Analiza podataka koncentracija benzena u zatvorenom i otvorenom školskom prostoru

Lutz, Natalija

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:182:140286

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

Repository / Repozitorij:

Repository of the Department of Chemistry, Osijek







Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za kemiju

Diplomski studij kemije

Natalija Lutz

Analiza podataka koncentracija benzena u zatvorenom i otvorenom školskom prostoru

DIPLOMSKI RAD

Mentor: doc. dr. sc. Elvira Kovač – Andrić

Osijek, 2016.

Zahvala

Zahvaljujem se mentorici, doc. dr. sc. Elviri Kovač-Andrić, na stručnom usmjeravanju, konstruktivnim savjetima i vodstvu pri izradi ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem se i prof. dr. sc. Ivanu Vickoviću, na bezrezervnoj pomoći i na dobronamjernim primjedbama u svrhu što bolje izrade diplomskog rada.

Ovim putem želim također zahvaliti i svim svojim kolegama i prijateljima koje sam upoznala na fakultetu koji su svojim prisustvom uljepšali moje studentsko razdoblje.

Posebnu zahvalu pripisujem svojim roditeljima i sestri koji su bili moj vjetar u leđa, koji su svaki teški trenutak činili lakšim te koji ovo moje veliko postignuće dijele sa mnom.

Velika Hvala svima!

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA **Diplomski rad**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Odjel za kemiju
Diplomski studij kemije
Znanstveno područje: Prirodne znanosti
Znanstveno polje: Kemija

Analiza podataka koncentracija benzena u zatvorenom i otvorenom školskom prostoru

Natalija Lutz

Sažetak:

Benzen se nalazi među brojnim onečišćujućim tvarima koje utječu na zdravlje ljudi i okoliša. U ovom radu su prikazani rezultati mjerenja koncentracija benzenau zraku u 2012. godini, dobiveni pilot istraživanjem. Istraživanje su proveli Zavod za javno zdravstvo Osječko-baranjske županije i SZO (Svjetska zdravstvena organizacija). Zrak je uzorkovan pasivnim uzorkivačima u dvije škole tj. šest učionica i na vanjskim točkama ispred škola. Uzorci su analizirani plinskom kromatografijom s plameno-ionizacijskim detektorom. Prosječne vrijednosti koncentracija benezena nisu prešle granične vrijednosti propisane Zakonom o zaštiti zraka, ali su veće vrijednosti primijećene u školi 2. Rezultati su pokazali kako i vanjski izvori onečišćenja zraka kao npr. udaljenost škola od parkirališta, blizina gustog cestovnog prometa i industrijska postrojenja doprinose povećanoj koncentraciji benzena. Također, rezultati su ukazali i na izvore onečišćenja zraka unutar škole, tj. na vrste materijala unutar školskih zgrada (laminatni parket, drvo, iverica, boje, dezinfekcijska sredstva i sl.) i renoviranja u proteklih 12 mjeseci koji također utječu na povećanje koncentracije benzena.

U metodičkom dijelu diplomskog rada obrađena je nastavna jedinica „Areni“ za 4. razred gimnazije u obliku sata s ciljem upoznavanja njihove strukture i svojstava te primjene u svakodnevnom životu. Na satu profesor će izvesti demonstracijski pokus kojim će biti prikazana svojstva benzena kao npr. boja plamena.

Diplomski rad obuhvaća: stranica: 55, slika: 22, tablica: 12, literaturnih navoda: 33
Jezik izvornika: hrvatski
Ključne riječi: atmosfera / koncentracije benzena / izvori onečišćenja u školama / zrak zatvorenog prostora / zrak otvorenog prostora
Rad prihvaćen: 17.12.2015.

Stručno povjerenstvo za ocjenu:
1. doc.dr.sc. Elvira Kovač – Andrić
2. prof.dr.sc. Ivan Vicković
3. doc. dr.sc. Nikola Sakač

Rad je pohranjen: u knjižnici Odjela za kemiju,Ul. Cara Hadrijana 8/a

BASIC DOCUMENTATION CARD **Graduation Thesis**

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Department of Chemistry
Graduate Study of Chemistry
Scientific Area: Natural Sciences
Scientific Field: Chemistry

Analysis of data concentrations of benzene in indoor and outdoor school premises

Natalija Lutz

Abstract:

Benzene is placed among many pollutants that are affecting human's health and our environment. This paper shows the results on concentration measurements of benzene in air in 2012, performed as a pilot study. The research was implemented by the Department of Public Health Osijek Baranja County and the WHO (World Health Organization). The passive samplers were used in two schools i.e. six classrooms and the outer points in front of the schools. The samples were analysed by gas chromatography with flame ionization detection (GC - FID). Average concentrations of benzene have not exceed the limiting value as prescribed by the Law on Protection of Air, however, higher concentration has been recorded in the school 2. The results showed that the external sources of air pollution for example distance of schools from the parking lot, the proximity of dense road traffic and industrial plants contribute to an increased concentration of benzene. Also, The results indicated the sources of air pollution within the school as well, i.e. the kind of material inside the school buildings (laminate flooring, wood, chipboard, paint, disinfectants, etc.) and renovations in the past 12 months which also affect the increase in the concentration of benzene.
In the teaching methods part of the thesis, a topic on „Aromatic hydrocarbons“ for the 4th year of high school, was prepared as one hour lecture. The aim of the lecture is to analyse educational problems and to show the composition of aromatic hydrocarbons, its properties and applications in everyday life. Teacher will perform a demonstration to show some properties of benzene.

Thesis includes: pages: 55, figures: 22, tables: 12, references: 33
Original in: Croatian
Keywords: atmosphere / concentrations of benzene / sources of pollution in schools / indoor air / outdoor air
Thesis accepted: 17.12.2015.

Reviewers:
1. Elvira Kovač – Andrić, Ph.D. Assitant Professor
2. Ivan Vicković, Ph.D. Full Professor
3. Nikola Sakač, Ph.D. Assitant Professor

Thesis deposited in: Department of Chemistry library, cara Hadrijana 8/a

Sadržaj

Temeljna dokumentacijska kartica I

Basic documentation carda II

1. Uvod 1
2. Literaturni pregled 2
   2.1. Sastav i podjela atmosfere 2
   2.2. Kemijske reakcije u troposferi 4
      2.2.1. Reakcije aromatskih spojeva u troposferi 6
   2.3. Najznačajniji atmosferski onečišćivači 7
   2.4. Djelovanje onečišćivača na zdravlje ljudi 9
   2.5. Aromatski ugljikovodici 10
      2.5.1. Toksični učinci hlapljivih organskih spojeva u organizmu 12
   2.6. Benzen 13
      2.6.1. Primjena benzena 14
      2.6.2. Struktura benzena 16
      2.6.3. Aromatičnost benzena 19
3. Eksperimentalni dio 20
   3.1. Opis mjesta uzorkovanja 20
      3.1.1. Mjesto uzorkovanja ŠK_1 20
      3.1.2. Mjesto uzorkovanja ŠK_2 22
   3.2. Detekcija i identifikacija benzena 24
      3.2.1. Pasivni uzorkivač-Radiello Code 123-1 24
      3.2.2. Plinska kromatografija 28
      3.2.3. Plameno-ionizacijski detektor (eng. Flame Ionisation Detector - FID) 31
      3.2.4. Postupak analize uzoraka 32
   3.3. Rezultati i rasprava 34
4. Metodička obrada nastavne jedinice: Areni 41
   4.1. Priprema za izvođenje nastavnog sata 42
   4.2. Tijek nastavnog sata 44
   4.3. Plan ploče 45
   4.4. Radni listić 46
   4.5. Očekivano rješenje Radnog listića 49
5. Zaključak 51
6. Literatura 52
7. Životopis 55

1. Uvod

Benzen je značajna industrijska kemikalija koja je sveprisutna u čovjekovom okruženju. U prirodi nastaje fotokemijskom razgradnjom ugljikovodika te emisijom antropogenog i biogenog podrijetla. Izloženost čovjeka benzenu općenito je veća u zatvorenom prostoru, jer njega emitiraju materijali koji se koriste za gradnju i opremanje prostora te sredstva za čišćenje unutarnjih prostora. U određenim koncentracijama ima negativan učinak na ljudsko zdravlje; od iritacije kože, očiju, dišnih organa do kancerogenosti.

Cilj ovog diplomskog rada je analizirati izmjerene vrijednosti koncentracija benzena u 2012. godini, u otvorenom i zatvorenom školskom prostoru na području grada Osijeka, te ustanoviti prelaze li vrijednosti izmjerenih koncentracija benzena, propisane granične vrijednosti te procijeniti postoje li potencijalni „novi“ izvori benzena.

2. Literaturni pregled

2.1. Sastav i podjela atmosfere

Zemljina atmosfera je plinoviti omotač našeg planeta, vezan gravitacijskom silom uz planet. Atmosfera nema jasnu granicu završetka prema Svemiru, već prema vanjskim dijelovima svemira postaje sve rjeđa [1]. Sastoji se uglavnom od nekoliko različitih plinova te čestica aerosoli. Sadrži najviše dušika (78,084 % volumnog udjela), kisika (20,946 % volumnog udjela) te argona (0,934 % volumnog udjela). Osim navedenog, atmosfera sadrži i ugljikov dioksid, ugljikov monoksid, vodenu paru, metan, ozon, dušikove okside, sumporov oksid te ostale elemente u tragovima.

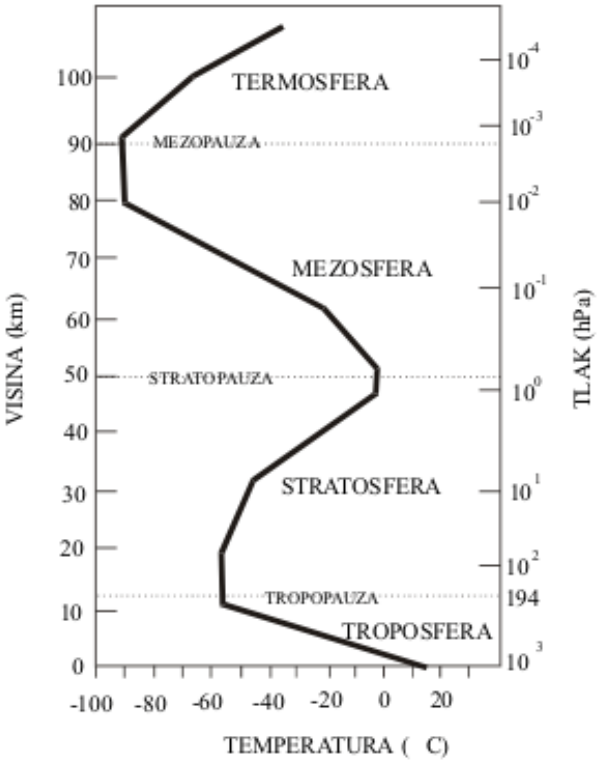
Kada je riječ o sastavu atmosfere, razlikujemo dva sloja - heterosferu i homosferu između kojih se nalazi turbopauza. Heterosfera nema konstantan sastav već on ovisi o molekulskoj masi prisutnih spojeva. U višoj heterosferi dominiraju molekule helija (He) i vodika (H), dok to mjesto preuzimaju kisik (O) i dušik (N) u nižoj heterosferi. Homosfera se prostire do oko 80 km visine, te je za razliku od heterosfere sastav relativno konstantan, a razlog tome je turbulentno miješanje zraka.

Atmosfera u ovisnosti o promjeni temperature dijeli se na troposferu, stratosferu, mezosferu, termosferu i egzosferu (slika 2.1.1.). Najniži sloj atmosfere je troposfera, koja se proteže od tropopauze, visina je oko 7 km na polovima, 11 – 12 km u srednjem pojasu te oko 18 km iznad ekvatora. Visina tropopauze mijenja se ovisno o godišnjem dobu, dobi dana te o vremenskim uvjetima. Troposfera čini 80 % mase ukupne atmosfere. Porastom visine temperatura se smanjuje, gotovo linearno, za oko 6,5 °C/1000 m te je na granici troposfere temperatura oko -50°C. Tijekom noći, kada je u nižim slojevima troposfere moguć porast temperature s porastom visine javlja se temperaturna inverzija.

Ozon apsorbira UV zračenje sa Sunca, te je ta apsorpcija glavni uzročnik porasta temperature u stratosferi. Temperatura u stratosferi se mijenja s porastom visine, tj. raste što je rezultat velike koncentracije ozona. Stratosfera sadrži malu količinu vodene pare, čini 19 % ukupne mase atmosfere te se proteže do oko 50 km visine, gdje je temperatura oko 0 °C. Mezosfera je sloj Zemljine kore između stratosfere i mezopauze koja se proteže na visinu od 50 km pa sve do 85-100 km.

Porastom visine, temperatura opada jer je gustoća zraka premala da bi došlo do apsorpcije Sunčevog zračenja. Gornja granica mezosfere, naziva se mezopauza koja ima temperaturu oko -100 °C, što je čini najhladnijim područjem Zemljine atmosfere.

Iznad mezopauze nalazi se termosfera u kojoj temperature mogu doseći čak 1000 °C. Egzosfera je vanjski sloj atmosfere kojemu granice nisu definirane, smatra se da se prostire od 800-3000 km visine, ovisno o Sunčevoj aktivnosti. Temperatura egzosfere prelazi 230°C, a u gornjim slojevima temperature mogu doseći i 1500 °C.



Slika 2.1.1. Podjela atmosfere u ovisnosti o temperaturi [2]

2.2. Kemijske reakcije u troposferi

Lako hlapljivi ugljikovodici prisutni su u atmosferi u niskim koncentracijama te su podložni raznim antropogenim utjecajima. Pojedini lako hlapljivi ugljikovodici djeluju toksično i karcinogeno na čovjekovo zdravlje te destruktivno na biljni svijet. Antropogeni i prirodni hlapljivi ugljikovodici značajni su za fotokemijske reakcije u atmosferi te su podložni procesima razgradnje putem reakcija s hidroksilnim radikalom, pri čemu pretežno nastaje troposferski ozon u urbanim sredinama [3]. Glavni prekursori od kojih nastaje ozon u troposferi su hlapljivi organski spojevi (VOCs, eng. „*Volatile Organic Compounds*-hlapljivi organski spojevi) i dušikovi oksidi (NO_x), te reaktivni ugljikovodici (RH) [4].

Fotolizom dušikova oksida nastaje atomni kisik i dušikov monoksid (2.2.1). Atomni kisik potom u reakciji s molekulom kisika stvara ozon (M je bilo koja molekula) (2.2.2)

$$NO_2 + h\nu \ (\lambda < 420nm) \longrightarrow NO + O \tag{2.2.1}$$

$$O + O_2 + M \longrightarrow O_3 + M \tag{2.2.2}$$

Nastali ozon zatim reagira s dušikovim monoksidom, te nastaju dušikov dioksid i molekula kisika (2.2.3):

$$O_3 + NO \longrightarrow NO_2 + O_2 \tag{2.2.3}$$

Teorijski, kada bi koncentracija NO_x bila dovoljno visoka da svaki hidroksilni radikal reagira s NO, za svaku reakciju ugljikova monoksida i hidroksilnog radikala nastala bi po jedna molekula ozona [4]. To prikazuje sljedeći mehanizam:

$$CO + OH \cdot \longrightarrow CO_2 + HO_2 \cdot \tag{2.2.4}$$

$$HO_2 \cdot + NO \longrightarrow NO_2 + OH \cdot \tag{2.2.5}$$

$$NO_2 + h\nu \longrightarrow NO + O_3 \tag{2.2.6}$$

$$\sum CO + 2O_2 + h\nu \longrightarrow CO_2 + O_3 \tag{2.2.7}$$

Naime, kada je koncentracija NO_x dovoljno visoka da spriječi reakciju hidroksilnog radikala s hidroksilnim radikalom, tada je dovoljno visoka i da NO_2 reagira s $OH\cdot$ pri čemu nastaje HNO_3.

Na mjestima gdje postoji velika koncentracija hlapljivih organskih spojeva, uslijed ljudske djelatnosti, dolazi do složenijih reakcija. Do nastanka ozona u troposferi dolazi i oksidacijom reaktivnih ugljikovodika (RH):

$$RH + OH\cdot \longrightarrow R + H_2O \tag{2.2.8}$$

$$R + O_2 + M \longrightarrow RO_2\cdot + M \tag{2.2.9}$$

$$RO_2\cdot + NO \longrightarrow RO\cdot + NO_2 \tag{2.2.10}$$

$$RCH_2O + O_2 \longrightarrow RCHO + HO_2\cdot \tag{2.2.11}$$

$$HO_2\cdot + NO \longrightarrow NO_2 + OH\cdot \tag{2.2.12}$$

$$2(NO_2 + h\nu \longrightarrow NO + O) \tag{2.2.13}$$

$$2(O + O_2 \longrightarrow O_3) \tag{2.2.14}$$

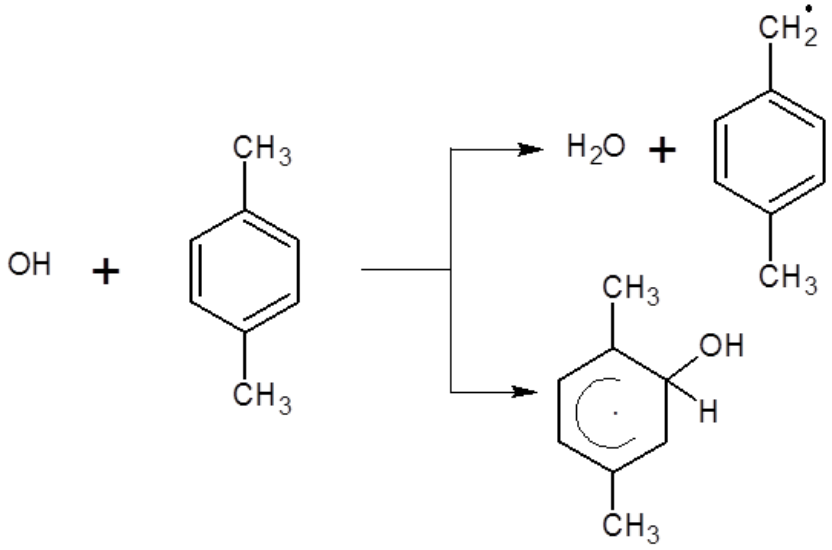
$$\sum: RH + 4O_2 \longrightarrow RCHO + H_2O + 2O_3 \tag{2.2.15}$$

Oksidacija se odvija uz prisutnost dušikovih oksida, pri čemu nastaju dvije molekule ozona. Molekula karbonilnog spoja koja također nastaje, ponovo ulazi u kemijske reakcije u kojima dolazi do ponovnog stvaranja novih molekula ozona.

2.2.1. Reakcije aromatskih spojeva u troposferi

Aromatski spojevi, posebno benzen, toluen i izomeri ksilena najzastupljeniji su organski spojevi u urbanim područjima. Ovi spojevi pridonose više od 30% u nastajanju fotokemijskih oksidansa u urbanim područjima. Koncentracija benzena je stalna, ali je zamijećen njen pad u slobodnoj troposferi iznad oceana i pojedinim područjima Južne Hemisfere. Toluen je za razliku od benzena kemijski reaktivniji i reagira s OH radikalima [5].

Razgradnja aromatskih spojeva u troposferi (benzen i alkil supstituirani benzeni: toluen, etilbenzen, ksileni) započinje reakcijom s hidroksilnim radikalom tijekom dana (slika 2.2.1.1.). OH radikali reagiraju s vodikovim atomom iz C-H veze u alkil supstituiranoj skupini ili iz C-H veze u aromatskom prstenu u slučaju benzena. Prilikom adicije OH radikala s aromatskim prstenom nastaje hidroksicikloheksadienil ili supstituirani hidroksicikloheksadienilni radikal (OH radikal preferira *orto* položaj) [3].



Slika 2.2.1.1. Prikaz razgradnje aromatskih spojeva u troposferi

Velik broj aromatskih produkata nastalih oksidacijom, pogotovo nezasićeni spojevi koji sadrže 1,6-dikarbonil vrste, su toksični s kancerogenim i mutagenim svojstvima. Kratko vrijeme života aromatskih spojeva je razlog što ne mogu oksidirati NO u NO_2 [3].

2.3. Najznačajniji atmosferski onečišćivači

Onečišćivanjem (engl. *contamination*) se naziva pojava neke tvari u okolišu u nekom mjestu, vremenu i koncentraciji, koja nije posljedica nekog trajnog stanja i koje ne uzrokuje štetu kao zagađivanje. Takva se tvar zove onečišćavalo, a izvor (uzročnik) onečišćivanja je onečišćivač [6]. Onečišćivač je bilo koja tvar koja može nanijeti štetu ljudima, životinjama, vegetaciji ili materijalima [7].

Onečišćivači se mogu podijeliti na primarne i sekundarne. Primarni onečišćivači su one tvari koje izravno dospijevaju emisijom iz izvora u atmosferu (tablica 2.3.1.). Spojevi ugljika (CO, CO_2, CH_4,VOCs), spojevi dušika (NO, N_2O, NH_3), spojevi sumpora (H_2S, SO_2), halogeni spojevi (kloridi, fluoridi, bromidi) i lebdeće čestice (eng. *Particulate Matter, PM*) su najznačajniji primarni onečišćivači, koji izazivaju štetu u visokim koncentracijama.

Sekundarni onečišćivači ne nastaju izravno emisijom iz izvora, već se u atmosferi stvaraju kemijskim reakcijama od prekursora tj. primarnih onečišćivača. Najznačajniji sekundarni onečišćivači, koji izazivaju štetu u visokim koncentracijama su NO_2 i HNO_3 koji nastaju od NO, ozon (O_3) koji nastaje fotokemijskim reakcijama spojeva dušika i hlapljiih organskih spojeva, sumporna i dušična kiselina (nastale od SO_2 i NO_2) , sumporni i dušični te organski aerosoli [8].

Tablica 2.3.1. Glavni kemijski onečišćivači zraka, % [9]

Izvor	**SO_2**	**NO i NO_2**	**CO i CO_2**	**CH_4**	**Čestice**	**Ukupno**
Prometala	0,7	4,2	46,5	8,5	0,7	60,6
Industrija	6,3	1,4	1,4	2,8	4,2	16,1
Toplane	8,5	2,2	0,7	0,7	2,1	14,2
Kućanstva	2,1	0,7	1,4	0,7	0,7	5,6
Spaljivanje	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	3,5
Ukupno	18,3	9,2	50,7	13,4	8,4	100,0

Jedan od provedbenih dokumenata Zakona o zaštiti zraka je i *Uredba o razinama onečišćujućih tvari u zraku* [10] kojom se propisuju granične vrijednosti (GV) za pojedine onečišćujuće tvari u zraku (tablica 2.3.2.). Važno je napomenuti da granična vrijednost predstavlja graničnu razinu onečišćenosti ispod koje, na temelju znanstvenih spoznaja, ne postoji, ili je najmanji mogući rizik štetnih učinaka na ljudsko zdravlje [11].

Tablica 2.3.2. Propisane granične vrijednosti (GV) koncentracija onečišćujućih tvari u zraku s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi [7].

Onečišćujuća tvar	**Vrijeme usrednjavanja**	**Granična vrijednost (GV)**
Sumporov (IV) oksid (SO_2)	1 sat	350 $\mu g/m^3$
	24 sata	125 $\mu g/m^3$
Dušikov (IV) oksid (NO_2)	1 sat	200 $\mu g/m^3$
	kalendarska godina	40 $\mu g/m^3$
Ugljikov (II) oksid (CO)	maksimalna dnevna 8-satna srednja vrijednost	10 mg/m^3
PM_{10}	24 sata	50 $\mu g/m^3$
	kalendarska godina	40 $\mu g/m^3$
Benzen	kalendarska godina	5 $\mu g/m^3$
Olovo (Pb) u PM_{10}	kalendarska godina	0,5 $\mu g/m^3$
Ukupna plinovita živa (Hg)	kalendarska godina	1 $\mu g/m^3$

Osim antropogenog podrijetla onečišćenja (uslijed ljudske djelatnosti) u obzir treba uzeti i biogeno (npr. emisija CH_4 iz močvara) i geogeno (npr. vulkanska erupcija) podrijetlo. Također, ljudska aktivnost može utjecati na geogenu i biogenu emisiju, pa tako npr. primjena dušičnih gnojiva u poljoprivredi može uzrokovatipovećanu biogenu emisiju dušičnih spojeva iz tla. Industrijski pogoni ispuštaju veliku količinu onečišćivača u zrak što dovodi do štetnog djelovanja i na ljude i na okoliš.

2.4. Djelovanje onečišćivača na zdravlje ljudi

Ljudi najčešće dolaze u kontakt s različitim onečišćivačima udisanjem ili gutanjem, dok je kontakt preko kože najmanje zastupljen. Najčešći oblik unosa onečišćivača u ljudski organizam je konzumiranje onečišćene hrane i vode. Dišnim i probavnim sustavom štetne tvari dolaze u krvotok, gdje dalje krvotokom odlaze u razna tkiva.

Brojni su nalazi koji potvrđuju kako je povećana smrtnost te povećana hospitalizacija usko povezana s onečišćenjem zraka [8]. Ovisno o sastavu onečišćenog zraka, vremenu izlaganja i jačini doze, dolazi do raznih utjecaja kao što su mučnine, respiratorne poteškoće, iritacija kože pa sve do kancerogenih pojava. Također, posljedice izlaganja uključuju i urođene mane, poteškoće u razvoju te slabljenje imunološkog sustava.

Prilikom izlaganja većim koncentracijama sumporovog dioksida, dušikovih oksida te nekih teških metala javljaju se respiratorne poteškoće, što dovodi do iritacije nosa i grla, posebice kod osoba oboljelih od astme. Ozon i lebdeće čestice dovode do upale pluća. Nadalje, kronično izlaganje ozonu i nekim teškim metalima dovest će do smanjene funkcije rada pluća, te pridonose i razvoju malignih stanica na plućima (rak pluća) i razvoju astme.

Ako govorimo o krvožilnom sustavu, ugljikov monoksid se u krvi veže na molekule hemoglobina. No, problem je u tome što monoksid nema sklonost otpuštanja s hemoglobina (kao što ima kisik)i ostaje vezan na njemu. Na taj način kisik više nema svoje mjesto na koje bi se vezao pri novom udisaju, pa organi ostaju bez kisika. Smanjena količina kisika djeluje negativno na brojne organe, posebice za mozak i srce, što dovodi do opadanja koncentracije, usporenih refleksa i zbunjenosti i dr. Kao što smo ranije rekli lebdeće čestice izazivaju upalu pluća, ali uvelike utječu i na zgrušavanje krvi, pa se tako javljaju problemi s krvnim žilama što može dovesti do infarkta. Tijekom izloženosti teškim metalima, pojavljuju se simptomi kao što je ubrzani rad srca (tahikardija), anemija te povećani krvni tlak.Najveći utjecaj dioksina i teških metala (olovo, živa, arsen) očituje se djelovanjem na neurološki sustav. Povišena koncentracija teških metala može biti uzrok pojave autoimunih oboljenja, gdje se stvaraju protutijela usmjerena protiv vlastitog imunološkog sustava. Uslijed izloženosti živi i olovu uočeni su simptomi kao što su poremećaj spavanja, umor, poremećaj pamćenja, drhtanje ekstremiteta, zamagljen vid, nerazgovijetan govor.

2.5. Aromatski ugljikovodici

Hlapljivi aromatski ugljikovodici su vrlo rašireni spojevi koji se upotrebljavaju u skoro svim industrijama, nalaze se svugdje oko nas i svakodnevno smo u dodiru s njima. Suvremeni način života nam ne dopušta da potpuno izbjegnemo njihov negativni utjecaj, a pogotovo život u većim gradovima u kojima ima puno industrije, ispušnih plinova motornih vozila i ostalih negativnih utjecaja [12].

Aromatski ugljikovodici su posebna skupina cikličkih organskih spojeva, koji obično imaju šesteročlane prstene te se prikazuju naizmjeničnim dvostrukim i jednostrukim vezama. Oni su posebna vrsta poliena, znatno različitih od ostalih alkena. Njihovo generičko ime je aren. Aromatski ugljikovodici benzen, toluen, etilbenzen i izomeri ksilena (*o*-, *m*-, *p*-) pripadaju hlapljivim organskim spojevima, njihova kratica je BTEX (eng. ***B**enzene, **T**oluene, **E**thylbenzene, and **X**ylenes*). Glavni su sastojci benzina i u atmosferu uglavnom dolaze iz ispušnih plinova automobila.

U prirodi se pojavljuju kao sastojci nafte i njezinih derivata te sirova nafta može sadržavati i do 4 g benzena po litri [13]. Prema priručniku LUFT (engl. *leaking underground fuel tank*) [14] benzin prosječno sadržava 1,8 % benzena; 12,3 % toluena; 1,6 % etilbenzena i 5,2 % izomera ksilena. Dosljedno tomu, glavni izvor izloženosti BTEX-u u okolišu su ispušni plinovi automobila. Jedan od važnijih izvora izloženosti ovim spojevima je duhanski dim.

BTEX se u atmosferi zadržavaju od nekoliko sati do nekoliko dana, ovisno o klimatskim uvjetima te o koncentraciji hidroksilnih radikala, dušikovih i sumpornih oksida. Benzen se iz zraka uklanja kišom, što uzrokuje onečišćenje površinskih i podzemnih voda. Zbog niske topljivosti u vodi toluen, etilbenzen i izomeri ksilena zadržavaju se u zraku duže od benzena, a iz atmosfere se uklanjaju oksidacijom. U prisutnosti dovoljne količine kisika u vodi i tlu BTEX se vrlo brzo razgrađuju djelovanjem bakterija. U anaerobnim uvjetima (npr. u podzemnim vodama) bakterijska razgradnja je spora i može trajati mjesecima [12].

Benzen, toluen, etilbenzen i izomeri ksilena (BTEX) pri sobnoj su temperaturi i atmosferskom tlaku bezbojne tekućine. Karakteristična su mirisa, imaju relativno nisku temperaturu vrelišta i visok tlak para. Fizičko-kemijska svojstva BTEX-a (Tablica 2.5.1.) objašnjavaju njihovu uporabu kao organskih otapala. Među njima se benzenu, zbog najbolje topljivosti u vodi, najveće hlapljivosti i toksičnosti, uvijek posvećuje najveća pažnja [15].

Tablica 2.5.1. Fizičko-kemijska svojstva BTEX-a [16]

Spoj	**ρ^a/g cm^{-3}**	**t.v^b/°C**	**P^c/kPa**	**S(H_2O)^d/mg L^{-1}**
Benzen	0,878	80,1	13,3	1800
Toluen	0,867	110,6	3,8	535
Etilbenzen	0,866	136,2	1,24	152
***o*-ksilen**	0,876	144,4	0,66	142
***m*-ksilen**	0,860	139,1	0,79	146
***p*-ksilen**	0,857	138,3	0,86	185

a-gustoća, b-vrelište c-tlak para pri sobnoj temperaturi, d-topljivost u vodi pri sobnoj temperaturi

Zbog svojih fizičkih i kemijskih obilježja aromatski ugljikovodici imaju široku uporabu i rasprostranjeni su u okolišu, kući i na radnom mjestu. Njihove koncentracije su veće u zatvorenom prostoru nego u prirodi. Uporaba aromatskih ugljikovodika je brojna u industriji gume i gumenih proizvoda, umjetne kože, industriji boja i lakova, kao razrjeđivač sastavni dio pasta za podove, pri tamnjenju i pozlaćivanju keramike, proizvodnji ljepila, u nekim tiskarskim tehnikama, sintezi farmaceutskih proizvoda, industriji eksploziva, pesticida i slično [12].

2.5.1. Toksični učinci hlapljivih organskih spojeva u organizmu

BTEX mogu ući u organizam preko pluća, kože i probavnog sustava, ali je inhalacija najvažniji i najčešći put unosa [17]. Toksični učinci BTEX-a nisu podjednako istraživani za sve spojeve, najviše je podataka prikupljeno za benzen zbog njegove hematotoksičnosti, a slijedi toluen zbog svoje neurotoksičnosti, dok su za etilbenzen i ksilene podatci oskudni. Akutni zdravstveni učinci opisani su uglavnom nakon profesionalne izloženosti.

Sva organska otapala djeluju lokalno na kožu i sluznice, a nakon resorpcije sustavno se djelovanje očituje na središnjem živčanom sustavu. Neurotoksični učinci uključuju glavobolju, vrtoglavicu, pospanost, a ponekad i gubitak svijesti [18]. Najviše su istraženi hematotoksični učinci: profesionalna izloženost benzenu može dovesti do smanjenja broja krvnih stanica, do hipoplazije koštane srži i pancitopenije, a u nekim slučajevima i do mijeloične leukemije [19].

Niske do umjerene razine toluena mogu izazvati umor, zbunjenost, slabost, pijani tip aktivnosti, gubitak pamćenja, mučninu, gubitak apetita, sluha i boje, gubitka vida. Ovi simptomi obično prestaju kratko nakon prestanka izloženosti utjecaju toluena. Izloženost kože tekućem toluenu izaziva sušenje, crvenilo i dermatitis. Udisanje visokih razina toluena u kratkom vremenu mogu uzrokovati ošamućenost, mučninu, pospanost ili dovesti do nesvjestice, pa čak i smrti (1 %). Glavno djelovanje kod udisanja para toluena je na središnji živčani sustav, a simptomi ovise o koncentraciji para. Kod toluena izostaje kancerogeno djelovanje [12].

Ksilen se unosi u organizam udisanjem njegovih para iz proizvoda koji ga sadrže ili udisanjem zraka koji je kontaminiran ksilenom. Izlaganje visokim razinama ksilena može uzrokovati razne neurološke probleme: glavobolju, vrtoglavicu, zbunjenost, oslabljenu koordinaciju mišića, poremećaj osjeta za ravnotežu, te mučninu, probavne smetnje, iritaciju kože, očiju, nosa i grla [12].

2.6. Benzen

Uz mnoštvo alifatskih spojeva, odavno je poznato da postoje i mnogi drugi spojevi koji također posjeduju ugljikovodični dio, ali s većim odnosom ugljika prema vodiku i s bitno različitim kemijskim svojstvima od alifatskih spojeva. Takvi spojevi najčešće imaju ugodan miris. Npr. eterične komponente hlapljivih ulja karanfila, cimeta, anisa, gorkih badema i vanilije posjeduju takva svojstva.

Ugljikovodik priređen dekarboksilacijom benzojeve kiseline, izoliran iz aromatične tvari benzojeve smole dobio je ime benzen. Joseph Loschmidt (austrijski fizičar i profesor na Univerzitetu u Beču) je 1861. godine prvi utvrdio da se većina aromatskih spojeva može smatrati derivatima benzena (C_6H_6), upravo kao što se alifatski spojevi smatraju derivatima metana. Od tada se naziv aromatski spojevi primjenjuju na one spojeve koji posjeduju karakteristična kemijska svojstva benzena [20] (tablica 2.6.1.).

Tablica 2.6.1. Prikaz osnovnih podataka za benzen

IUPAC nomenklatura	**Benzen**	
Ostala imena	cikloheksa-1,3,5-trien, stariji naziv: benzol	
Molarna masa	78,11 g mol^{-1}	
Gustoća	0,8765 g cm^{-3}	
Talište	278,7 K	5,5 °C
Vrelište	353,3 K	80,1 °C
Topljivost u vodi	1,8 g L^{-1}	
Dipolni moment	0 D	
Znakovi opasnosti	 Visoko zapaljivo (F+)	 Otrovno (T)

Iako je bio poznatiji po svome radu na elektricitetu i magnetizmu, Michael Faraday je dao izvanredne priloge i na području kemije. Budući da se tijekom druge polovice 18. stoljeća u Engleskoj proizvodio rasvjetni plin termičkom razgradnjom masnih ulja, kao nepotrebni produkt prilikom komprimiranja rasvjetnog plina izdvajala se lagana tekućina iz koje je Faraday 1825.godine destilacijom i kristalizacijom izolirao spoj koji je nazvao „*bicarburet of hydrogen*“ [20].

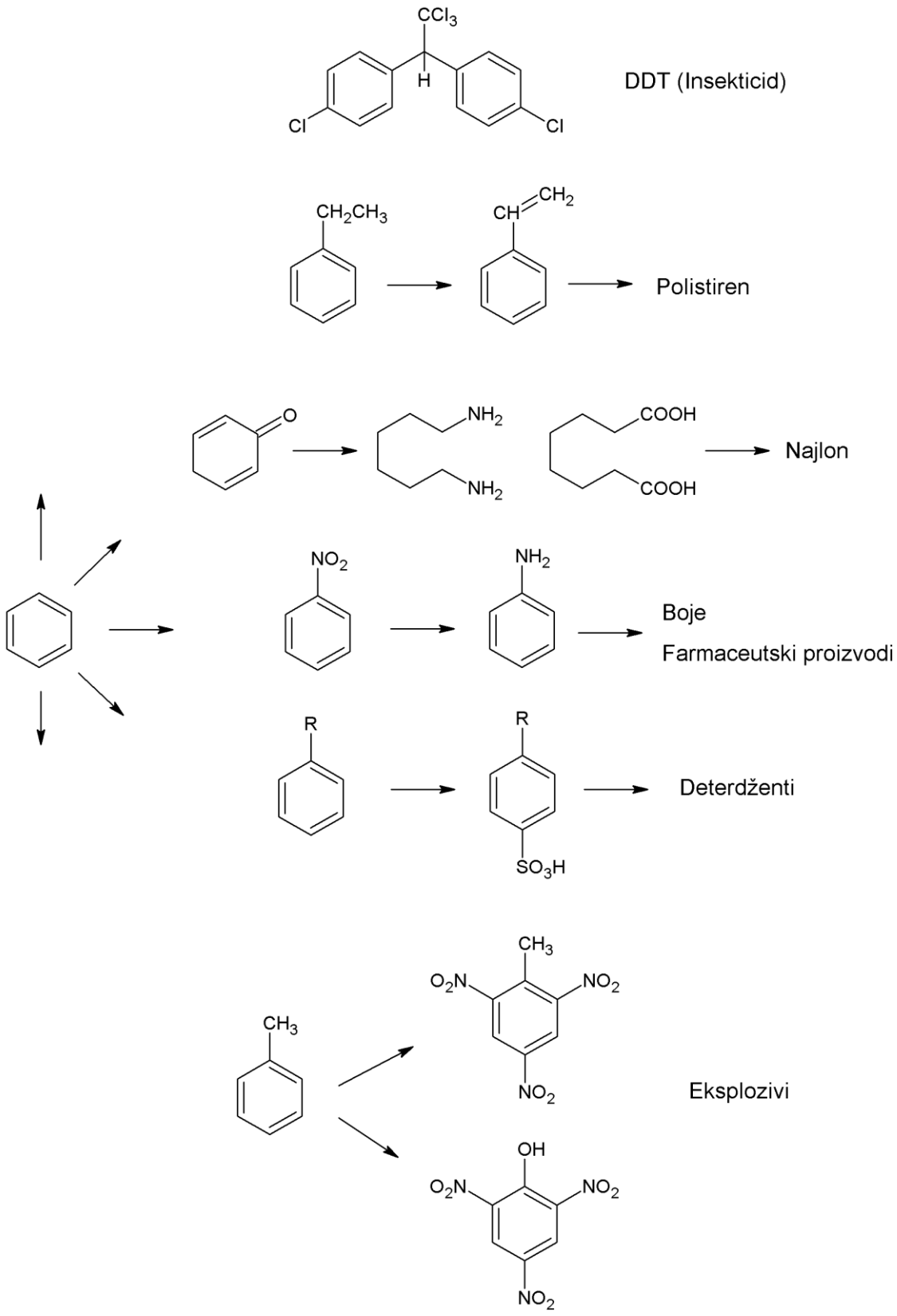
Eilhard Mitscherlich (profesor kemije na Univerzitetu u Berlinu) 1833. godine objavio je izolaciju istog ugljikovodika dobivenog destilacijom benzojeve kiseline s vapnom. On je svoj proizvod nazvao benzin, ali je Liebig (izdavač Annalen der Chemie) tvrdio da bi više odgovarao naziv benzol (gdje nastavak -ol označava tekućinu; lat. *oleum,* ulje). Međutim u engleskoj i francuskoj literaturi ovaj je naziv izmijenjen u benzen jer je završetak –ol rezerviran za alkohole [20].

2.6.1. Primjena benzena

Benzen je bezbojna i zapaljiva tekućina, ugodnog mirisa, točke vrelišta 80,1 °C, relativno visoke točke tališta 5,5 °C. Posjeduje potencijalno kancerogena svojstva ali je važno otapalo u industriji i prekursor za sinteze različitih boja. Prirodan je sastojak u sirovoj nafti ali se može sintetizirati i od drugih sastojaka nafte.

U 19. i početkom 20. stoljeća benzen je upotrebljavan kao losion nakon brijanja zbog ugodnog mirisa. Prije 1920. godine benzen je učestalo rabljen kao otapalo u industriji, najviše za odmašćivanje metala. Nakon što je otkrivena njegova potencijalna toksičnost (povezanost sa leukemijom) benzen je zamijenjen drugim otapalima kao što je toluen koji ima slična svojstva ali nije kancerogen.

1903.godine Ludwig Roselius popularizirao je upotrebu benzena za uklanjanje kofeina iz kave, međutim taj je proces ubrzo obustavljen. Zbog zabrinutosti za zdravlje i mogućnosti prelaska u vodu, u SAD-u su uvedene stroge kontrole koje nalažu da udio benzena u nafti mora biti oko 1%. Danas specifikacije u Europi također nalažu da količina benzena ne smije prelaziti granicu od 1%. Slikom 2.6.1. prikazana je industrijska upotreba benzena kao prekursora za dobivanje važnih spojeva, npr. za dobivanje derivata stirena koji se upotrebljavaju za dobivanje polimera i plastike, te za dobivanje fenola koji se upotrebljava za dobivanje smole i ljepila [21].

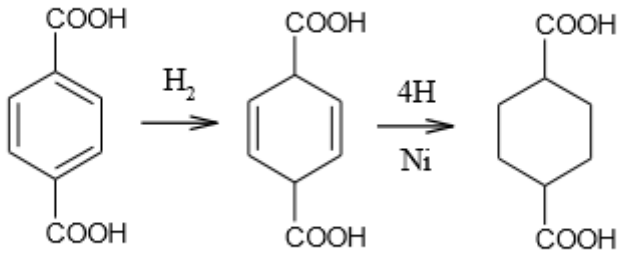


Slika 2.6.1. Primjena benzena u industriji kao prekursora važnih spojeva

2.6.2. Struktura benzena

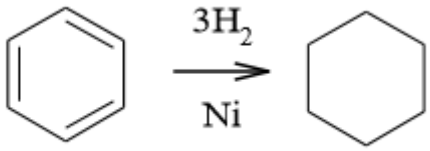
August Kekulé je prvi odredio formulu benzena 1865. god. Prema njegovu prijedlogu šest atoma ugljika nalaze se u uglovima pravilnog šesterokuta, a na svakom je vezan po jedan vodikov atom. U benzenu su svi ugljikovi atomi ekvivalentni, baš kao i svi vodikovi atomi. Dakle, zamjena bilo kojeg vodikovog atoma benzena daje isti monosupstituirani produkt. U reakcijama disupstitucije, uvijek postoje tri izomera disupstituiranog derivata benzena koji se nazivaju *orto-*, *meta-*, i *para-* izomer. Iz podataka koje je dao Faraday vidljivo je da benzen ima molekulsku formulu C_6H_6. Budući da alkan s istim brojem ugljikovih atoma ima molekulsku formulu C_6H_{14} moglo bi se očekivati da je benzen jako nezasićen [22].

On je naprotiv skoro toliko stabilan prema oksidaciji i uobičajenim reakcijama adicije kao i zasićeni ugljikovodici. Među prvima koji je dokazao povezanost cikličkih alkana i benzena bio je Adolf von Baeyer. Na slici 2.6.2.1. prikazana je redukcija p-benzendikarboksilne kiseline s nascentnim vodikom u cikloheksadiendikarboksilnu kiselinu, koja se kasnije može hidrogenacijom prevesti u cikloheksandikarboksilnu kiselinu. Na ovaj način su po prvi put povezali spojeve cikloheksana i benzena te je uvjerljivo dokazana prisutnost šesteročlanog prstena u benzenu [22].



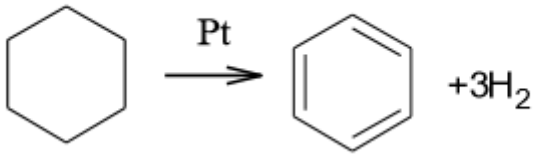
Slika 2.6.2.1. Redukcija p-benzendikarboksilne kiseline

Slikom 2.6.2.2.2 prikazana je metoda kojom je 1900. godine Paul Sabatier dokazao isti međusobni odnos benzena i cikloheksana. Naime, korištena je metoda hidrogenacije nezasićenih spojeva molekularnim vodikom uz pomoć nikla kao katalizatora.



Slika 2.6.2.2. Hidrogenacija uz katalizator

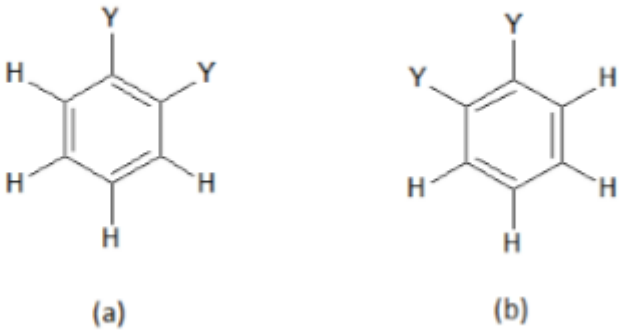
1912. godine Nikolay Dimitrievich Zelinsky je izveo povratnu reakciju. Na slici 2.6.2.3. prikazana je povratna reakcija tj. aromatizacija cikloheksana u benzenu uz pomoć katalizatora platine.



Slika 2.6.2.3. Aromatizacija cikloheksana uz katalizator

Benzen i njegovi homolozi mogu biti predstavljeni formulom C_nH_{2n-6} koja zbog očite monocikličke strukture benzena, mora značiti prisutnost u njemu tri dvostruke veze. Nakon što je riješena problematika same strukture benzena, postavilo se drugo pitanje o postojanju dva orto-izomera kao što je prikazano slikom 2.6.2.4.

Na slici 2.6.2.4. dani su prikazi dva orto-izomera benzena (a) i (b), jedan u kojem su dva ugljikova atoma koji nose Y-grupe međusobno vezana jednostrukim vezama (a) i drugi u kojemu su oni vezani dvostrukom vezom (b) [23].



Slika 2.6.2.4. Orto-izomeri benzena

Kekulé je dao uvod u posebnu hipotezu brzog premještanja dvostrukih veza u benzenu kako bi održao svoju formulu. Na slici 2.6.2.5. prikazane su rezonantne strukture benzena koje se označavaju dvostrukom strelicom između dviju formula, te položaji dvostrukih veza ne smatraju se fiksnim.



Slika 2.6.2.5. Rezonantne strukture benzena

Na samom kraju ostalo je riješiti problem duljine veza između susjednih ugljikovih atoma u prstenu benzena. U etanu i drugim zasićenim spojevima udaljenost između susjednih ugljikovih atoma iznosi 0,154 nm, u etilenu je razmak ugljik-ugljik 0,134 nm. Kod spojeva koji sadrže i jednostruke i dvostruke veze oba su razmaka utvrđena dok se kod benzena može naći samo jedna veličina za dužinu veze ugljik-ugljik, a ona iznosi 0,139 nm što je utvrđeno difrakcijom rentgenskih zraka [22].

2.6.3. Aromatičnost benzena

Aromatski organski spojevi su spojevi koji se sastoje od planarnog prstena čiji sustav sadrži oblak delokaliziranih π elektrona. 1931. godine Erich Hückel (njemački kemičar i fizičar) je predložio teoriju koja je pomogla u definiranju aromatskih svojstava planarnih molekula. Njegovo pravilo kaže da ako ciklička, planarna molekula posjeduje 4n+2 π elektrona smatra se aromatskom molekulom. To je pravilo danas poznato kao Hückel-ovo pravilo.

Da bi neka molekula bila aromatična, mora zadovoljavati sljedeća pravila:

- molekula mora biti ciklička (prstenasta),
- svaki atom u prstenu mora biti okružen p-orbitalama s obiju strana (potpuno preklapanje), odnosno mora imati iznad i ispod ravnine molekule kontinuirani oblak π delokaliziranih elektrona,
- molekula mora biti planarna (svi atomi u prostoru leže u jednoj ravnini),
- mora imati odgovarajući broj π elektrona odnosno mora zadovoljavati Hückel-ovo pravilo (4n+2) gdje je n prirodni broj počevši od nule [21].

3. Eksperimentalni dio

3.1. Opis mjesta uzorkovanja

U diplomskom radu iskorišteni su podatci dobiveni iz *„ Zavoda za javno zdravstvo“* i to su prvi preliminarni podatci. Istraživanje se provodilo 2012. godine u dvije srednje škole u Osijeku koje su izabrane metodom slučajnog uzorka. Kako bi škole ostale anonimne u radu će biti označene kao škola ŠK_1 i ŠK_2.

3.1.1. Mjesto uzorkovanja ŠK_1

Mjesto uzorkovanja ŠK_1, tj. škola u kojoj su se provodila mjerenja 2012. godine javna je srednja škola koja se nalazi u urbanom području približno 100 metara od prometne ceste. Škola se sastoji od jedne zgrade koja ima prizemlje i jedan kat. Ukupna površina škole je 1789 m^2 i sadrži 17 učionica. Školska zgrada masivna je građevinska struktura starija od 50 godina te je renovirana u zadnjih 5 godina.Školu pohađa 547 učenika. Uzorkovano je u tri učionice i to u učionicama broj 6, 10 i 17 te na jednoj vanjskoj lokaciji. Škola koristi prirodnu ventilaciju za prozračivanje učionica, a sustav grijanja je od strane gradske toplane. Tablicom 3.1.1.1. prikazane su osnovne karakteristike ovih učionica.

Volumen učionice broj 6 koja je smještena na prizemlju iznosi 193,9 m^3. Zbog bolje opskrbe svježim zrakom površina prozora u učionici iznosi 7,9 m^2. Beton, cigla i žbuka građevni su materijali zidova i stropova koji su obojani bojom, a betonski je pod obložen drvenim parketom. Namještaj kojim je učionica opremljena je od drveta i šperploče. U učionici je postavljena obična ploča s kredom, interaktivna elektronička ploča te kompjuter i televizor.

Učionica broj 10, volumena 155,9 m^3 nešto je manja od prethodne učionice broj 6 i nalazi se na prvom katu. Prozori ove učionice površinski su manji za 4,9 m^2. Zidovi, strop i pod su jednaki kao i kod prethodne učionice. Namještaj u učionici izrađen je od šperploče. Učionica pruža upotrebu obične ploče s kredom i televizora.

Posljednja učionica smještena na prvom katu, broja 17 prednjači volumenom od 199,5 m^3. Površina prozora ove učionice iznosi 6 m^2. Ista je vrsta građevinskog materijala zidova, stropa i poda kao i u prve dvije učionice. Pod je obložen pločicama Učionica je opremljena namještajem od drveta i šperploče.

Tablica 3.1.1.1. Prikaz osnovnih karakteristika učionica u ŠK_1

	Volumen učionice/m^3	**Širina učionice/m**	**Duljina učionice/m**	**Visina učionice/m**	**Površina prozora/m^2**	**Kat**
Učionica br. 6	193,9	6,2	9,2	3,4	7,9	0
Učionica br. 10	155,9	6,1	7,3	3,5	3,0	1
Učionica br. 17	199,5	6,0	9,5	3,5	6,0	1

Zidovi sve tri učionice bojani su u zadnjih 12 mjeseci. Učionice se čiste svaki dan deterdžentima i poprilično su čiste. Prozori se otvaraju za vrijeme odmora i ponekad tijekom sata kako bi učionice bile prozračene.

3.1.2. Mjesto uzorkovanja ŠK_2

Škola broj 2, u kojoj su se također provodila mjerenja javna je srednja škola koja se nalazi u urbanom području. Ovu školu čine dvije zgrade koje imaju podrum, prizemlje i kat. Površina jedne zgrade je 1098,25 m^2, dok je površina druge nešto manja, 780,00 m^2 i ukupno sadrži 20 učionica. Školska zgrada masivna je građevinska struktura starija od 50 godina. Također je i u ovoj školi uzorkovano u tri učionice i na jednoj vanjskoj lokaciji. U učionici broj 14 iz zgrade 1 te u učionicama broj 10 i 7 iz zgrade 2 provodila su se uzorkovanja. Školu pohađa 835 učenika. Škola koristi prirodnu ventilaciju za prozračivanje učionica dok je sustav grijanja od strane gradske toplane. Tablica 3.1.2.1. prikazuje osnovne karakteristike ovih učionica.

Volumen učionice broj 14 koja je smještena na prvom katu iznosi 270,3 m^3. Zbog bolje opskrbe svježim zrakom površina prozora u ovoj učionici iznosi 12,9 m^2. Zidovi su napravljeni od cigle, betona i žbuke i obojani su bojom, pod je betonski i obložen je laminatnim parketom te su promijenjeni prozori. Od interijera u učionici se nalazi ploča s kredom, televizor i namještaj od šperploče.

Posljednja učionica smještena na prvom katu, broja 10 nešto je manjeg volumena od prethodne učionice broja 14. Njezin volumen iznosi 243 m^3, a površina prozora ove učionice iznosi 7,9 m^2. Materijali od kojih su napravljeni zidovi, strop i pod, zatim podne i zidne obloge te opremljenost učionice su isti kao i kod učionice broj 14.

Učionica broj 7, volumena 221,2 m^3 nešto je manja od prethodno opisane učionice i nalazi se u prizemlju. Površina prozora ove učionice je veća od prethodne učionice i iznosi 10,6 m^2. Zidovi, strop i pod su napravljeni od istog materijala kao i u učionici broj 14. Zidovi su obojani i dijelom obloženi drvetom i štukaturom, a pod je obložen laminatnim parketom. U učionici se nalazi ploča s kredom, televizor i namještaj od šperploče.

Tablica 3.1.2.1. Prikaz osnovnih karakteristika učionica u ŠK_2

	Volumen učionice/m^3	**Širina učionice/m**	**Duljina učionice/m**	**Visina učionice/m**	**Površina prozora/m^2**	**Kat**
Učionica br. 14	270,3	6,6	9,1	4,5	12,9	1
Učionica br. 10	243,0	6,0	9,0	4,5	7,9	1
Učionica br. 7	221,2	6,1	9,3	3,9	10,6	0

Zidovi samo dviju učionica (broj 14 i 7) bojani su u zadnjih 12 mjeseci. Uporabom deterdženata pospješuje se urednost i čistoća učionica. Prozori se otvaraju za vrijeme odmora i ponekad tijekom nastavnog sata kako bi se učionice prozračile.

3.2. Detekcija i identifikacija benzena

3.2.1. Pasivni uzorkivač-Radiello Code 123-1

Uzorkovanje zraka obuhvaća pripremu, uzimanje, čuvanje i transport uzoraka, dok postupak analize uzoraka zraka obuhvaća laboratorijsko ispitivanje tj. njihovu fizikalno-kemijsku analizu. Rezultati mjerenja koncentracija zagađujućih tvari uspoređuju se sa propisanim standardima kvaliteta zraka kako bih se utvrdila razina zagađenosti zraka. Uzorkovanje može biti aktivno i pasivno.

Osnovna karakteristika pasivnog uzorkovanja je to da ono osigurava podatke koji se odnose na duži period kontaminacije zraka. Princip pasivnog uzorkovanja se zasniva na "provlačenju" tj difuziji zraka kroz filter ili neki adsorbens tijekom određenog vremenskog intervala, pri čemu se određena tvar zadržava na adsorbensu, nakon čega se uzorak transportira do laboratorija gdje se provodi analiza.

Pasivno uzorkovanje je kumulativno uzorkovanje, pri čemu se uzima prosječna vrijednost u vremenu od mjesec dana. Prednosti pasivnog uzorkovanje su mnoge: tiho je, ne zahtjeva nadgledanje, ne zahtjeva korištenje pumpi i brojne druge. Pasivni uzorkivač (eng. *Passive Sampler*) se rjeđe koristi nego aktivni, te se postavlja na unaprijed određeno mjesto u prostoriji.

Aktivno uzorkovanje predstavlja drugi tip uzorkovanja. Prilikom aktivnog uzorkovanja koristi se automatski uzorkivač (eng. A*uto Sampler*), koji na licu mjesta uzima uzorak i mjeri koncentraciju onečišćivača. Aktivni uzorkivač služi za uzorkovanje zraka tijekom 24 sata.

Uređaj koji je korišten za uzorkovanje je pasivni uzorkivač „Radiello-ready-to-use code 123-1“. Distribuira ga tvrtka Sigma-Aldrich/Supelco. Sastoji se od tri komponente: bijelog difuznog tijela „code 120”, trokutastog držača „code 121” i kapsule za adsorpciju „code 130“ [24]. Prosječna cijena uređaja je oko 24,20 eura, cijena pojedinih dijelova uređaja prikazana je u tablici 3.2.1.1. Difuzno tijelo i trokutasti držač se mogu više puta koristiti.

Tablica 3.2.1.1. Cijena pojedinog dijela uređaja [25]

Dijelovi	Kod	Približna cijena/euro
Kapsula za adsorpciju	RAD130	10,50
Difuzno tijelo	RAD120	7,80
Trokutasti držač	RAD121	5,20
Ukupno		24,20

Bijelo difuzno tijelo „code 120“ prikazano slikom 3.2.1.1. izrađeno je od mikroporoznog polietilena 1,7 mm debljine, a duljina difuznog tijela iznosi 18 mm.



Slika 3.2.1.1. Bijelo difuzno tijelo „code 120“ [24]

Trokutasti držač „code 121“ napravljen je od polikarbonata te je korišten kao fiksator za difuzno tijelo. Uz njega dolazi spojnica preko koje se difuzno tijelo učvrsti, te naljepnica na koju se upisuju potrebne informacije (slika 3.2.1.2.).



Slika 3.2.1.2. Trokutasti držač „code 121“ [24]

Ovisno o spoju koji se ispituje razvijene su različite kapsule za adsorpciju. One se nalaze u plastičnoj ili staklenoj cijevi, omotane polietilenskim termo-vrećama (slika 3.2.1.3.). Njihove dimenzije su manje više jednake za sve: 60 mm duljine, 4,8 -5,8 mm promjera. Kapsula za adsorpciju „code 130“ je valjkastog oblika, promjera 5,8 mm, napunjena je sa 530±30 mg aktivnog ugljena kao adsorbensa. Ova kaspula ima vrlo veliki kapacitet punjenja oko 80 mg [25].



Slika 3.2.1.3. Kapsula za adsorpciju „code 130“ [24]

Prilikom stavljanja kapsule za adsorpciju u difuzno tijelo, treba biti oprezan i ne doticati je prstima. Kada je kapsula potpuno umetnuta u difuzno tijelo, okomito držeći, difuzno tijelo pričvrsti se za trokutasti držač, te se stavi naljepnica i ispišu se potrebni podatci (npr. datum početka uzorkovanja, datum završetka uzorkovanja,...) (slika 3.2.1.4.).



Slika 3.2.1.4. Postupak sastavljanja uzorkivača [24]

Nadalje, ovako sastavljen uzorkivač se postavlja na mjesta unutar učionice i/ili u školskom dvorištu. Idealna točka postavljanja uzorkivača u zatvorenom prostoru bi bila na visini 1,5 metar od stropa i 1-2 metra od zidova. Treba izbjegavati direktno izlaganje uzorkivača suncu, sustavima grijanja i ventilacije. Prilikom postavljanja uzorkivača u otvorene prostore tj u prirodu, treba biti na oprezu i uzorkivač smjestiti tako da ne bude izložen direktnom suncu, kiši i vjetru, što se postiže natkrivanjem uzorkivača pomoću “kućišta” (slika 3.2.1.5.).



Slika 3.2.1.5. Sistem natkrivanja uzorkivača [24]

Nakon nekoliko dana (3-5 dana) uzorkovanja, kapsule za adsorpciju se izvuku iz difuznog tijela i stavljaju u staklenu bočicu, te dobro zatvore. Kapsule treba čuvati na hladnom mjestu bez otapala i na taj način njihov sadržaj ostaje nepromijenjen najmanje 6 mjeseci (slika 3.2.1.6.). Nakon toga kapsula se transportira u laboratorij na daljnju analizu. Daljnje analize trebale bi se u što kraćem vremenskom periodu provesti.



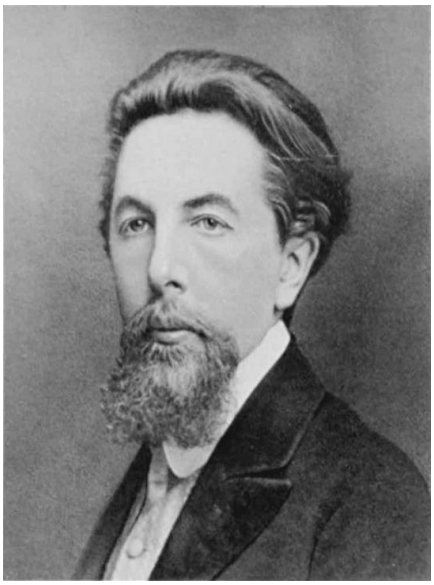
Slika 3.2.1.6. Skladištenje kapsule nakon uzorkovanja [24]

Tehnika i metode kojima će se analizirati u laboratoriju ovise o vrsti onečišćivača koji se određuje. Korištena je plinska kromatografija (eng. *Gas Chromatography-GC*) s plameno ionizacijskim detektorom (eng. *Flame Ionisation Detector-FID*) o kojoj više u sljedećem odjeljku.

3.2.2. Plinska kromatografija

Kromatografija (grč.*chroma*-boja, *graphein*-pisati) je fizikalna metoda separacije u kojoj se sastojci raspodjeljuju između diju faza, jedna je nepokretna (stacionarna/adsorbent) faza, a druga pokretna (mobilna/eluent) faza. Kromatografska analiza se koristi za odjeljivanje, identifikaciju i kvantitativno određivanje kemijskih sastojaka koji su prisutni u smjesama složenog sastava.

Početkom 20. Stoljeća, M. S. Tswett (slika 3.2.2.1.) primijenio je kromatografsku tehniku za odjeljivanje biljnih pigmenata klorofila i ksantofila prolazom kroz staklenu kolonu napunjenu sitno-zrnatim kalcijevim karbonatom. Odijeljeni sastojci vide se na koloni kao obojene vrpce po kojima je tehnika dobila naziv.



Slika 3.2.2.1. Ruski botaničar M.S. Tswett [26]

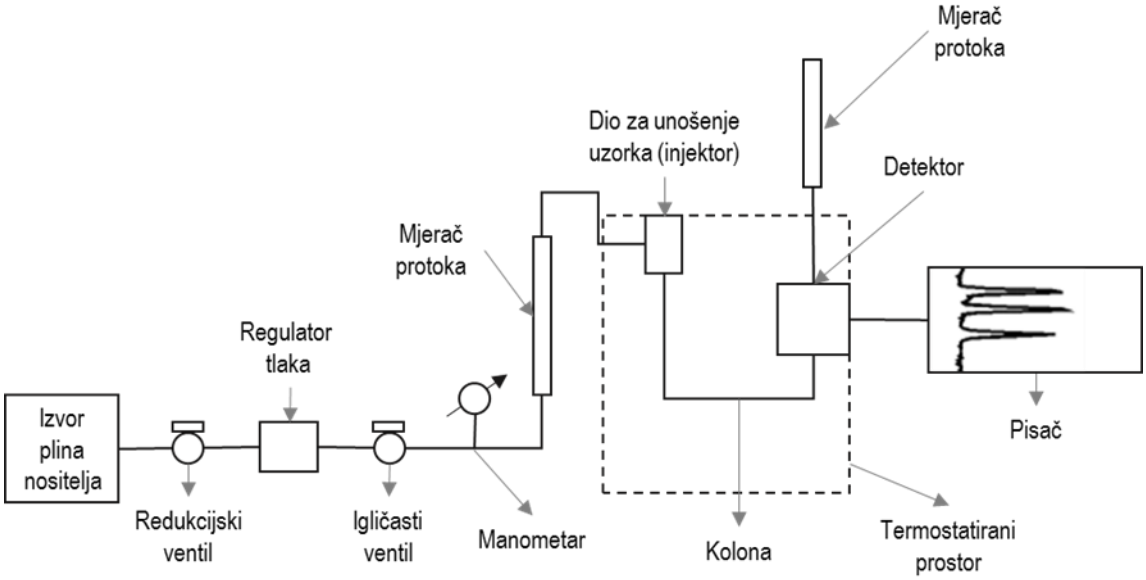
Plinska kromatografija je najraširenija analitička tehnika i važan je dio opreme svih, kako industrijskih tako i znanstvenih laboratorija koji se bave analizom hrane i pića. Nudi brzu kvalitativnu i kvantitativnu analizu kompleksnih smjesa, značajan utjecaj ima na razvoj istraživanja tvari arome prirodnih materijala.

Plinska kromatografija (GC) je instrumentalna separacijska tehnika i vjerojatno je najspretnija za separaciju organskih spojeva, smjesa i čistih tvari [27].

Plinska kromatografija bazira se na različitoj brzini gibanja sastojaka smjese koja se kreće u odnosu na neki kruti ili tekući adsorbens. Mobilna faza kod plinske kromatografije je u plinskom stanju, a stacionarna faza je kruti adsorbens ili tekućina nanesena na kruti nosač, a smještena je u kromatografskoj koloni pri ulasku smjese komponenata u kolonu. Ona se trenutno razdjeljuje između stacionarne i mobilne faze. Razdvajanje smjese hlapljivih sastojaka odvija se naizmjenično adsorpcijom i desorpcijom lakše hlapljivih sastojaka pod djelovanjem plina nositelja koji odnosi komponente kroz kolonu.

Eluiranje je glavna tehnika plinske kromatografije zato što se kolona kontinuirano regenerira s inertnim plinom nositeljem. Određena količina ispitivane smjese uvodi se strujom inertnog plina (plin nositelj) u kromatografsku kolonu.

Prolaskom kroz kolonu, smjesa se razdjeljuje između nepokretne faze i struje plina nositelja (pokretna faza). Plin nositelj ispire iz kolone pojedine frakcije, pa su sastojci na taj način promiješani samo s plinom nositeljem te je s toga olakšano kvalitativno i kvantitativno određivanje komponenata [28]. Slikom 3.2.2.2. shematski je prikazan plinski kromatograf.



Slika 3.2.2.2. Shematski prikaz plinskog kromatografa

Plin nositelj

Svi kemijsko inertni plinovi se mogu koristiti kao plin nositelj, međutim najviše se koriste vodik (H_2), dušik (N_2), helij (He) i argon (Ar). Izbor plina nositelja ovisi o vrsti detektora, sigurnosnim mjerama, cijeni te efikasnosti i brzini [28]. Budući da se radilo s GC-FID (slika 3.2.2.3.), kao plin nositelj koristio se dušik (N_2) .

Kolone

Kromatografsku kolonu čini cijev i nepokretna faza unutar nje, kroz koju prolazi pokretna faza. Pomoću njih se vrši razdvajanje pojedinih komponenata uzorka. Kolone za kromatografiju izrađene su od metalnih, staklenih i plastičnih cijevi u koje se stavlja određeni adsorbens, a različitog su oblika i dimenzija [29]. U analizi su korištene kapilarne kolone, proizvođača LabAlliance RH624, dimenzija 30x0,03x3,0 μm; a GC sustav koji se koristio za analizu je Hewelett Packard 5890 Series II.

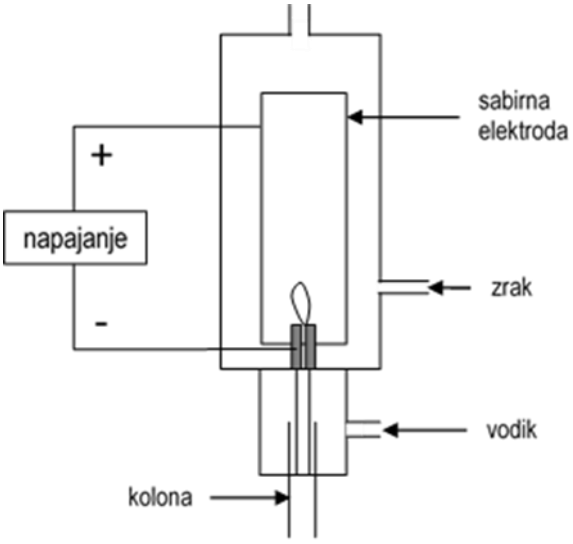


Slika 3.2.2.3. HP 5890 Series II [30].

3.2.3. Plameno-ionizacijski detektor (eng. Flame Ionisation Detector - FID)

Kao detektor u plinskoj kromatografiji može poslužiti svaki uređaj koji na temelju nekog kemijskog ili fizikalnog svojstva iz eluirane komponente registrira njenu prisutnost u plinu nositelju. Uređaj mora pokazati brz odaziv na male promjene koncentracije sastojaka za vrijeme njihove eluacije iz kromatografske kolone. Najviše se koriste detektori koji su osjetljivi prema što većem broju sastojaka analiziranog uzorka, koji su brzi i mogu se koristiti u širokom temperaturnom intervalu.

U ovom radu koristila se plinska kromatografija s plameno-ionizacijskim detektorom (slika 3.2.3.1.). Veliki broj organskih spojeva sagorijeva na temperaturi plamena vodik/zrak te je plameno-ionizacijski detektor primjenjiv za detekciju većine organskih spojeva.



Slika 3.2.3.1. Plameno-ionizacijski detektor

3.2.4. Postupak analize uzoraka

Adsorbirani benzen ispire (eluira) se ugljikovim disulfidom (CS_2) koji sadržava 2-fluorotoluen, kao početni standard i analizira se plinskom kromatografijom s plameno-ionizacijskim detektorom (GC-FID). Za analizu je korišten GC sustav Hewelett Packard 5890 Series II, korištena je separacijska kolona LabAlliance RH624 30 x 0,03 x 3,0 µm (100% dimetilpolisiloksan) i plameno-ionizacijski detektor (FID).

Prije početka analize pripremljene su standardne otopine benzena. Prvo se pripremi početnu otopinu vaganjem 40 mg benzena u 50 mL ugljikovog disulfida (CS_2). Zatim se od početne otopine priredi pet standardnih otopina prema tablici 3.2.4.1. Nakon toga se pripremi otopina za slijepu probu uzimanjem nove kapsule s adsorbensom, koju je potrebno prethodno ohladiti na ledu i dodaje se 2 mL od svake otopine za kalibraciju (volumen od 2 mL odgovara volumenu ugljikova disulfida čime je eluirana kapsula). Priprema ovih pet otopina potrebna je za kalibracijsku krivulju kako bi se mogli snimiti prikupljeni uzorci.

Nakon što je napravljena kalibracijska krivulja radi se analiza uzoraka plinskim kromatografom. Svakoj se kapsuli s uzorkom dodaje 50µL standardne otopine, začepi i dobro se promiješa te se uzorci termički desorbiraju pri 240 °C. Desorbirani uzorci benzena su uz plin nositelj (dušik) injicirani u kapilarnu separacijsku kolonu uz FID detekciju. Temperaturni program za separacijsku metodu prikazan je u tablici 3.2.4.2.

Tablica 3.2.4.1. Priprema standardnih otopina

Korak razrjeđivanja	**Volumen standardne otopine [mL]**	**Koncentracija benzena [µg/mL]**	**Koncentracija benzena [µg/2mL]**	**Koncentracija benzena u zraku [µg/m^3]**
Slijepa proba	0	0	0	0
1	1	0,4	0,8	1,4
2	2	0,8	1,6	2,8
3	4	1,6	3,2	5,6
4	7	2,8	5,6	9,7
5	15	6,0	12,0	20,8

Tablica 3.2.4.2. Temperaturni program za separcijsku kolonu u plinskom kromatografu Hewlett Packard 5890 Series II

Temperaturni program	35 °C, 5 min
	5 °C/min od 35 °C do 90 °C
	10 °C/min od 90 °C do 220 °C
	5 min pri 220 °C

Benzen je kvantitativno i kvalitativno određen plameno-ionizacijskim detektorom, koji je kalibriran sa standardnom smjesom plinova.

Masa benzena izračuna se prema izrazu:

$$m\ (\text{benzen}) = \frac{A\ (\text{benzen}) \cdot m(\text{FT}) \cdot RF}{A\ (\text{IS})}$$

Gdje je *A* (benzen) integrirana površina benzena, *m* (FT) je masa 2-fluorotoluena u 50 mL standardne otopine CS_2, *RF* (faktor zadržavanja/retencijski faktor) i *A* (IS) površina pika 2-fluorotoluena.

Nadalje koncentracija benzena u μg/m^3, računa se uzimajući u obzir vrijeme uzorkovanja (t/min) i vrijednost stope adsorpcije benzena (U/ mL min^{-1}) [31]. Pri 25 °C stopa adsorpcije benzena iznosi 80 mL/min.

$$c = \frac{m}{t \cdot U}$$

3.3. Rezultati i rasprava

Pilot istraživanje u trajanju od oko pet dana, točnije 4,5 dana je provedeno u travnju 2012. godine u dvije škole (ŠK_1 i ŠK_2). Istraživanje se sastojalo od opće karakterizacije školskih zgrada, inspekcije zatvorenih prostora na plijesan i vlagu te tjedne procjene prosječne razine benzena u šest učionica i na dvije vanjske točke. Za ovo pilot istraživanje korišteni su pasivni uzorkivači.

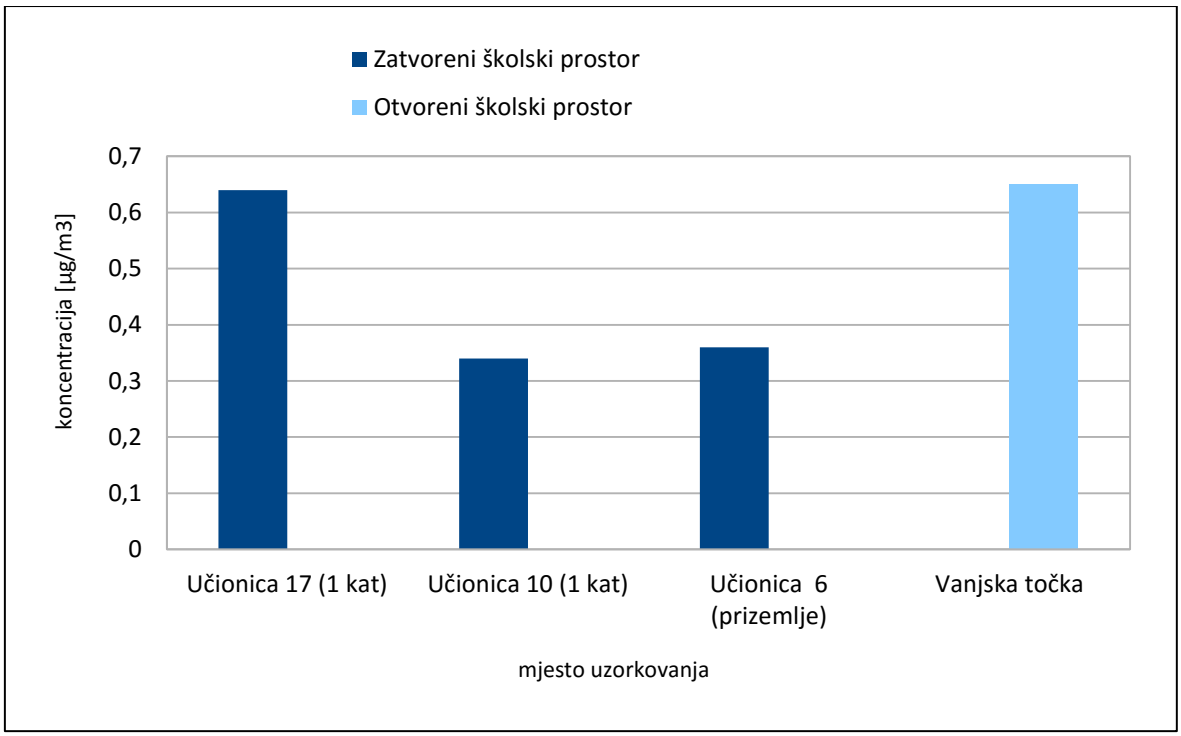
Histogramima i tablično prikazane su izmjerene koncentracije benzena u zatvorenom i otvorenom školskom prostoru te su to ujedno i prvi preliminarni podatci na području grada Osijeka**.**

Tablica 3.3.1. Koncentracije benzena u ŠK_1

ŠK_1		
Mjesto uzorkovanja	**Vrijeme uzorkovanja/sat**	**Koncentracija C_6H_6 [µg/m3]**
Učionica 17$_{(1.kat)}$	77	0,64
Učionica 10$_{(1.kat)}$	76	0,34
Učionica 6$_{(prizemlje)}$	78	0,36
Vanjska točka	76	0,65

Tablica i slika 3.3.1. prikazuju koncentracije benzena u školi ŠK_1 izmjerene u 2012. godini (od 24.04. do 27.04., najkraće vrijeme izlaganja pasivnog uzorkivača za adsorpciju benzena u zatvorenom prostoru je 4 dana [25]) . Najviša izmjerena vrijednost je u učionici 17 koja se nalazi na prvom katu, zatim je slijedi učionica 6 koja se nalazi u prizemlju, dok najnižu koncentraciju ima učionica 10 koja se nalazi na prvom katu. Mogući razlog više koncentracije benzena u učionici 17 je manji otvor za prozore, veći potencijalni izvori benzena kao što su drveni pod i namještaj od šperploče. U učionici 6 pod je obložen pločicama, namještaj je od drveta i šperploče te je prozorski otvor znatno veći.

Nadalje, u učionici 6 uočena je vlaga, dok je u učionici 10 primijećena kondenzacija na prozorima. Također, postoji mogućnost da je povišenje koncentracije vezano uz volumen učionice, budući da je učionica 17 volumenom najveća što rezultira i povećanjem količine građevinskog materijala potrebnog za uređenost i namještenost te učionice. U učionici 10 potrebno je manje građevinskog materijala i namještaja, jer je volumenom manja. Uspoređujući unutarnju koncentraciju učionice 17 i koncentraciju vanjske točke možemo vidjeti da su približno jednake. Prosječna vrijednost unutarnjih koncentracija iznosi 0,45 $\mu g/m^3$. Izmjerene koncentracije ne prelaze preporučenu graničnu vrijednost od strane Svjetske zdravstvene organizacije.

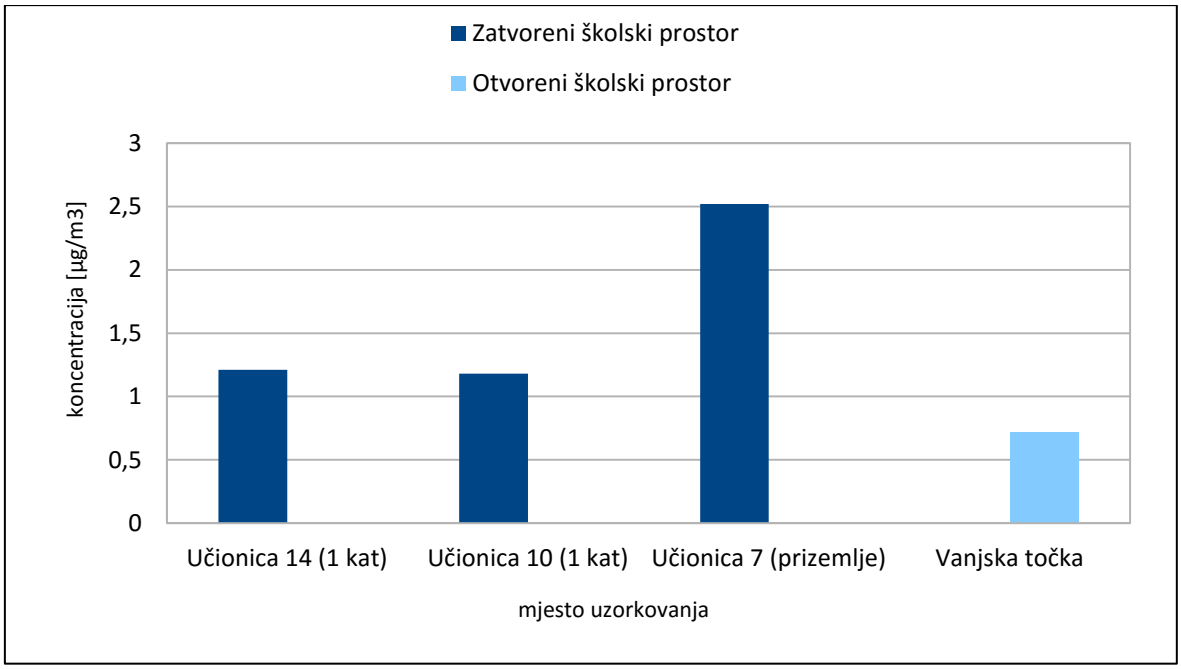


Slika 3.3.1. Prosječne koncentracije benzena u ŠK_1

Tablica 3.3.2. Koncentracije benzena u ŠK_2

ŠK_2		
Mjesto uzorkovanja	**Vrijeme uzorkovanja/sat**	**Koncentracija C_6H_6 [µg/m3]**
Učionica 14$_{(1\ kat)}$	102	1,21
Učionica 10$_{(1\ kat)}$	101	1,18
Učionica 7$_{(prizemlje)}$	101	2,52
Vanjska točka	102	0,72

Tablicom i slikom 3.3.2. prikazane su koncentracije benzena u školi ŠK_2 izmjerene u istom razdoblju kao i u ŠK_1 2012.godine. Povećana koncentracija benzena uočena je u učionici 7 koja se nalazi u prizemlju, dok su manje koncentracije izmjerene na prvom katu u učionicama 14 i 10. Učionice na prvom katu su veće, zidovi i stropovi ove dvije učionice (14 i 10) građeni su samo od cigle, betona, žbuke te su zidovi bojani u zadnjih 12 mjeseci, dok je učionica u prizemlju nešto manja i zidovi su joj obloženi drvetom i štukaturom što je mogući uzrok povećane koncentracije benzena. Podovi ovih učionica su betonski obloženi laminatnim parketom. Uspoređujući učionice na prvom katu (14 i 10) može se uočiti da je izmjerena koncentracija benzena u učionici 14 veća za 0,03 µg/m^3 od koncentracije u učionici 10. Budući da je u učionici 10 primijećena poneka prljavština, a učionica 14 je prilično čista, mogući potencijalni izvor povećane koncentracije je upotreba veće količine deterdženata za čišćenje. Uspoređujući unutarnje koncentracije benzena (učionice 14, 10 i 7) s vanjskom koncentracijom vidljivo je da su unutarnje koncentracije veće od vanjske koncentracije. Prosječna vrijednost unutarnjih koncentracija iznosi 1,64 µg/m3. Također ni u ŠK_2 vrijednosti koncentracije benzena ne prelaze preporučenu graničnu vrijednost.



Slika 3.3.2. Prosječne koncentracije benzena u ŠK_2

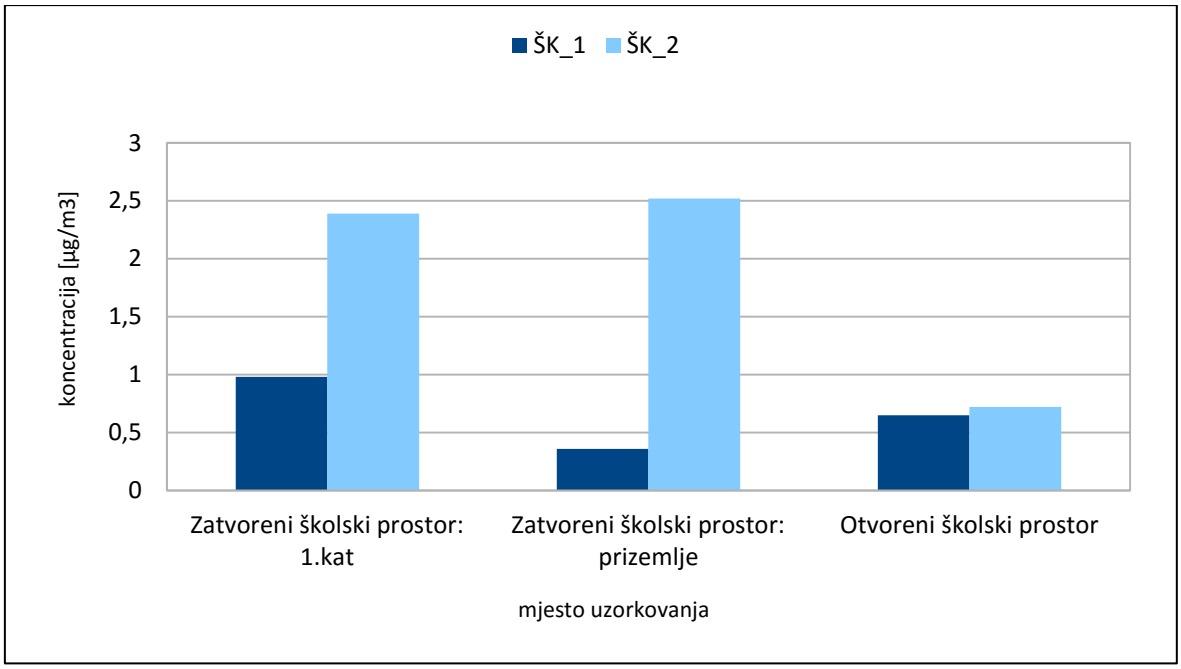
Tablica 3.3.3. Koncentracije benzena u ŠK_1 i ŠK_2 u μg/m^3

Mjesto uzorkovanja	**ŠK_1**	**ŠK_2**
Zatvoreni školski prostor$_{(1\ kat)}$	0,64	1,21
Zatvoreni školski prostor $_{(1\ kat)}$	0,34	1,18
Zatvoreni školski prostor $_{(prizemlje)}$	0,36	2,52
Otvoreni školski prostor	0,65	0,72

Iz tablice i usporednog grafičkog prikaza (slika 3.3.3.) ŠK_1 i ŠK_2 je vidljivo da su u obje škole najviše koncentracije izmjerene u učionicama koje se nalaze u prizemlju, a najniže koncentracije na prvom katu. Uočeno je da ŠK_2 ima veće koncentracije zatvorenog i otvorenog školskog prostora. Učionice u ŠK_1 su prostorno manje nego li učionice u ŠK_2. Nadalje, podovi ovih dviju škola se razlikuju, ŠK_1 ima drveni parket i pločice, a ŠK_2 ima laminatni parket.

Zatim iz usporednog grafa na slici 3.3.3. vidljivo je da je vanjska koncentracija benzena najveća kod ŠK_2. Razlog tomu može biti što se ŠK_2 nalazi u blizini HEP-ovog postrojenja (HEP TOPLINARSTVO d.o.o. pogon Osijek). Postrojenje se sastoji od zgrade kotlovnice u kojoj su smještena dva vrelovodna kotla, jedan parni kotao te zajednički dimnjak visine 65 m. Iz dimnjaka se ispuštaju (emisija) onečišćujuće tvari u zrak, koje nastaju kao posljedica izgaranja fosilnih goriva u uređajima za loženje u procesu proizvodnje električne i toplinske energije te pri proizvodnji tehnološke pare za industrijsku potrošnju. Također oko škole se nalaze i stambene jedinice, parkirališta koji pridonose zagađenju zraka.

Rezultati pilot istraživanja mjerenja koncentracije benzena u zatvorenom i otvorenom školskom prostoru pokazali su da povišene koncentracije u zatvorenom prostoru odgovaraju povišenim koncentracijama u vanjskom prostoru. Ovdje treba napomenuti da je pod zatvorenog prostora s povišenim koncentracijama benzena bio obložen laminatom. Izmjerene vrijednosti benzena ne prelaze granične vrijednosti izloženosti opasnim tvarima (C_6H_6 3,25 mg/m^3) propisane Zakonom o zaštiti na radu [33].



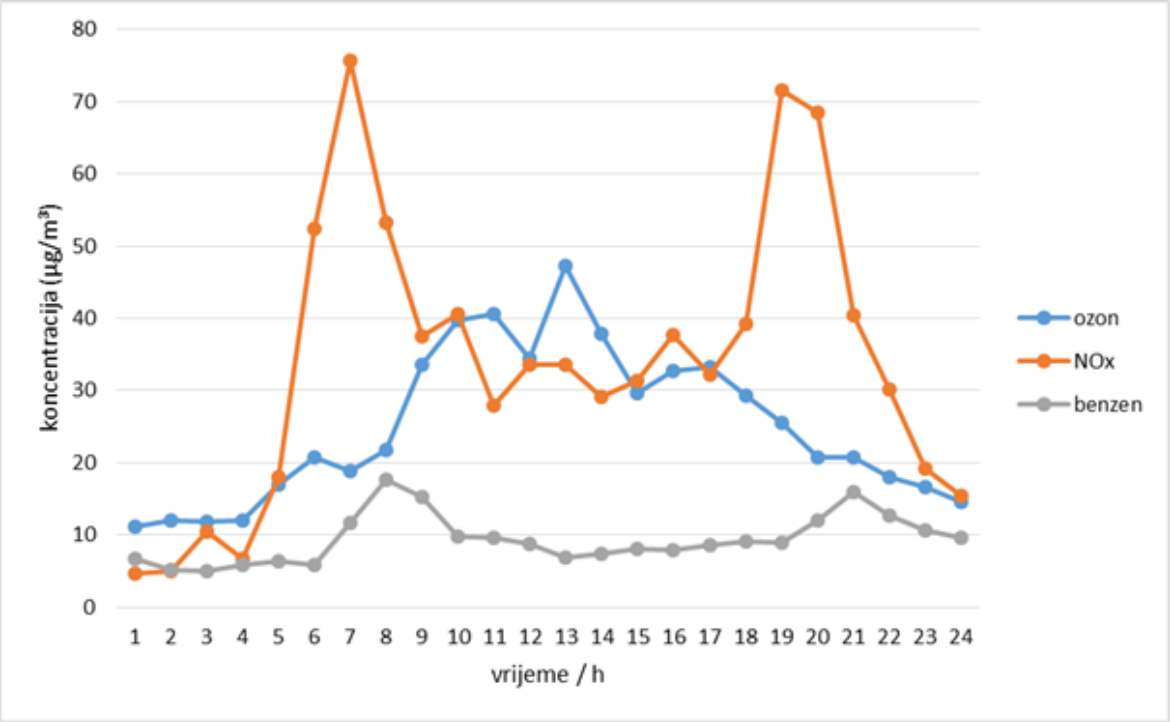
Slika 3.3.3. Usporedba prosječnih koncentracija ŠK_1 i ŠK_2

Uspoređeni su rezultati mjerenja vanjske koncentracije benzena pasivnim uzorkivačem s mjerenjima automatske mjerne postaje, koja je u vlasništvu Ministarstva zaštite i okoliša. Ime automatske mjerne postaje je OSIJEK-1.

Automatska mjerna postaja u gradu Osijeku nalazi se na 18°42´14,6´´ geografske širine i 45°33´31,9´´ geografske dužine, smještena uz prometnicu te se nalazi oko 300 m od ŠK_1 i 150 m zračne linije od ŠK_2. Ova mjerna postaja mjeri i koncentracije drugih onečišćujućih tvari (sumporov dioksid, dušikove okside, ozon, ugljikov monoksid, lebdeće čestice). Ciljevi mjerenja su procjene utjecaja na zdravlje ljudi i okoliš te praćenje trenda.

Prosječna vrijednost koncentracije benzena izmjerena na automatskoj mjernoj postaji iznosi 0,96 µg/m³ [32]. Na vanjsku koncentraciju benzena utječe i koncentracija ozona. Naime, prekursori ozona su hlapljivi ugljikovodici (gdje se nalazi i benzen) i dušikovi oksidi (dušikov monoksid i dušikov dioksid).

Osim satnih koncentracija benzena, uzete su u obzir i satne koncentracije prekursora te je napravljen „dnevni hod“ njihovih prosječnih satnih koncentracija. Izmjerene koncentracije prekursora se smanjuju tijekom porasta koncentracije ozona i obrnuto, što je prikazano slikom 3.3.4.



Slika 3.3.4. Dnevni hod koncentracija benzena ([C_6H_6] = µg/m^3·10), ozona i NO_x na automatskoj mjernoj postaji OSIJEK-1

4. Metodička obrada nastavne jedinice: Areni

Cilj ovog sata kemije je potaknuti učenike na samostalan rad i razmišljanje, a potom i donošenje zaključaka koji se temelje na rezultatima pokusa. Također, cilj je podijeliti učenike u grupe i zadati im da se prisjete (kratku oluju ideja) aromatskih spojeva koji se koriste i njihov utjecaj na okoliš. Dopuštena je uporaba svih dostupnih nastavnih pomagala. Zatim grupe prezentiraju svoja saznanja. Zatim razgovorom kroz pitanja o aromatskim spojevima, opisuje se struktura benzena, svojstvo aromatičnosti te se navode pravila imenovanja aromatskih spojeva. Kroz razgovor i demonstracijskim pokusom objasniti svojstva aromatskih ugljikovodika uz aktivno sudjelovanje učenika.

4.1. Priprema za izvođenje nastavnog sata

PRIPREMA ZA NASTAVNI SAT

NASTAVNI PREDMET: Kemija

RAZRED: 4. razred gimnazije

REDNI BROJ SATA:

NASTAVNA CJELINA – TEMA: Ugljikovodici

NASTAVNA JEDINICA: Areni

CILJ NASTAVNE JEDINICE: *Naučiti da su areni aromatski ugljikovodici, opisati strukturu benzena te objasniti aromatičnost na primjeru benzena. Naučiti crtati i imenovati aromatske spojeve s različitim supstituentima. Upoznati se s rezonantnim strukturama benzena, te njegovim fizikalnim i kemijskim svojstvima. Pokusom pokazati kojim plamenom benzen gori, te još neka svojstva benzena. Naučiti nomenklaturu arena.*

ZADATCI

Obrazovni zadatci (kognitivno; spoznajno područje; intelektualne vještine): • *prikazati rezonantne strukture benzena* • *uz pomoć pokusa uočiti neka od svojstava benzena* • *moći imenovati aromatske ugljikovodike i raspraviti o štetnosti aromatskih spojeva*
Funkcionalni zadatci (psihomotoričko područje; praktične vještine): • *razvijati sposobnost samostalnog zaključivanja* • *poticati i razvijati govorno izražavanje*
Odgojni zadatci (afektivno; odgojno područje; stavovi): • *uočiti važnost očuvanja okoliša i prirode* • *razvijati sposobnost zapažanja i zapisivanja pojedinosti o pokusu* • *stjecati vještine točnosti, preciznosti i urednosti u radu*

OBLIK RADA	TIP SATA	NASTAVNE METODE	NASTAVNA SREDSTVA, POIMAGALA
- frontalni - individualni - demonstracijski	- obrada novog sadržaja - ponavljanje	- usmeno izlaganje - razgovor - prezentacija - demonstracijski pokus	- računalo - projektor - ploča - kreda - udžbenik - radna bilježnica - radni listić - laboratorijsko posuđe, pribor i kemikalije

KORELACIJA: Biologija, geografija

KLJUČNI POJMOVI: aromatski ugljikovodici, aromatičnost, benzen, rezonantne strukture, elektrofilna supstitucija, polinuklearni aromatski ugljikovodici

IZVORI ZA PRIPREMANJE UČENIKA :

- Sva literatura propisana od strane MZOS
- V. Rapić: Nomenklatura organskih spojeva, Školska knjiga, Zagreb, 2004
- S. Pine: Organska kemija, Školska knjiga, Zagreb, 1994
- http://www.eduvizija.hr/portal/lekcija/8-razred-kemija-aromatski-ugljikovodici

IZVORI ZA PRIPREMANJE NASTAVNIKA:

- Planinić: Kemija ugljikovih spojeva, zbirka zadataka za kemiju u četvrtom razredu gimnazije, Školska knjiga, Zagreb, 2014.
- M. Sikirica: Zbirka kemijskih pokusa za osnovnu i srednju školu, priručnik za nastavnike i učenike, Školska knjiga, Zagreb, 2011.
- M. Sikirica: Metodika nastave kemije, priručnik za nastavnike kemije, Školska knjiga, Zagreb, 2003.

4.2. Tijek nastavnog sata

ETAPE VRIJEME	SADRŽAJ (auditivno – vizualno)	NAPOMENA (aktivnost učenika; povratna informacija)
Uvod *(5 min)*	• *Uvod u novu nastavnu cjelinu* • *Ponoviti ključne pojmove potrebne za razumijevanje gradiva*	*Razgovor*
Obrada novih sadržaja *(30 min)*	• *Upoznati učenike s aromatskim ugljikovodicima* • *Objasniti nomenklaturu arena* • *Upoznati učenike s fizikalnim i kemijskim svojstvima benzena* • *Pokus 1. Svojstva benzena (boja plamena, gustoća, temperatura vrelišta)* • *Navesti upotrebu benzena i toluena*	*PPT prezentacija* *Razgovor* *Individualni rad* *Demonstracijski pokus* (*Izvodi ga profesor zbog otrovnosti i kancerogenosti para benzena, te zbog eksplozivnosti smjese benzena sa zrakom)*
Ponavljanje *(10 min)*	• *Ponavljanje gradiva-radni listić*	*Razgovor* *Rasprava*

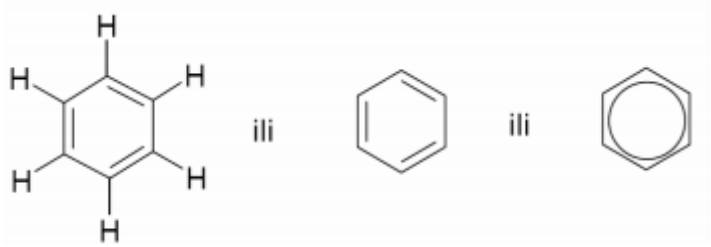
Zapažanja o realizaciji sata:

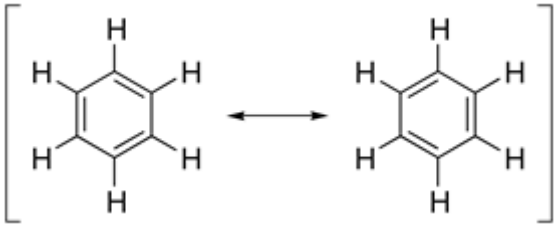
4.3. Plan ploče

Areni-aromatski ugljikovodici

-nezasićeni ciklički ugljikovodici

-benzen (C_6H_6),sp hibridizacija → najjednostavniji predstavnik arena (Kekulé)





→ rezonantne strukture

-duljina veze C-C 0,139 nm; kut -120 °C

Pokus 1. Svojstva benzena

Zapažanja: -bezbojna tekućina, -vrelište 80°C

-ne miješa se s vodom, -gori svjetlećim i čađavim plamenom

-reakcije adicije nisu karakteristične za aromatske ugljikovodike i moguće su samo uz povišeni tlak i temperaturu

Polinuklearni aromatski ugljikovodici → naftalen, antracen, fenantren

Poliklorirani bifenili → otrovni i kancerogeni spojevi (Dioksin)

4.4. Radni listić

Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku — Student: Natalija Lutz

Odjel za kemiju — Mentor: Doc.dr.sc. Elvira Kovač - Andrić

RADNI LISTIĆ - BENZEN

(4. razred gimnazije)

IME I PREZIME:

Pokus 1. Svojstva benzena

Pribor: epruveta,stalak za epruvete, porculanska zdjelica, treščica, zaštitne naočale, zaštitne rukavice

Kemikalije: benzen (C_6H_6), H_2O

OPREZ! *Pokus smije izvoditi samo nastavnik.*

Pare benzena su otrovne i kancerogene, stoga ne valja ih udisati i obavezno treba raditi s malim količinama. Tako treba raditi i zbog eksplozivnosti smjese benzena sa zrakom (1,5 do 8%)

Postupak:

•U epruvetu se ulije 4 do 5 mL vode i 1 do 2 mL benzena. Začepi se gumenim čepom, snažno promućka i odloži u stalak za epruvete. Nakon kratkog vremena izdvoje se dva sloja.

•Epruveta se odčepi i pažljivo stavi u čašu s vodom prethodno zagrijanom do vrenja.

•Sadržaj epruvete izlije se u porculansku zdjelicu i površini prinese zapaljena treščica.

Skica aparature:

Opažanja:

Zaključak:

Zadatci za ponavljanje:

1. Izračunajte masene udjele ugljika i vodika u benzenu.

2. Otopina koja je dobivena otapanjem 0.2519 g nepoznate tvari u 15g benzena ledi se pri 4,19°C. Izračunajte molarnu masu nepoznate tvari. tt(benzena)=5,5°C.

3. Na temelju naučenih svojstava benzena, odaberi one znakove opasnosti koje svakako valja staviti na naljepnicu boce u kojoj se nalazi benzen.

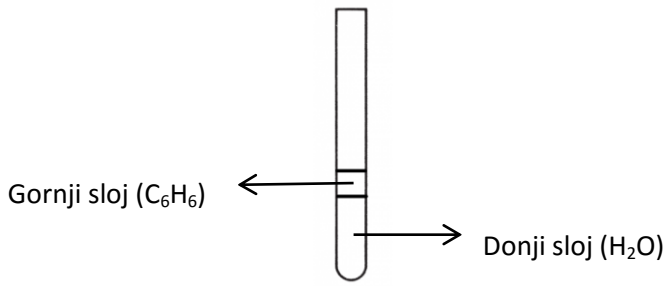


4. Objasnite zašto benzen gori čađavim plamenom.

4.5. Očekivano rješenje Radnog listića

Pokus 1. Svojsta benzena

Skica aparature:



Opažanja:

Nakon miješanja vode i benzena,izdvojila su se dva sloja. Kada smo prinijeli zapaljenu treščicu, pojavio se svjetleći i čađavi plamen.

Zaključak:

Benzen je bezbojna tekućina, ne miješa se s vodom, manje je gustoće od vode. Gori svjetlećim i čađavim plamenom.

Zadatci za ponavljanje:

1. Izračunajte masene udjele ugljika i vodika u benzenu.

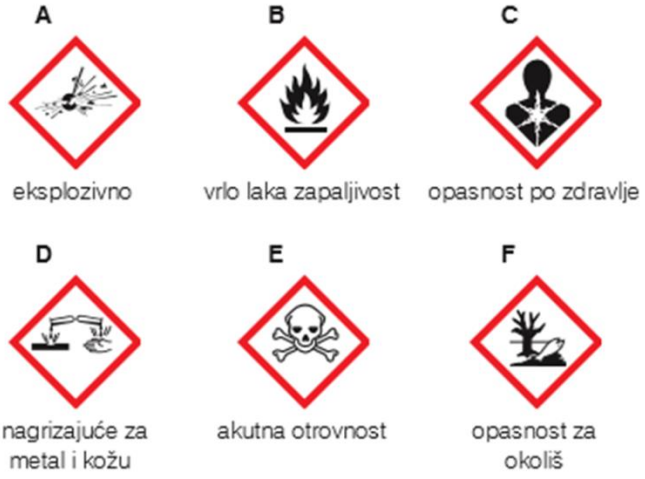
W(C,C_6H_6)= 92,25%

W(H,C_6H_6)= 7,74%

2. Otopina koja je dobivena otapanjem 0.2519 g nepoznate tvari u 15g benzena ledi se pri 4,19°C. Izračunajte molarnu masu nepoznate tvari. t_t(benzena)=5,5°C.

M=65,625 g/mol

3. Na temelju naučenih svojstava benzena, odaberi one znakove opasnosti koje svakako valja staviti na naljepnicu boce u kojoj se nalazi benzen.



A,B,E

4. Objasnite zašto benzen gori čađavim plamenom.
Benzen gori čađaim plamenom jer sadrži veliki udio ugljika

5. Zaključak

Benzen je bezbojna i zapaljiva tekućina, ugodnog mirisa koja posjeduje potencijalno kancerogena svojstva. Važno je otapalo u industriji i prekursor za sinteze različitih boja. Prirodan je sastojak u sirovoj nafti, ali se može sintetizirati i od drugih sastojaka nafte. Benzen se danas uglavnom koristi kao reaktant za dobivanje drugih spojeva. Benzen se emitira iz različitih neposrednih izvora kao što su lakovi i boje, namještaj od šperploče i iverice, izvori izgaranja te iz duhana.

Rezultati pilot istraživanja mjerenja koncentracije benzena u zatvorenom i otvorenom školskom prostoru pokazali su da povišene koncentracije u zatvorenom prostoru odgovaraju povišenim koncentracijama u vanjskom prostoru. Izmjerene vrijednosti benzena ne prelaze granične vrijednosti izloženosti opasnim tvarima (benzen 3,25 mg/m3) propisane Zakonom o zaštiti na radu.

Na koncentraciju i rezultate mjerenja benzena u vanjskom i unutarnjem prostoru utječu sezonske i dnevne varijacije emisija onečišćivača zraka. Prilikom ponovnog uzorkovanja posebno treba uzeti u obzir sezonske varijacije te je potrebno koristiti isti kalendarski raspored uzorkovanja, kako bi rezultati bili usporedivi.

U metodičkom dijelu diplomskog rada obrađena je nastavna jedinica „Areni“ s ciljem upoznavanja strukture i nomenklature aromatskih ugljikovodika, njihovih fizikalnih i kemijskih svojstava te primjenu u svakodnevnom životu. Izvođenjem pokusa i rješavanjem radnih listića učenici će razviti sposobnost zapažanja i razvijati vlastito kritičko mišljenje.

6. Literatura

[1] E. D. Enger, B. F. Smith, Environmental Science: A Study of Interrelationships, Mc Graw Hill, Boston, 2002.

[2] http://jadran.gfz.hr/pojmovnik_s.html (1.6.2016.)

[3] R. Atkinson, Atmospheric chemistry of VOCs and NOx, Atmospheric Environment **34** (2000), 2063-2101.

[4] J. H. Seinfeld, S. N. Padis, Atmospheric Chemistry and Physic: From Air Pollution to Climate Change, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Yersey, 2006.

[5] R. Atkinson, Gas phase tropospheric chemistry of organic compounds, Environ Sci. Technol **4** (1995), 65-89.

[6] V. Pravdić, Zaštita okoliša. U: Tehnička enciklopedija (ur. D. Stefanović), Leksikografski zavod "Miroslav Krleža", 13. svezak, Zagreb, 1997., str. 579–583

[7] I. Lagzi, R.Meszaros, G. Gelybo, A. Leelossy, Atmosferic Chemistry,Eotvos Lorand University (2013)

[8] A. Daly, P. Zannetti, Ambient Air Pollution, The Enviro Comp Institute, Fremont, 2007.

[9] O.P. Springer, D. Springer, Otrovani modrozeleni planet, Meridijani, Samobor, 2008.

[10] Uredba o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN br.117/12)

[11] Zakon o vodama (NN br. 153/09, 63/11, 130/11, 56/13, 14/14)

[12] I.Brčić, Arh Hig Rada Toksikol **55**(2004), 291-300.

[13] WHO. Benzene. Environmental Health Criteria. No. 150. World Health Organization. Geneva, 1993.

[14] LUFT (Leaking Underground Fuel Tank) Manual. 4th ed. Douglas Beach: County of Ventura, 2001

[15] D. Poplašen, Aromatski ugljikovodici-izloženost i utjecaj na zdravlje, Sigurnost **57** (2015), 65-67

[16] D. R. Lide(ur.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 88. Izd., Taylor and Francis Group, Boca Raton, 2008

[17] F. Gobba, S. Ghittori, M. Imbriani, L. Maestri, E. Capodaglio, A. Cavalleri, The urinary excretion of solvents and gases for the biological monitoring of occupational exposure: a review. Sci Total Environ 1997;199:3-12

[18] A. Bogadi-Šare, R. Turk, Organske kemijske štetnosti, Medicinska naklada, 2002.

[19] K. Pekari. Biological monitoring of benzene, toluene and styrene [dissertation]. Kuopio, Finland: Kuopio University Publications C. Natural and Environmental Sciences 16; 1994.

[20] C.R. Noller, Kemija organskih spojeva, Tehnička knjiga, Zagreb, 1973.

[21] R.T. Morrison, R.N. Boyd, Organska kemija, Liber, Zagreb, 1979.

[22] S. H. Paine, Organska kemija, Školska knjiga, Zagreb, 1994.

[23] G. Solomons, C. Fryhle, Organic chemistry, John Wiley and Sons, New York, 2000.

[24] B. Strandberga, A. L. Sunessonb, M. Sundgrenb, J. O. Levinb, G. Sällstena, L. Barregarda, Field evaluation of two diffusive samplers and two adsorbent media to determine 1,3-butadiene and benzene levels in air, Atmospheric Environment, **40** (2006), 7686–7695.

[25] Supelco leaflet for analysis of VOCs with Radiello Passive Samplers (2011). www.sigma-aldrich.com/radiello

[26] https://www.google.hr/search?q=tswett&espv=2&biw=1440&bih=775&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwja1L6kmuHOAhWFkCwKHUg4BvUQ_AUIBigB#imgrc=LwI3GvTzU9u-MM%3A (27.08.2016.)

[27] D. A. Skoog, D. M. West, F. J. Holler: Osnove analitičke kemije. Školska knjiga, Zagreb, 1999.

[28] T. Moslavac: Koncentriranje model otopina alkohola, estera i aldehida reverznom osmozom, Doktorski rad, Prehrambeno tehnološki fakultet u Osijeku (2003)

[29] Đ. D. Šiftar: Osnove plinske kromatografije, Tehnološki fakultet, Zagreb (1968)

[30] https://www.google.hr/search?q=Hewlett+Packard+5890+Series+II&espv=2&biw=1440&bih=775&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiZyJG-wezOAhVFM5oKHZR0B50Q_AUIBigB#imgrc=6S-1eY2GsfFhIM%3A

(31.08.2016.)

[31]

http://www.sigmaaldrich.com/technical-documents/articles/analytical/radiello-air-sampler/faq.html (31.08.2016.)

[32] A. Guenther, C.N. Hewitt, D. Erickson, R. Fall, C. Geron, T. Graedel, P. Harley, L. Klinger, M. Lerdau, W.A. McKay, T. Pierce, B. Scholes, R. Steinbrecher, R. Tallamaraju, J. Taylor, P. Zimmerman, A global model for natural volatile organic compound emissions. *J. Geophys. Res*. **100 (**1995) 8873–8892.

[33] Vlada RH (2009) Zakon o zaštiti na radu, Narodne novine, Zagreb 13/09, 75/13, 65

7. Životopis

IME I PREZIME:	Natalija Lutz
DATUM ROĐENJA:	01.05.1990.
ADRESA:	Trg pobjede 23/IV
	35 000 Slavonski Brod
E-MAIL:	nlutz90@gmail.com

OBRAZOVANJE:

2005. - 2009.	Srednja medicinska škola, Slavonski Brod
2009. - 2014.	Odjel za kemiju, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
	Preddiplomski studij kemije
2014. – 2016.	Odjel za kemiju, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
	Diplomski studij kemije