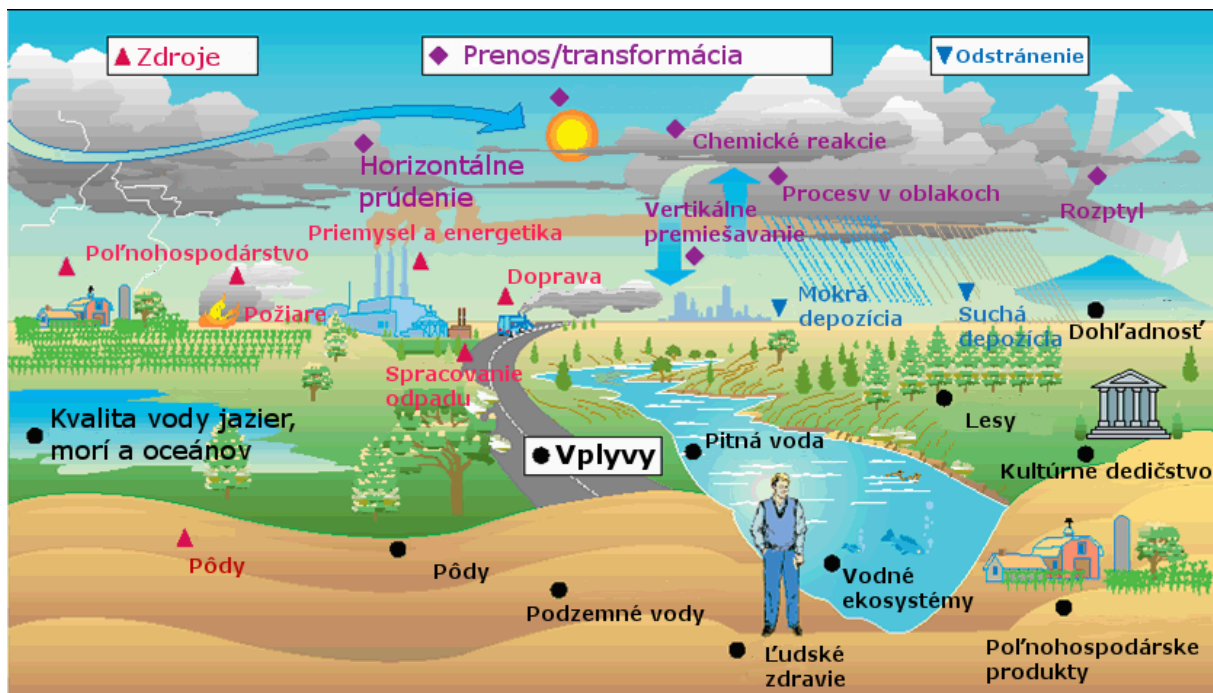


Príloha C Najvýznamnejšie znečisťujúce látky a ovzdušie

Znečistenie ovzdušia môže byť spôsobené prírodnými zdrojmi aj ľudskou činnosťou (antropogénne zdroje). Medzi antropogénne zdroje znečisťovania ovzdušia patria priemyselné procesy, výroba elektriny a tepla vrátane nezanedbateľného podielu vykurovania domácností, všetky druhy dopravy – týka sa to na prvom mieste automobilov s naftovými motormi (Obr. 1). V poľnohospodárskych oblastiach sa prejavuje vplyv sezónnych poľnohospodárskych prác. Stavebné a búracie práce tvoria zväčša krátkodobé emisie prachových častíc prevažne hrubšej veľkostnej frakcie. Prírodným zdrojom znečisťovania ovzdušia je veterná erózia, vulkanická činnosť, morská soľ, peľ, ale aj tvorba prchavých organických látok vegetáciou. Sekundárne znečisťujúce látky vznikajú v atmosfére chemickými reakciami (napr. sírany a dusičnany) alebo fyzikálnymi procesmi (napr. vznik drobných kvapôčok kondenzáciou horúcich spalín).



Obr. 1 Schematické znázornenie znečisťovania ovzdušia a súvisiacich procesov.

SO₂ – oxid siričitý

Oxid siričitý sa dostáva do ovzdušia z antropogénnych aj z prírodných zdrojov. Významným antropogénnym zdrojom SO₂ je spaľovanie uhlia s vysokým obsahom síry pri výrobe tepla a elektrickej energie a pri technologických procesoch. Najvýdatnejším prírodným zdrojom je vulkanická činnosť. Z oxidu siričitého vzniká v ovzduší oxidáciou oxid sírový, ktorý môže byť v atmosfére hydratovaný na kyselinu sírovú a prispieva tak spoločne s kyselinou dusičnou k tvorbe tzv. kyslých dažďov. Následnou chemickou reakciou môžu vznikáť sírany, ktoré sú súčasťou jemnej veľkostnej frakcie tuhých znečisťujúcich látok rozptýlených v atmosfére. Kyslé dažde poškodzujú vegetáciu aj architektonické diela.

Vďaka prísnyms emisným limitom, ktoré boli zavedené v legislatíve koncom minulého storočia, sa podarilo dosiahnuť značné zníženie emisií oxidov síry z veľkých zdrojov, čím sa zmiernil aj problém kyslých dažďov.

Zdravotné účinky: SO₂ pôsobí dráždivo na dýchacie cesty a očné spojivky, pri dlhodobej expozícii môže spôsobovať ochorenia dýchacích ciest najmä u detí.

NO_x – oxidy dusíka

Najvýznamnejšími oxidmi dusíka z hľadiska problematiky kvality ovzdušia sú oxid dusičitý (NO₂) a oxid dusnatý (NO), ktoré sú spoločne označované ako NO_x. Dominantným zdrojom oxidov dusíka je cestná doprava a spaľovacie procesy v priemysle a v energetike, medzi ich prírodné zdroje patria aj niektoré druhy baktérií. Oxidy dusíka sa v ovzduší za prítomnosti atmosférickej vlhkosti menia na kyselinu dusičnú; následnou chemickou reakciou môžu vznikajúť dusičnany ako dôležitá súčasť sekundárnych tuhých znečisťujúcich látok. Od nich sa atmosféra postupne vyčistí sedimentáciou alebo vymývaním atmosférickými zrážkami, čím sa dusičnany dostávajú do pôdy a vôd. Dusičnany pôsobia priaznivo na rast rastlín, avšak ich nadbytok narušuje rovnováhu vo vodnom biotope a spôsobuje nežiaduci rast vodných rastlín (eutrofikácia). NO₂ sa spoločne s prchavými organickými látkami a kyslíkom za prítomnosti ultrafialového žiarenia podieľa na vzniku zdraviu škodlivého troposférického ozónu.

Zdravotné účinky: NO₂ je dráždivý plyn, ktorý vo vyšších koncentráciách môže zosilňovať alergické reakcie alebo spôsobovať zápalové ochorenia dýchacích ciest.

PAH – polycyklické aromatické uhľovodíky

Polycyklické aromatické uhľovodíky (z *angl.* polycyclic aromatic hydrocarbons) sú skupinou organických látok, ktoré sa skladajú z niekoľkých benzénových (aromatických) jadier. Prchavosť týchto látok s rastúcim počtom benzénových jadier klesá. Vznikajú pri nedokonalom horení, najmä pri vykurovaní domácností tuhými palivami a pri rôznych technologických procesoch napr. pri výrobe koksu. Ďalším zdrojom PAH je cestná doprava – týka sa to na prvom mieste áut s dieselovými motormi. Výrazný spôsob expozície, ktorá zapríčiňuje, že sa polycyklické aromatické uhľovodíky dostávajú do organizmu, predstavuje fajčenie.

Niektoré z tejto skupiny látok majú preukázateľne karcinogénne účinky, ako napr. **benzo(a)pyrén**. Benzo(a)pyrén je polycyklickým aromatickým uhľovodíkom, ktorý je tvorený piatimi benzénovými jadrami. Benzo(a)pyrén sa za normálnych podmienok vyskytuje v pevnom skupenstve a môže byť súčasťou jemných tuhých znečisťujúcich látok rozptýlených v atmosfére, môže sa preto prenášať na veľké vzdialenosti. V atmosfére sa rozkladá pri chemickej reakcii s ozónom. Najvyššie koncentrácie benzo(a)pyrénu sú pozorované v zimných mesiacoch, čo súvisí s jeho hlavnými zdrojmi a s nepriaznivými rozptylovými podmienkami počas teplotných inverzií.

Zdravotné účinky: Benzo(a)pyrén má karcinogénne a mutagénne vlastnosti.

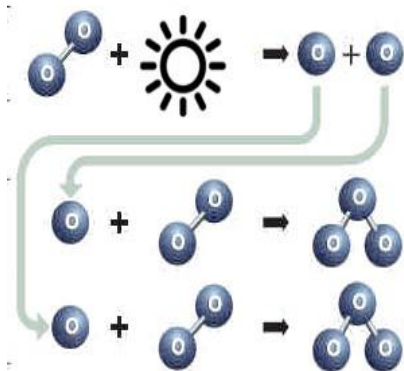
O₃ - Ozón

Ozón (trojatómová molekula kyslíka) vplýva na ľudské zdravie a na život ostatných organizmov na Zemi v pozitívnom aj negatívnom smere – zatiaľ čo stratosférický ozón plní dôležitú úlohu ochrany pred škodlivým ultrafialovým žiarením slnka, troposférický ozón má nepriaznivý vplyv na ľudské zdravie, na vegetáciu, architektúru a je preto zaradený medzi znečisťujúce látky.

Ozónová vrstva sa nachádza v stratosfére vo výške 20 – 30 km¹ nad zemským povrchom a obsahuje väčšinu atmosférického ozónu (približne 90 percent). Ozón tu jednak absorbuje takmer všetko ultrafialové žiarenie s vlnovými dĺžkami v rozsahu 240 – 290 nm (UV-C žiarenie), ktoré je nebezpečné pre jednobunkové organizmy a pre povrchové tkanivá vyšších organizmov i rastlín a jednak v značnej miere zoslabuje ultrafialové žiarenie vlnových dĺžok 290 – 320 nm (UV-B žiarenie). To môže spôsobovať napríklad poškodenie zraku, či kožné onkologické ochorenia.

Stratosférický ozón vzniká za prítomnosti ultrafialového žiarenia z molekulárneho kyslíka (Obr. 2).

¹ Seinfeld, John H., and Spyros N. Pandis. *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. Hoboken, N.J.: J. Wiley, 2006.



Obr. 2 Vznik ozónu za prítomnosti ultrafialového žiarenia dopadajúceho zo slnka (tento proces je dominantný v stratosfére).

Troposférický ozón môže mať prírodný pôvod (napríklad prenos zo stratosféry – tento proces je významný najmä vo vyšších horských polohách), alebo vzniká pri zložitých fotochemických reakciách z látok antropogénneho aj biogénneho pôvodu². Látky, ktoré vstupujú do týchto chemických reakcií, sú nazývané prekurzory ozónu. Prekurzormi ozónu sú jednak prchavé organické látky, ktoré môžu byť uvoľňované do ovzdušia vegetáciou, z cestnej dopravy alebo napríklad pri použití rozpúšťadiel a jednak antropogénne znečisťujúce látky (NO_x , CO). Tie vznikajú ako sploďiny horenia pri cestnej doprave, z priemyselných procesov a v energetike.

Zdravotné účinky: Ozón môže pri vdýchnutí spôsobiť dráždenie očí, dýchacie ťažkosti, môže viesť k zápalovým ochoreniam dýchacích ciest, pri dlhodobom vystavení vysokým koncentráciám aj k chronickej obštrukčnej chorobe pľúc.

PM₁₀, PM_{2,5} - suspendované častice – aerosóly

Atmosférický aerosól³ je tvorený rôznorodou zmesou tuhých a kvapalných častíc rozptýlených v ovzduší. Častice môžu pochádzať z prírodných zdrojov, ako je veterná erózia, vulkanická činnosť, morská soľ, alebo vznikajú ľudskou činnosťou, napr. z priemyselných a energetických zdrojov. K ich tvorbe nezanedbateľne prispieva cestná doprava a vykurovanie domácností.

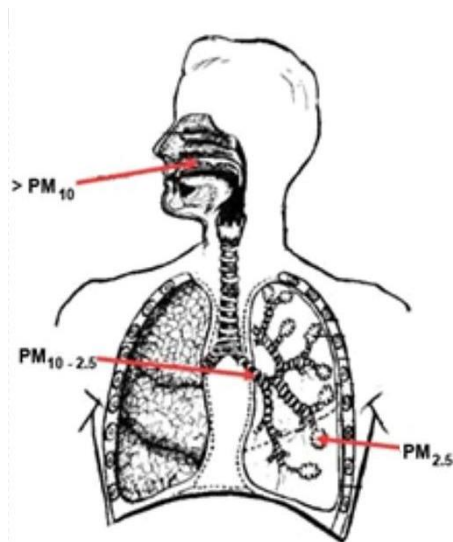
Fenomén atmosférických aerosólov je o to zložitejší, že niektoré častice vznikajú v atmosfére chemickou reakciou z látok, ktoré boli emitované v plynnom skupenstve alebo kondenzáciou horúcich produktov horenia. Znečisťujúce látky, ktoré vznikajú chemickou reakciou v atmosfére, sa nazývajú sekundárnymi. Sekundárny aerosól tvorí nezanedbateľnú časť jemnej veľkostnej frakcie PM.

Príkladom anorganických sekundárnych znečisťujúcich pevných látok (aerosólov) sú sírany a dusičnany. Sekundárny organický aerosól môže vznikáť napríklad oxidáciou prchavých organických látok, ktoré sa uvoľňujú z vegetácie.

Vplyv častíc atmosférického aerosólu na ľudské zdravie závisí od ich veľkosti a chemického zloženia. Častice menšie ako 10 mikrometrov (PM₁₀) môžu prenikať pod hrtan (torakálna frakcia) do spodných dýchacích ciest, častice menšie ako 2.5 mikrometra (jemné častice označované ako PM_{2,5}) prenikajú až do pľúcnych komôrok (nazývajú sa aj pľúcne mechúriky alebo alveoly) (Obr. 3).

Od aerodynamickej veľkosti častíc závisí aj ich sedimentačná rýchlosť – častice jemnej veľkostnej frakcie môžu v závislosti od poveternostných podmienok zotrvať v ovzduší aj niekoľko dní a preniesť sa na vzdialenosť aj stoviek kilometrov.

Zdravotné účinky: bolesti hlavy, dráždenie očí, dlhodobá expozícia môže mať negatívne účinky na dýchací a kardiovaskulárny systém. Najviac zraniteľnými skupinami obyvateľstva sú starí a chorí ľudia, tehotné ženy a malé deti.



Obr. 3 Schematické znázornenie dýchacej sústavy človeka s vyznačením oblastí, do ktorých prenikajú častice rôznych veľkostných frakcií PM.

² biogénny – vzniknutý, prebiehajúci za účasti živých organizmov; antropogénny – podmienený alebo spôsobený človekom, jeho činnosťou;

³ aerosól je definovaný ako kvapalina alebo tuhá látka rozptýlená vo forme malých častíc v plyne, najmä vo vzduchu