

# OZON – NAŠ ZAŠČITNIK IN SOVRAŽNIK

## Kaj je ozon

Ozon ( $O_3$ ) je plin, katerega molekula je sestavljena iz treh atomov kisika. Pri standardnih pogojih (temperatura  $0\text{ }^\circ\text{C}$ , tlak  $1013\text{ hPa}$ ) je blede modre barve. Ozon je močan oksidant. Molekula je nestabilna in teži k razpadu v reakciji  $2\text{ O}_3 \rightarrow 3\text{ O}_2$  v običajno dvoatomno obliko in v prosti kisikov atom, ki se hitro veže s snovmi v okolici. Zaradi svoje reaktivnosti je zelo uporaben za čiščenje in dezinfekcijo. Toda če pride v stik z živim tkivom, predvsem v naših pljučih, lahko povzroči škodo in bolezni. Ozon lahko korodira tudi gradbene materiale, spomenike in kamen v naravi.

Ozon nastaja iz dvoatomne molekule kisika ob razelektritvah, kot so strele ali preskok isker in ob visokoenergetskem elektromagnetnem sevanju. Nekatere električne naprave povzročijo znatne količine ozona. To so naprave, ki uporabljajo visoke napetosti, kot so laserski tiskalniki, fotokopirni aparati in obločni varilni aparati. Elektromotorji, ki uporabljajo krtačke, lahko povzročajo nastanek ozona zaradi ponavljajočega se iskrenja v njih. V velikih elektromotorjih, ki se uporabljajo v dvigalih ali hidravličnih črpalkah, nastane več ozona kot v malih motorjih. Ti viri ozona so nevarni v zaprtih prostorih, za splošno onesnaženost v spodnjih plasten ozračja pa niso pomembni. Drugih neposrednih virov ozona v zrak ni.

## Škodljivi učinki ozona

Glede vpliva na zdravje ljudi sta najpomembnejša dejavnika raven koncentracije ozona in trajanje izpostavljenosti. Številne epidemiološke študije kažejo povezavo med učinki na zdravje in izpostavljenosti organizma ozonu. Predvsem so na visoke koncentracije ozona občutljivi bolniki s kroničnimi boleznimi dihal in krvnega obtoka ter otroci in starejši. Ozon je seveda škodljiv tudi za živali in rastline. Rastline so različno odporne na visoke koncentracije ozona. Med bolj občutljivimi vrstami so iglavci in nekatere poljščine. Visoke koncentracije ozona lahko vplivajo na manjši prirast biomase in tudi poškodujejo rastline, kar povzroča tudi gospodarsko škodo.

## Predpisi v zvezi z ozonom

Na podlagi različnih raziskav po vsem svetu izdaja Svetovna zdravstvena organizacija priporočila glede ustrezne kakovosti zraka, ki še ne povzroča negativnih učinkov na zdravje. Na podlagi teh priporočil države predpišejo mejne, ciljne, dolgoročne, opozorilne in alarmne vrednosti koncentracij za posamezna onesnaževala. Evropska skupnost je v zvezi s tem izdala Direktivo 2008/50/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 21. maja 2008 o kakovosti zunanega zraka in čistejšem zraku za Evropo. V slovensko zakonodajo so zahteve te direktive prenesene v Uredbi o kakovosti zunanega zraka (Ur.l. RS, št. 9/2011) in Pravilniku o ocenjevanju kakovosti zunanega zraka (Ur.l. RS, št. 55/2011). Ta predpisa določata alarmne, opozorilne, ciljne in dolgoročno naravnane vrednosti koncentracij ozona. Določata tudi način merjenja, zagotavljanje kakovosti meritev, število merilnih mest ter informiranje in poročanje o rezultatih meritev. **Opozorilna vrednost za ozon je  $180\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$  za enourno povprečje. Alarmna vrednost za ozon je  $240\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$  za enourno povprečje.**

Predpisane vrednosti so podane v naslednji tabeli:

## I. CILJNE VREDNOSTI ZA OZON

Cilj	Čas povprečenja	Ciljne vrednosti
Varovanje zdravja ljudi	Največja dnevna 8-urna srednja vrednost	Vrednost $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ne sme biti presežena več kot 25 dni v koledarskem letu triletnega povprečja
Varstvo rastlin	Od maja do julija	Vrednost AOT40 (izračunana iz urnih vrednosti) $18000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ v povprečju petih let

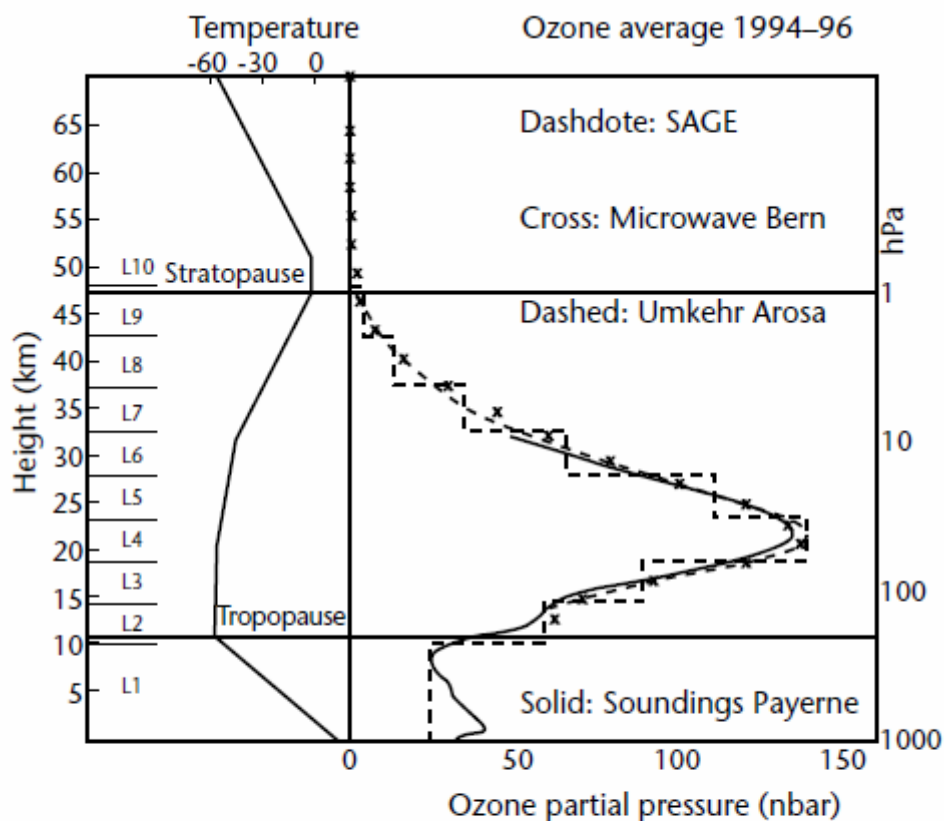
## II. DOLGOROČNI CILJI

	Parameter	Dolgoročni cilj
Varovanje zdravja ljudi	Največja dnevna osemurna srednja vrednost v koledarskem letu	$120 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Varstvo rastlin	Od maja do julija	vrednot AOT40 (izračunana iz urnih vrednosti) $6000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$

## Stratosferski ozon

Razporeditev ozona po višini ni enakomerna. Primer meritve je prikazan na sliki 1. Največ ozona je v stratosferi, približno 90%. Ta ozon nas ščiti pred ultravijoličnim sevanjem, ki prihaja na Zemljo s Sonca. Sevanje je zelo nevarno za ves živi svet na Zemlji. Če Zemlja ne bi imela tega ščita, življenje na njej ne bi bilo možno.

Stratosferski ozon nastaja tako, da ultravijolično sevanje razcepi dvoatomno molekulo kisika na dva prosta atoma. Ta dva se lahko ponovno združita, ali pa se en atom spoji z običajnim kisikom v molekulo ozona, ki jo sestavljajo trije atomi kisika. Med troposfero, to je spodnjo plastjo atmosfere, ki na zmernih geografskih širinah sega do višine okoli 12 km, je tropopavza. V tej plasti zraka temperatura z višino narašča. Ta temperaturna inverzija močno omejuje mešanje zraka iz stratosfere v troposfero. Tako ta »koristni« ozon, ki nas ščiti pred nevarnimi UV žarki s Sonca, ostaja v stratosferi in nas ščiti. V drugi polovici 20. stoletja je industrija začela proizvajati snovi, ki škodujejo ozonski plasti v stratosferi. To so predvsem halogenirani ogljikovodiki. Tanjšanju stratosferske ozonske plasti pravimo ozonska luknja. Največja je na zemeljskih polih, na južnem polu jeseni in na severnem spomladi, vendar v manjšem obsegu. Posledica pomanjkanja ozona v stratosferi je povečano ultravijolično sevanje pri tleh. Nad Evropo se spomladi ozonska plast stanjša za okoli 10 – 20 %, do poletja pa se zapolni.



**Figure 16.1 Example of the vertical average distribution of ozone in the atmosphere over Switzerland and different techniques of measurement applied (J. Staehelin, ETH, Zurich)**

Slika 1: Razporeditev koncentracije ozona po višini – vir WMO

## Troposferski ozon

Za nastajanje »škodljivega« ozona pri tleh (troposferski ozon) so krive emisije onesnaževal, ki so posledica človekove dejavnosti. Nastanek troposferskega ozona je posledica zapletenih fotokemijskih reakcij med spojinami, ki jim pravimo predhodniki ozona (dušikovi oksidi in ogljikovodiki) ob pomoči sončne svetlobe. Večina emisije predhodnikov ozona prihaja predvsem iz cestnega prometa in delno iz industrije.

## Stanje v Sloveniji

Koncentracije ozona pri tleh imajo v Sloveniji zelo značilen letni in dnevni potek. Emisije predhodnikov se sicer ne spreminjajo veliko, pogoji za nastanek ozona pa so najugodnejši od maja do konca julija. Koncentracije ozona so močno odvisne tudi od vremena, saj dež spere

ozon in tudi njegove predhodnike iz ozračja. Ob oblačnem vremenu pa pride do tal premalo svetlobe, ki bi kemijske reakcije, katerih rezultat je nastanek ozona, dovolj intenzivno stekle.

V Sloveniji potekajo avtomatske meritve ozona na 12 stalnih merilnih mestih državne mreže meritev kakovosti zraka in na 6 merilnih mestih dopolnilnih mrež. Koncentracija je močno odvisna od neposredne okolice, v kateri se meri. Nekatera merilna mesta so postavljena daleč proč od virov onesnaženja (Krvavec, Iskrba pri Kočevski reki, Otlica v Trnovskem gozdu), merilno mesto Rakičan je podeželskega tipa, druga so v mestih (Ljubljana, Celje, Nova Gorica, Koper, Hrastnik), nekatera pa so ob prometnih cestah (Maribor, Trbovlje, Zagorje). Na postajah prometnega tipa so koncentracije ozona nižje. Avtomobili namreč izpuščajo v ozračje dušikov monoksid, ki reagira z ozonom v dušikov dioksid in tako zmanjša njegovo koncentracijo. Zrak na takšnih področjih seveda ni nič boljši, ker je tam slabši zaradi drugih onesnaževal.

Najvišje koncentracije ozona se pojavljajo na Primorskem, predvsem ob situacijah, ko piha veter iz južne oz. jugozahodne smeri. To kaže na prenos ozona preko meje iz Italije. Meritve ozona potekajo le v nekaj točkah v Sloveniji. Visoke koncentracije ozona se za razliko od ostalih onesnaževal, ki so visoke v okolici virov, pojavljajo na širših območjih. To pomeni, da je koncentracija podobno visoka tudi na lokacijah, oddaljenih več kilometrov od merilnega mesta. Posebej je treba poudariti, da so koncentracije na večjih nadmorskih višinah višje kot v dolini. To nam kažejo rezultati meritev s Krvavca in Otlice. Plast onesnaženega zraka se poleti ob jasnem vremenu premeša do višine okoli treh kilometrov. To seveda pomeni, da se z izletom na gore nismo umaknili z ozonom onesnaženemu zraku, ampak smo ob določenih situacijah prišli še na slabše.

V nižinah se pojavlja izrazit dnevni hod, saj ponoči ozon ne nastaja, vertikalnega mešanja je malo, zaradi močno reaktivne narave ozona pa ta reagira s skoraj vsemi snovmi v okolju in se tako razgradi. Na višjih lokacijah (Krvavec) pa ozon nima toliko možnosti za reagiranje s snovmi iz okolice in se zato tam koncentracija ponoči ne zniža veliko. Zanimiva je primerjava koncentracij med delavniki in za konec tedna. Ob delavnikih je več prometa. Zato v je v mestih koncentracija ozona nižja kot ob koncih tedna, ker se koncentracija ozona zmanjša zaradi njegovega intenzivnejšega spajanja z dušikovim monoksidom, ki ga izpuščajo avtomobili, v dušikov dioksid.

## **Informiranje**

Uredba o ozonu predvideva opozarjanje prebivalstva v primerih, ko koncentracija preseže opozorilno vrednost, to je enourno povprečno vrednost  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ko koncentracija na nekem merilnem mestu preseže to vrednost, ARSO pošlje obvestilo o tem ustreznim organom in medijem. Tekst opozorila mora obsegati najmanj naslednje informacije:

- vzroke za preseganje alarmnih koncentracij,
- območje, na katerem je presežena alarmna vrednost
- napoved trajanja takšne situacije
- priporočila prebivalstvu, naj ostaja v zaprtih prostorih.

Podatki so dostopni na domači strani Agencije RS za okolje in na teletekstu TV Slovenija. Na domači strani ARSO je spomladi in poleti dnevno objavljena tudi napoved koncentracij ozona za tekoči in naslednji dan.

## **Priporočila**

Kaj lahko naredimo za svojo zaščito pred visokimi koncentracijami ozona? Predvsem se je treba izogibati naporu na prostem, kadar so koncentracije visoke. Če nimamo na razpolago informacij o koncentracijah ozona, je dobro vedeti, da se visoke koncentracije pojavljajo v popoldanskem času ob jasnem vremenu. Kadar piha zmeren do močan severni ali vzhodni veter, so koncentracije nižje. Vedeti moramo, da so koncentracije visoke do najvišjih vrhov v Sloveniji, zato lahko ob velikih naporih, predvsem v popoldanskem in večernem času, pride do pojavov, opisanih pri vplivu visokih koncentracij ozona na zdravje. Veliki napori poleti popoldne že tako niso priporočljivi zaradi visokih temperatur. Koncentracije v zaprtih prostorih so nižje kot zunaj, zato je za občutljivejše skupine ljudi – otroke in bolnike z boleznimi dihal in krvnega obtoka priporočljivo, da takrat ostanejo v zaprtih prostorih. Za zračenje prostorov pa so najprimernejše jutranje ure in del dopoldneva.