

ONEČIŠĆENJE ZRAKA

1. OPĆENITO O ONEČIŠĆENJU

Tvari koje zagađuju okoliš nanose veliku štetu ljudima i drugim živim bićima, a onečišćenje zbog sagorijevanja fosilnih goriva po zdravlje ljudi, zauzima jedno od vodećih mjesta na ljestvici onečišćenja. Izloženost ljudi onečišćenjima iz okoliša znatno utječe na zdravstveno stanje i kvalitetu življenja – bilo da se radi o kratkotrajnoj izloženosti visokim koncentracijama ili o dugotrajnoj izloženosti niskim koncentracijama štetnih tvari. Najveća opasnost od obolijevanja izazvanoga zagađenim zrakom odnosi se na starije osobe, malu djecu te one s kroničnim kardiovaskularnih i respiratornim bolestima.

Različite ljudske aktivnosti uzrok su emisije onečišćenja u prirodi. Nakon što dospiju u okoliš, onečišćenja se dalje mogu raznositi zrakom, vodom, tlom, živim organizmima ili različitim proizvodima, a posebice hranom.

U organizam onečišćenja ulaze udisanjem, probavom ili apsorpcijom kroz kožu. Količina onečišćenja (tvari) koja je apsorbirana obično se označava kao doza i može ovisiti o trajanju i intenzitetu izloženosti. Doza – ciljni organ znači količinu koja dopire do organa gdje se mogu pojaviti specifični zdravstveni učinci. Prvi učinci mogu biti subkliničke promjene, na koje se može nadovezati bolest, a katkad može nastupiti i smrt.

Učinci onečišćenja zraka na zdravlje mogu se sažeti u dvije skupine:

1. Akutni učinci koji se naglo razvijaju kada se koncentracije onečišćenja znatno povećaju zbog nepovoljnih meteoroloških uvjeta ili kao posljedica industrijskih incidenata.

2. Kronični učinci nastanak kojih je posljedica svakodnevne izloženosti malim koncentracijama kombinacija atmosferskih onečišćenja.

Nepovoljni učinci na zdravlje uglavnom su posljedica djelovanja triju glavnih skupina atmosferskih onečišćenja:

Učinci na zdravlje mogu varirati u težini kliničke slike – od smrtnog ishoda, do blagog bolesnog stanja ili samo nelagode. Prisutne su razlike u osjetljivosti među ljudima. Svi ljudi nisu na isti način pogođeni određenim štetnostima iz okoliša. One mogu ovisiti o

brojnim čimbenicima, uključujući i razlike u općim i specifičnim karakteristikama pojedinca.

Posebno su važne najnovije spoznaje o razumijevanju uloge gena. Dob, stanje uhranjenosti i opće stanje zdravlja također su važne determinante individualne vulnerabilnosti. Iz te činjenice proizlazi da se rizici od izloženosti za normalnu „zdravu“ populaciju ne mogu primjenjivati na sve dijelove populacije. Stoga je potrebna separata ocjena za pojedine skupine s povećanim rizikom, kao što su dojenčad i mala djeca, starije osobe, trudnice, fetusi, pothranjene osobe, osobe s određenim kroničnim bolestima.

Karcinogeneza je proces koji se odvija u više stupnjeva, a završava nepovratnom promjenom staničnog genoma i nekontroliranim rastom tkiva. Za početak karcinogeneze prijeko je potrebna mutacija (oštećenje DNK) uz sačuvanu sposobnost stanice za razmnožavanje. Time je proces pokrenut, iako pogođena stanica može mirovati i desetljećima (i do 40 godina). Smatra se da i vrlo male količine kemijskih karcinogena, kao i vrlo male doze fizikalnih faktora, mogu započeti preobrazbu stanica, što u daljnjem razvoju može dovesti do njihove nekontrolirane reprodukcije, tj. do klinički manifestnog raka.

Uzroci maligne transformacije stanice mogu biti:

- kemijski karcinogeni (uz dugi latentni period i ponavljanje ekspozicije),
- fizički karcinogeni (ionizirajuće zračenje, UV zračenje) i
- biološki kancerogeni (virusi).

Gledajući na karcinogenost, čimbenici okoliša klasificiraju se u pet skupina:

1. skupina 1 - definitivni karcinogeni za čovjeka
2. skupina 2A - vjerojatni karcinogeni za čovjeka
3. skupina 2B - mogući karcinogeni za čovjeka
4. skupina 3 - čimbenik ili uvjet se ne može klasificirati na temelju raspoloživih podataka
5. skupina 4 - čimbenik ili uvjet vjerojatno nije karcinogen za čovjeka

Tablica 1. Dokazani i vjerojatni karcinogeni za čovjeka

Dokazani karcinogeni	Vjerojatni karcinogeni
Aflatoksini	Akrilonitril
4-aminobifenil	Benzo(a)piren
Arsen i neki spojevi arsena	Berilij i spojevi
Azbest	Etilenoksid
Benzen	Formaldehid
Benzidin	Kadmij i spojevi
Dim duhana	Nitrozamini
Dioksini i furani	Poliklorirani bifenili
Estrogeni hormoni	Stiren oksid
Katran kamanog ugljena	o-toluidin
Krom (VI) spojevi	
Neka mineralna ulja	
2-nanaftilamin	
Nikal i neki spojevi nikla	
Vinilklorid monomer	

Preuzeto iz: (Valić i sur. 2001)

U Tablici 1. prikazana je jedna od lista dokazanih i vjerojatnih karcinogena za čovjeka

Pripadajuće oznake karcinogenih tvari su:

CA-1 – karcinogeno djelovanje dokazano na ljudima

CA-2 – karcinogeno djelovanje utvrđeno laboratorijskim istraživanjima

2. ONEČIŠĆENJE ZRAKA

Onečišćenje zraka obuhvaća prisutnost u zraku jedne ili više tvari kao što su aerosoli (prašine, dimovi, magle), plinovi i pare takvih značajki i u takvim koncentracijama da mogu biti štetni za život i zdravlje ljudi i/ili životinja odnosno da mogu negativno utjecati na biljni svijet, na osjećaj udobnosti čovjeka te da mogu oštetiti predmete koji mu služe. Iako problem onečišćenja zraka i negativnih utjecaja tih onečišćenja na čovjeka postoji nekoliko stoljeća, ipak mu se nije pridavala dužna pozornost, sve dok nekoliko katastrofalnih epizoda takvih onečišćenja nisu istaknule to pitanje kao jedan od važnih problema javnog zdravstva današnjice.

Unatoč nastojanjima za smanjenjem emisija štetnih tvari u zrak, danas u svijetu prema procjenama umire godišnje od posljedica zagađenja zraka oko 3 milijuna ljudi što predstavlja 5 % od ukupne godišnje smrtnosti.

Vezano uz aspekt razine zagađenja i trajanja izloženosti onečišćenjima, napravljena je klasifikacija utjecaja polutanata na zdravlje prema kojoj postoje dvije kategorije: akutni (kratkotrajni) i kronični (dugotrajni) učinci.

Prekogračno onečišćenje zraka veliki je problem u mnogim zemljama svijeta, posebno Europe i Sjeverne Amerike. Brojna znanstvena istraživanja dokazala su da prekomjerna onečišćenja iz zraka mogu dovesti do razvoja mnogih ozbiljnih zdravstvenih problema – astme, kronične opstruktivne plućne bolesti (KOPB), akutne respiratorne bolesti, kardiovaskularnih bolesti i karcinoma. Procjenjuje se da tri milijuna ljudi u svijetu umire od posljedica zagađenja zraka, što predstavlja 5 % od ukupne smrtnosti godišnje. Također je poznato da je 30-40 % slučajeva astme i 20-30 % ostalih dišnih bolesti povezano sa zagađenjem. Iz tog je razloga 1979. godine donesena Konvencija o dalekosežnom prekograničnom onečišćenju zraka koje ugrožava veliki broj zemalja u Europi i Sjevernoj Americi. Hrvatska je 1991. godine postala potpisnicom te međunarodne konvencije. I Konferencija Ujedinjenih naroda o okolišu i razvitku (1992) naglasila je važnost te konvencije i zatražila da se obveza proširi na sve zemlje svijeta. Konvencija je odredila samo obvezu i načela o smanjenju i sprečavanju prekograničnih onečišćenja zraka, pa su kasnije doneseni protokoli kojima su kvantitativno definirane obveze zemalja članica Konvencije. Najvažniji protokoli su:

Protokol o smanjenju emisije sumpora, Protokol o teškim metalima i Protokol o postojećim organskim onečišćenjima.

Izvori onečišćenja zraka

Prema vrsti onečišćenja zraka, izvori onečišćenja se dijele na prirodne i umjetne.

Prirodni izvori onečišćenja zraka su:

- prašina (pustinjska) nošena vjetrom
- aeroalergeni
- čestice morske soli
- dim
- leteći pepeo
- plinovi šumskih požara
- plinovi iz močvara
- mikroorganizmi (bakterije i virusi)
- magla
- vulkanski pepeo i plinovi
- prirodna radioaktivnost
- meteorska prašina
- prirodna isparavanja

Umjetni izvori onečišćenja zraka su grupa koja obuhvaća onečišćenje uzrokovano aktivnostima i procesima kojima upravlja čovjek:

- onečišćenje uzrokovano proizvodnjom toplinske i/ili električne energije (elektrane i toplane),
- onečišćenje uzrokovano radom industrijskih postrojenja (npr. metalurgija, kemijska industrija) i poljoprivredom (kopanje, zaprašivanje, spaljivanje i dr.),
- onečišćenje uzrokovano transportnim sredstvima,

- onečišćenje uzrokovano spaljivanjem različitih vrsta otpada (posljedica nepotpunog sagorijevanja je nastanak dima, a sumporni spojevi sadržani u najvećem dijelu goriva izgaraju u okside sumpora)
- onečišćenja uzrokovana svim ostalim djelatnostima koje nisu obuhvaćene u gornje četiri skupine, kao npr. procesi kemijskog čišćenja, tiskanja, bojanja, rušenja objekata, zaprašivanja insekata itd.

Emisija (lat. *emittere*) u prijevodu znači izaslati, odaslati, dok imisija (lat. *imittere*) ima suprotno značenje, prihvatiti, prihvaćanje. Emisija i imisija mogu biti opće i posebne. Opća emisija znači emitiranje onečišćenja iz svih izvora onečišćenja na Zemlji u atmosferu, a posebna emisija podrazumijeva emitiranje onečišćenja jednog ili više izvora onečišćenja na određenom prostoru. Za opću i posebnu imisiju vrijede iste definicije u smislu prihvaćanja. Stanje onečišćavanja zraka određenog područja određeno je tzv. katastrom emisije koji sadrži popis svih izvora onečišćenja na tom području (geografski položaj, vrsta izvora, vrsta i oblik emitiranog onečišćenja, količina onečišćenja, način i uvjeti emitiranja onečišćenja, trajanje emisije i njezina učestalost ako je povremena). Stupanj imisije onečišćenja iz različitih izvora uvjetuje kvalitetu zraka određenog područja. Kvalitetu zraka određuje vrsta i koncentracija onečišćenja u njemu, što se utvrđuje mjerenjima čestica, SO_x, NO_x i CO, a u industrijskim područjima i organskih tvari, teških metala i dr., ovisno o vrsti izvora onečišćenja.

3. OZON

Nastajanje prizemnog ozona je u potpunosti proizvod fotokemijskih reakcija u prisutnosti sunčeve svjetlosti i prekursora zagađivača kao što su dušični oksidi i hlapive organske tvari.

Povećanje koncentracija ozona iznad dozvoljenih granica može utjecati na ljudsko zdravlje naročito na mjestima gdje ljudska aktivnost izravno i trenutno utječe na stvaranje ozona ili tamo gdje je ozon povišen uslijed izuzetno vrućeg vremena.

Prema Uredbi o razinama onečišćujućih tvari u zraku N.N. 117/12., ciljna vrijednost prizemnog ozona u iznosu od $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, gledajući vrijeme usrednjavanja kao najvišu dnevnu osmosatnu srednju vrijednost, ne smije biti prekoračena više od 25 dana u kalendarskoj godini usrednjeno na tri godine.

4. SUMPOROV DIOKSID

Sumporov dioksid, **SO₂**, je bezbojni plin s oštrim mirisom. Sumporov dioksid uglavnom nastaje izgaranjem fosilnih goriva koja sadrže sumpor (ložišta na ugljen u kućanstvima i termoelektranama) te oslobađanjem iz ispušnih plinova motornih vozila.

Ostali izvori SO₂ su industrijska postrojenja koja svoje proizvode dobijaju od sirovina poput ugljena i nafte. To su između ostalog rafinerije nafte i cementare.

Izgaranje fosilnih goriva je najveći antropogeni izvor emisija SO₂. Sadržaj sumpora u fosilnim gorivima može biti vrlo različit i kreće se od 0,1 do 4 % (mas.), ovisno o vrsti goriva. Potpunim uklanjanjem sumpora iz goriva mogao bi se u potpunosti riješiti problem emisija SO₂.

SO₂ utječe na dišni sustav i funkcije pluća te uzrokuje iritaciju očiju. Upala dišnih puteva izaziva kašalj, sekreciju sluzi, pogoršanje astme i kroničnog bronhitisa te čini ljude podložnijima infekcijama dišnih puteva.

SO₂ je toksičan pri velikim koncentracijama, a njegov primarni utjecaj na okoliš očituje se u doprinosu nastajanju kiselih kiša i aerosola (tzv. zimskog smoga).

5. DUŠIKOV DIOKSID

Dušikov dioksid, **NO₂**, je crvenkasto-smeđi plin ili žućkasta tekućina, neugodnog i oštrog mirisa. Plinoviti dušik dioksid djeluje nagrizajuće za sluznicu očiju i nosa, a u tekućem obliku jako oštećuje kožu. Izloženost višim koncentracijama izaziva kašalj, gušenje, grlobolju, vrtoglavicu, te bolove u prsima i trbušnoj šupljini.

NO nastaje izgaranjem svih vrsta fosilnih goriva, a u atmosferi se vrlo brzo oksidira u NO₂ pod djelovanjem fotokemijskih efekata i sunčevih zraka uz prisutnost raznih organskih spojeva u zraku. Pod djelovanjem UV sunčevih zraka, dušični oksidi, u kombinaciji s nekim drugim molekulama (kao klorfluorugljik), djeluju katalitički na proces razgradnje ozona u stratosferi. Porast broja stanovništva, snažna industrijalizacija te porast ukupnog standarda samo su neki od čimbenika koji su doveli do velikog porasta emisija zagađivača u atmosferu u novije doba.

Glavni izvor nastanka NO₂ uslijed ljudske aktivnosti je izgaranje fosilnih goriva (ugljen, plin i nafta). Proizvodnja električne energije iz fosilnih goriva te motorna vozila također mogu producirati znatne količine dušik dioksida.

6. LEBDEĆE ČESTICE

Lebdeće čestice **PM₁₀** i **PM_{2.5}** aerodinamičkog promjera manjeg od 10 i 2,5 μm vrlo nepovoljno utječu na zdravlje ljudi, jer udisanjem mogu doprijeti duboko u respiratorni trakt čovjeka, a na sebe mogu vezati vrlo štetne tvari kao što su policiklički aromatski ugljikovodici (PAU) s većim brojem prstenova koji imaju jako izraženo mutageno ili kancerogeno djelovanje.

Lebdeće čestice uglavnom nisu homogenog kemijskog sastava, a u okoliš dospijevaju u različitim veličinama i oblicima: u obliku prašine, pepela, čađe, dima, čestica minerala, silikata i drugim oblicima. Lebdeće čestice mješavina su organskih i anorganskih supstanci koje najvećim dijelom potječu iz energetskih postrojenja te kao produkt izgaranja dieselskih goriva. U atmosferi se stvaraju transformacijom iz

emisijskih plinova. Njihov kemijski i fizikalni sastav ovisi o lokaciji, godišnjem dobu i vremenskim uvjetima. U većini studija, razine dušikovog dioksida vežu se uz razine lebdećih čestica i ozona u zraku, te se štetni učinci promatraju zajedno za ta tri onečišćivača.

Najvažniji izvori lebdećih čestica su promet, grijanje stambenih zgrada i industrija. Najveću opasnost za ljudsko zdravlje predstavljaju upravo najmanje frakcije lebdećih čestica (čestice aerodinamičkog promjera ispod 2,5 mikrometara - $PM_{2,5}$).

Lebdeće čestice onečišćuju zrak i njihovim udisanjem ljudi su neposredno izloženi rizicima akutnih i kroničnih bolesti, kao i sa smetnjama u reprodukciji.

Uz stacionarne industrijske objekte koji emitiraju najviše lebdećih čestica u atmosferu, utvrđeno je da značajnu ulogu imaju i pokretni izvori onečišćenja, tj. promet.

Za čestice (PM_{10} i $PM_{2,5}$) nisu utvrđeni jasni pragovi štetnog djelovanja, ali je postavljena izravna veza između izlaganja i štetnosti onih koje dopijevaju u dišni sustav i uzrokuju pogoršanje stanja postojećih dišnih i krvožilnih oboljenja, alternacije s obrambenim sustavom organizma te oštećenja plućnog tkiva, stvaranje karcinoma i na kraju smrti.

Sve lebdeće čestice mogu se udisanjem nataložiti u dišnom sustavu, no pretpostavlja se da $PM_{2,5}$ i $PM_{1,0}$ predstavljaju veću opasnost za zdravlje, budući da prodiru dublje u pluća. Izloženost tim finim česticama povezuje se s promjenama u kardiovaskularnom sustavu, kao i s općenitim povećanjem stope smrtnosti.

7. VODIKOV SULFID

Vodikov sulfid je bezbojan plin karakterističnoga odbojnog mirisa već pri niskim koncentracijama. Prag mirisa vodikovog sulfida varira o pojedincu. Prosječna vrijednost za prag mirisa prema WHO je $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Prema drugim autorima prag mirisa varira od 0.01-0.3 ppm.

Vodikov sulfid, H_2S , prirodno se nalazi u geotermalnim područjima. Također nastaje u anaerobnim uvjetima tamo gdje su prisutni organske tvari i sulfati. H_2S se također proizvodi u industrijskim procesima gdje se sumpor i organske tvari spajaju u

uvjetima bez prisustva kisika. To uključuje proizvodnju papira, preradu nafte, štavljenje kože te preradu otpadnih voda. Stvaranje vodikovog sulfida zajedno s merkaptanima karakteristično je za procese raspadanja organskih tvari uz nedovoljnu prisutnost kisika.

U literaturnim podacima navode se slučajevi ometanja stanovništva neugodnim mirisima koji se mogu širiti iz kompostana pogotovo kada se radi s visoko fermentabilnim materijalima i ukoliko se ne pridržava pravila tehnološkog procesa. Također, fugitivne emisije vodikovog sulfida i merkaptana karakteristične su za proces prerade nafte osobito kada se radi sa sirovinom koja ima visok sadržaj sumpora. Koncentracije vodikovog sulfida u okolišu kao rezultat prirodnih izvora trebale bi biti između 0,14-0,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

8. BENZEN

Disanje je glavni put izloženosti organizma benzenu kod ljudi u općoj populaciji. Benzen je bezbojna, lako hlapiva, zapaljiva tekućina karakterističnog slatunjavo aromatičnog mirisa. Prag osjećanja mirisa za benzen navodi se pri koncentracijama 4,9 -15,3 mg/m^3 , odnosno 1,5 – 5 ppm.

Izvori benzena u okolišu su: benzin, automobilski ispušni plinovi, duhanski dim, emisija plinova s industrijskih postrojenja te otpadne vode nekih industrija. Određeni proizvodi koji se upotrebljavaju u kućanstvu kao što su ljepila, sredstva za čišćenje, detergentski i boje, mogu sadržavati benzen. Rezidualne koncentracije benzena pronađene su i u nekim građevinskim materijalima te određenim materijalima za izradu pokućstva. Daljnji potencijalni izvori benzena uključuju fotokopirni papir, ljepila za podne obloge, razrjeđivače boja. Kako je u izvjesnoj mjeri topiv u vodi može prijeći iz tla u podzemne vode, no ondje se u pravilu ne ugrađuje u biljke i životinje. Benzen se u vodi i tlu raspada znatno sporije.

Granična vrijednost (GV) je ona granična razina onečišćenosti ispod koje, na temelju znanstvenih spoznaja, ne postoji ili je najmanji mogući rizik štetnih učinaka na ljudsko zdravlje i/ili okoliš u cjelini i jednom kad je postignuta ne smije se prekoračiti, a iznosi 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

9. LITERATURA

1. Valić F. i sur., Zdravstvena ekologija, Pogl.: Okoliš i rak, Medicinska naklada, Zagreb, 2001.
2. Bedeković G., Salopek B., Zaštita zraka, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Interna skripta, Sveučilište u Zagrebu, 2010,
dostupno: http://rgn.hr/~gbedekov/nids_gbedekovic/Interna%20skripta%20za%20predmet%20Zastita%20zraka.pdf
3. WHO, Air quality and health, 09.2011.,
dostupno: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/index.html>.
4. EPA, Air Pollution Control Orientation Course, Criteria Pollutants, 01.2010,
dostupno: <http://www.epa.gov/apti/course422/ap5.html>.
5. Nepoznati autor, Zrak, n.d.,
dostupno: <http://www.fkit.unizg.hr/download/repository/Zrak.pdf>.
6. Zaštita i sigurnost, Kemijske štetnosti, 03.2012.,
dostupno: <http://zastitaisigurnost.com.hr/portal/dusicni-dioksid/>,
7. Prelec Z.: Utjecaji emisije u atmosferu, n.d.,
dostupno: [http://www.riteh.uniri.hr/zav_katd_sluz/zvd_teh_term_energ/katedra4/Inzenjerstvo_za stite_okolisa/4.pdf](http://www.riteh.uniri.hr/zav_katd_sluz/zvd_teh_term_energ/katedra4/Inzenjerstvo_za_stite_okolisa/4.pdf).
8. Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada: Izvještaj o praćenju onečišćenja zraka na području grada Zagreba (Izvještaj za 2004. godinu), Zagreb, 2005
9. Hercog P., Peternel R., Dnevne i sezonske varijacije lebdećih čestica (PM10) i dušikovog dioksida u rezidencijalnoj četvrti grada Zagreba, HČJZ, Zrak i zdravlje, ISSN 1845-3082, Vol 3, Broj 9, 2007, dostupno: <http://www.hczjz.hr/old/clanak.php?id=13133>
10. Državni hidrometeorološki zavod, O kakvoći zraka, n.d.,
dostupno: http://meteo.hr/twinning/hr/index.php?id=kakvoća_zraka,
11. Nepoznati autor, Kakvoća zraka u Republici Hrvatskoj, 04.2006.,
dostupno: http://www.eko-liburnia.hr/success/ktmlpro/files/uploads/sova/Sova4_rt.pdf.
12. Ružman K., Smiljanic I., Stojnić M., Utjecaj gustoće prometa i meteoroloških čimbenika na koncentraciju PM1.0 čestica u zraku. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 2009
13. Program zaštite i poboljšanja kakvoće zraka u gradu Kutini, 2008.
14. WHO., Concise International Chemical Assessment Document (CICAD) 53, Hydrogen sulfide: Human Health Aspects, WHO, Geneve, 2003.
dostupno na: <http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad53.pdf>
15. Dreisbach, RH., Handbook of Poisoning. 12th ed. Norwalk, CT: Appleton and Lange, 1987., p. 257
16. Guidotti TL., Occupational exposure to hydrogen sulfide in the sour gas industry:some unresolved issues. Int Arch Occup Environ Health, 1994;66:153-160.
17. Guidotti TL., Hydrogen sulphide. Occup Med,1996;5(46):367-371.
18. Svendsen K., Expert Group for Criteria Documentation of Health risks from Chemicals and The Dutch Expert Committee on Occupational Standards: 127.Hydrogen sulphide.Stockholm, 2001.
19. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc., Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. 6th ed. Volumes I, II, III. Cincinnati, OH: ACGIH, 1991., p. 786.

- 20.** Humphreys DJ., *Veterinary Toxicology*. 3rd ed. London, England: Bailliere Tindell, 1988., p. 83.
- 21.** US EPA., Report to Congress on hydrogen sulfide air emissions associated with the extraction of oil and natural gas. Research Triangle Park, NC, US Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and standards (EPA/453/R93045; NTIS Publication No. PB941312240), 1993
- 22.** Toxicological profile for benzene., U. S. department of health and human services Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2007