                          | ✓                               |                                            | ✓                                          | ✓                                                                          |
| Imunološki sustav       | ✓                                        | ✓                                          |                                 |                                            | ✓                                          | ✓                                                                          |
| Bubrezi                 |                                          |                                            |                                 |                                            | ✓                                          |                                                                            |
| Živčani sustav          |                                          | ✓                                          | ✓                               |                                            | ✓                                          | ✓                                                                          |
| Reproduktivni sustav    |                                          | ✓                                          |                                 |                                            |                                            |                                                                            |
| Dišni sustav            |                                          | ✓                                          | ✓                               | ✓                                          | ✓                                          | ✓                                                                          |
| Koža                    |                                          | ✓                                          | ✓                               |                                            | ✓                                          | ✓                                                                          |

Prema procjeni Svjetske zdravstvene organizacije, World Health Organization (WHO) cjeloživotna izloženost benzenu pri koncentraciji od 1 µg/m<sup>3</sup> uzrokuje pojavu leukemije kod šest od milijuna ljudi [6].

## 5. METODE ANALIZE ORGANSKIH ONEČIŠĆIVAČA

### 5.1. Tekućinskakromatografija

Tekućinskakromatografija oblik je kromatografije koji je često prisutan u analitičkoj kemiji. Kromatograf, (Slika 11) razdvaja komponente iz smjese na osnovi kemijskih interakcija između analizirane tvari i stacionarne faze u procesu. Analizirana tvar prolazi kroz cijev punjenu materijalom načinjenim od sitnih čestica. Postupak se svodi na unosenje malog volumena uzorka u tok mobilne faze i na temelju specifičnih kemijskih interakcija dolazi do različitog zadržavanja komponenata smjese. Vrijeme zadržavanja ovisi o prirodi tvari koja se analizira, stacionarnoj fazi i sastavu mobilne

faze. Upotrebljavaju se čista ili otapala kombinirana sa vodom ili nekim organskim otapalima. Metode u kojima je stacionarna faza polarnija od mobilne faze (npr. toluen kao mobilna faza, silicijev dioksid kao stacionarna faza) naziva se kromatografijom normalne faze (NPLC) dok je kod tekućinske kromatografije reverzne faze (RPLC), (smjesa voda-metanol kao mobilna faza, a C18 (oktadecilsilil) kao stacionarna faza, slika 11. [10].



*Slika 11. Uređaj za tekućinsku kromatografiju*

## **5.2. Infracrvena spektrometrija sa Fourierovom transformacijom**

Infracrvena spektrometrija s Fourierovom transformacijom je metoda koja daje informacije o kemijskom sastavu, strukturi i konformacijama. Infracrvene zrake većih su valnih duljina nego duljine vidljivog svjetla. Apsorpcija elektromagnetskog zračenja zbog različitih valnih duljina izaziva pobuđivanje molekula. Infracrveno zračenje odgovara energijama vibracije u molekuli. Kada se uzorak izloži promjeni valnih duljina infracrvenog zračenja, počinje apsorbirati svjetlo dok upadno zračenje odgovara energijama vibracije u molekuli. Infracrveni spektrometri, (Slika 12) bilježe područja koja odgovaraju vibracijama istezanja i savijanja u molekuli. Atomi u molekuli titraju na razne načine pri specifičnim kvantiziranim energetske razinama. Dolazi do bilježenja apsorpcije zračenja i u konačnici se dobiva infracrveni spektar uzorka. U novije se vrijeme ova metoda koristi zbog bržeg snimanja i bolje rezolucije u odnosu na

prijašnje konvencionalne spektroskopske metode, jer omogućuje snimanje spektra cjelokupnog infracrvenog područja u kratkom vremenu [15].



*Slika 12. Infracrveni spektrometar s Fourierovom transformacijom*

### **5.3. Metoda ultraljubičastog zračenja**

Metoda ultraljubičastog zračenja primjenjuje se u raznim kemijskim procesima u kojima tijekom zračenja nastaju slobodni radikali poput OH radikala. To su jaki oksidansi koji omogućuju visok stupanj razgradnje prirodnih organskih tvari. Molekule se na sobnoj temperaturi nalaze u stanju niže energije, a takvo se stanje naziva još i osnovno stanje. Kada se molekula pobudi pod UV zrakama, ona prelazi u stanje više energije odnosno, u pobuđeno stanje. Molekule u tom stanju ostaju vrlo kratko, nakon čega mogu dalje reagirati ili se vratiti u početno osnovno stanje. UV zračenje može djelovati na prirodnu organsku tvar prisutnu u vodi na dva načina, a to su izravna ili neizravna fotoliza. Zbog niske učinkovitosti fotodisocijacije uslijed apsorpcije UV zraka, kao i niske koncentracije organske tvari u vodi, dolazi do ograničene industrijske primjene. Postoje i brojni slučajevi kada organske tvari dobro apsorbiraju UV zračenje

pa je u tom slučaju UV fotoliza značajna metoda. Zbog brojnih ograničenja, UV zračenje se u dosta slučajeva primjenjuje u kombinacijama s drugim metodama analize [10].

#### **5.4. Razgradnja prirodnih organskih tvari u vodi UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> postupkom**

Razgradnja prirodnih organskih tvari u vodi UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> postupkom, napredni je oksidacijski postupak, gdje pomoću vodikovog peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), u prisutnosti ultraljubičastog svjetla nastaju hidroksilni radikali. Ovaj postupak temelji se na dva mehanizma. U prvom dolazi do apsorpcije energije UV zračenja što dovodi do prelaska molekule prirodne organske tvari iz osnovnog u pobuđeno stanje. Drugi mehanizam se temelji na reakciji organske tvari s hidroksilnim radikalima koji su nastali fotolitičkim cijepanjem veza vodikova peroksida, koji je jako oksidacijsko sredstvo. Vodikov peroksid nije uvijek efikasan u postupcima oksidacije složenih spojeva ali se njegova učinkovitost u kombinaciji s drugim reagensima ili izvorom UV zračenja povećava. Kod djelovanja UV zračenja dolazi do fotolize vodikovog peroksida i nastanka dvaju hidroksilnih radikala po apsorbiranom fotonu. Upotreba vodikovog peroksida ima niz prednosti u odnosu na druge tehnike analize. Termički je stabilan, lako dostupan, tijekom reakcija ne nastaju štetni nusprodukti, topljiv je u vodi i predstavlja jeftin izvor OH radikala. Međutim treba naglasiti da vodikov peroksid i organske tvari slabo apsorbiraju UV zračenje u UV dijelu spektra, stoga pri ozračivanju vode sa svjetlošću ultraljubičastih valnih duljina, vodikov peroksid apsorbira znatno više UV zračenja od prirodnih organskih tvari [10].

### 5.5. Metoda određivanja koncentracije organskog ugljika

Metoda pomoću koje se određuje koncentracija organskog ugljika izvodi se pomoću Total Organic Carbon (TOC) Analizatora (Slika 13). Uređaj radi na principu katalitičkog zagrijavanja u peći na temperaturi 680 °C pri čemu dolazi do pretvaranja uzorka u plinovito stanje. Nastali plinovi se detektiraju u infracrvenom detektoru u obliku CO<sub>2</sub>, što u konačnici daje otopljen organski ugljik u vodi [9,10].



*Slika 13. TOC analizator [11]*

## **6. ZAKONSKA REGULATIVA**

### **6.1. Zadaća i ciljevi politike zaštite okoliša**

Zadaća politike zaštite okoliša obuhvaća očuvanje svega što je potrebno za život. Tu spadaju sastavnice žive i nežive prirode, smanjenje štetnih utjecaja na okoliš, osiguranje trajnog gospodarenja općim prirodnim dobrima, očuvanje pojedinih ekosustava te ugroženih biljnih i životinjskih vrsta. Za provedbu ovakve politike potrebno je primijeniti pravilne zakonske propise, učinkovita upravna i znanstvena podrška, osmišljena strategija prostornog uređenja, izgradnja i održavanje tehničkih uređaja za smanjivanje štetnih utjecaja, kontrola kakvoće pojedinih sastavnica okoliša, poticaj za održivi razvoj, obavješćivanje javnosti o promjenama u okolišu itd. Prva međunarodna konferencija na kojoj su se tražila rješenja za usklađivanje gospodarskog razvoja, rasta i očuvanje okoliša održana je 1972. u Stockholmu u organizaciji UN-a i na njoj je sudjelovalo 113 država [18].

### **6.2. Zakonska regulativa u Republici Hrvatskoj**

Područje voda pravno je uređeno Zakonom o vodama [17] kojim se uređuje pravni status voda i vodnog dobra, način i uvjeti upravljanja vodama organiziranja i obavljanja poslova kojima se ostvaruje upravljanje vodama, osnovni uvjeti za obavljanje djelatnosti vodnog gospodarstva, ovlasti i dužnosti tijela državne uprave i drugih državnih subjekata te druga pitanja značajna za upravljanje vodama. Financiranje vodnog gospodarstva uređeno je Zakonom o financiranju vodnog gospodarstva [17]. Zaštita voda i vodnog okoliša je uređena cijelim nizom zakona i propisa koji su usklađeni s legislativom Europske unije [18].

### **6.3. Zakon o vodama**

Zakon o vodama [17], navodi opće ciljeve upravljanja vodama i osiguravanje kvalitete vode za piće i vodoopskrbu stanovništva te za različite gospodarske aktivnosti, a zatim postizanje i očuvanje dobrog stanja vode radi zaštite života i zdravlja svih ljudi te zaštitu od zagađenja i onečišćenja i štetnog djelovanja. Zakonom o vodama određuje se obvezujuće vodoopskrbno mišljenje i vodopravne mjere i uvjeti za građenje dozvole za korištenje i ispuštanje otpadnih voda.

### **6.4. Kombinirani pristup kontroli kemijskog onečišćenja voda**

Kombinirani pristup kontroli kemijskog onečišćenja voda uvodi kombinirani pristup u kontroli emisija iz točkastih i raspršenih izvora. Primjenjuje se kontrola emisija sukladno najboljoj postojećoj tehnologiji ili odgovarajućim graničnim emisijama, zatim postoji primjena ciljeva i standarda kakvoće uspostavljenih nizom europskih direktiva. Kod slučaja raspršenih izvora, traži se uspostava kontrole koja uključuje najbolju ekološku praksu. Države članice dužne su u određenom vremenskom roku uspostaviti dobre poljoprivredne prakse odnosno niz postupaka kojima će ograničiti i u budućnosti smanjiti unos nitrata sa poljoprivrednih površina, stočarskih farmi i drugih površina koje onečišćuju vodeni okoliš [18]. Mjere za sprečavanje i kontrolu kemijskog onečišćenja voda moraju uzeti u obzir mogućnost emisije ili gubitka u okoliš kemijskih tvari prilikom transporta i sl. Ograničavanjem stavljanja u promet i korištenja kemijskih tvari može se dodatno smanjiti rizik od potencijalnog onečišćenja okoliša. Također, način obrade i pristup prema samom otpadu uvelike može smanjiti onečišćenje. Ostala onečišćivala poput organskih tvari regulirana su posebnim propisima zajednice. Za sve ovo potrebno je uskladiti zadane standarde kakvoće okoliša i predložiti kontrolne mjere kako bi sve funkcioniralo kako treba. Na nivou zajednice i pojedinačnih država članica nastavljaju se aktivnosti usmjerene na identifikaciju još nekoliko kemijskih tvari koje bi mogle biti kategorizirane kao prioritetne ili opasne tvari zbog rizika koji predstavljaju za zdravlje i kakvoću vodenog okoliša [18].

## 7. ZAKLJUČAK

Razvojem industrije u suvremenom svijetu, sintezom brojnih kemijskih tvari i različitih kemijskih pripravaka poput organskih spojeva, raste i opasnost od niza onečišćivala u glavnim sastavnicama okoliša, posebice, vodama. Onečišćivala mogu narušiti kakvoću vode u rijekama, jezerima, podzemlju, priobalnim i morskim vodama te time ugroziti biljne i životinjske vrste koje se tamo nalaze i narušiti ljudsko zdravlje. Onečišćenje, uz organske tvari, mogu uzrokovati i hranjive tvari, kao i velik broj kemijskih tvari koje se koriste za različite namjene poput nekih aktivnih tvari u sredstvima za zaštitu bilja ili kao nusprodukti u različitim proizvodnim procesima poput policikličkih aromatskih ugljikovodika, farmaceutika, bromiranih usporivača gorenja, naftalena i dr. Stoga, uvijek postoji velika mogućnost da se u površinskim vodama detektira velik broj pojedinačnih tvari koje mogu negativno utjecati na cijeli vodeni okoliš, međutim, raznim metodama, moguće je utvrditi njihovo porijeklo te raznim mjerama smanjiti ili potpuno otkloniti njihova prisutnost i na taj način sačuvati okoliš i ljudsko zdravlje.

## 8. LITERATURA

- [1] Kaštelan- Macan , Analitika okoliša, Zagreb, ožujak 2013.
- [2] Herceg N, Okoliš i održivi razvoj , Zagreb 2013.
- [3] Vančik H, Temelji organske kemije, Varaždin 2012, str 36-41
- [4] Dr.sc. Tahir Sofilić, Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Ekotoksikologija.  
Dostupno na:  
[http://bib.irb.hr/datoteka/743709.Tahir\\_Sofilic\\_EKOTOKSIKOLOGIJA.pdf](http://bib.irb.hr/datoteka/743709.Tahir_Sofilic_EKOTOKSIKOLOGIJA.pdf) Datum pristupa: 15.7.2018.
- [5] Klaus Kummerer, FarmaceuticsintheEnvironment, Freiburg, 2008.
- [6] Čatić, I. Tehnika, Zaštita okoliša i zdravlja, Zagreb, Graphis, 2008.
- [7] Udovičić, B. Čovjek i Okoliš, Zagreb, Kigen, 2009, str 1-10
- [8] Jiskra, M., Fate of the pharmaceutical diclofenac: Removal in wastewater treatment plants and occurence in water bodies, 2008
- [9] Institut Ruđer Bošković, TOC Analizator. Dostupno na:  
<https://www.irb.hr/Zavodi/Zavod-za-istrazivanje-mora-i-okolisa/Laboratorij-za-biogeokemiju-mora-i-atmosfere/Usluge/TOC-analizator> Datum pristupa: 17.8.2018.
- [10] F.W.Fifieldand P.J. Haines, EnvironmentalAnalyticalChemistry,Kingston, 2000.
- [11] World Health Organization, Water sanitationhygiene. Dostupno na:  
[https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases-risks/risks/info\\_sheet\\_pharmaceuticals/en/](https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases-risks/risks/info_sheet_pharmaceuticals/en/) Datum pristupa: 14.08.2019.
- [12] The EU Water Framework directive. Dostupno na  
[https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index\\_en.html](https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html) Datum pristupa: 10.8.2019.

- [13] Zhang, Y, Geisen, S.U, Gal, C, Carbamazepine and diclofenac: Removal in wastewater treatment plants and occurrence in water bodies, *Chemosphere*, 73, 2008. 1151-1161
- [14] Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost, otpadna ulja. Dostupno na: [http://www.fzoeu.hr/hr/gospodarenje\\_otpadom/posebne\\_kategorije\\_otpada/otpadna\\_ulja/](http://www.fzoeu.hr/hr/gospodarenje_otpadom/posebne_kategorije_otpada/otpadna_ulja/) Datum pristupa: 15.08.2019.
- [15] Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, interna skripta. Dostupno na: [https://www.hdki.hr/\\_download/repository/KIP\\_skripta\\_za\\_vjezbe.pdf](https://www.hdki.hr/_download/repository/KIP_skripta_za_vjezbe.pdf) Datum pristupa: 28.08.2019.
- [16] Zaklada Ana Rukavina. Dostupno na: <https://zaklada-ana-rukavina.hr/leukemija/> Datum pristupa: 20.08.2019.
- [17] Hrvatske vode. Dostupno na: <https://www.voda.hr/hr/zakoni> Datum pristupa 18.08.2019.
- [18] Komunikacija komisije europskom parlamentu, vijeću i europskom gospodarskom i socijalnom odboru. Dostupno na: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2019/HR/COM-2019-128-F1-HR-MAIN-PART-1.PDF> Datum pristupa: 19.08.2019.

## 9. POPIS SLIKA

Slika 1. Podjela ugljikovodika

Slika 2. Homologni niz alkana

Slika 3. Prikaz dvostruke veze alkena

Slika 4. Homologni niz alkena

Slika 5. Prikaz strukturne veze alkina

Slika 6. Prikaz aromatske jezgre arena

Slika 7. a) Strukturna formula PCDD

Slika 7. b) Strukturna formula PCDF

Slika 8. Strukturna formula PCB

Slika 9. Direktno halogeniranjenaftalena

Slika 10. Strukturna formula benzenopirena

Slika 11. Uređaj za tekućinskukromatografiju

Slika 12. Infracrveni spektrometar s Fourierovim transformacijama

Slika 13. TOC Analizator

## **10. POPIS TABLICA**

Tablica1. Djelovanje hlapljivih organskih spojeva na ljudski organizam

