

Prírodné zdroje – V a O

Dana Sitányiová

Prednáška – Atmosféra



Vznik atmosféry

- Otvzdušie (atmosféra) tvorí **plynný obal Zeme**. Je základnou zložkou biosféry, bez ktorej by nebol možný život na Zemi. Vzdušný kyslík je nevyhnutný pre väčšinu živých organizmov a oxid uhličitý obsiahnutý vo vzduchu je potrebný pre rast rastlín.
- **Atmosféra sa neustále vyvíja**. Krátko po vzniku Zeme bolo zloženie zemskej atmosféry veľmi podobné zloženiu atmosféry iných planét. Najviac v nej boli zastúpené **vodík a hélium**, v menšej miere sa v nej vyskytovali aj **amoniak, metán, vodné pary a oxid uhličitý**. Voľný vodík a hélium však postupne kvôli menšej gravitácii unikali do vesmíru.
- Množstvo vodných pár v atmosfére sa zvyšovalo. Tieto **vodné pary** sa neskôr skondenzovali a dopadali na povrch Zeme, kde vytvárali oceány. **Oxid uhličitý** sa za pomoci organizmov žijúcich vo vode postupne „uzamkol“ v horninách.
- Prvé živé organizmy žijúce v moriach produkovali **kyslík**. Kyslík z vody postupne prechádzal do vzduchu, kde jeho množstvá pozvoľna stúpali.
- So vzrastajúcim množstvom kyslíka súvisí aj vznik **ozónovej vrstvy**. Až po vzniku prvotnej ozónovej vrstvy sa život rozšíril z mora na súš.
- Z mnohých hypotéz objasňujúcich evolúciu molekulárneho dusíka, ktorý tvorí 4/5 dnešnej atmosféry je najpravdepodobnejšia tá, ktorá pripisuje jeho vznik pri formovaní prvotných hornín.

Klasifikácia atmosféry

- Pomer jednotlivých plynných zložiek v rôznych výškach určujú **difúzne procesy, teplota a tlak**.
- Z celkovej hmotnosti atmosféry sa 50% nachádza v oblasti 0 – 5,6 km, 90% v oblasti 0 – 16 km, 99% v oblasti 0- 29 km a 99,9% v oblasti 0 – 48 km nad povrchom Zeme. Jednotlivé časti atmosféry sa klasifikujú podľa niekoľkých kritérií (**teplota, ionizácia, molekulové zloženie**).

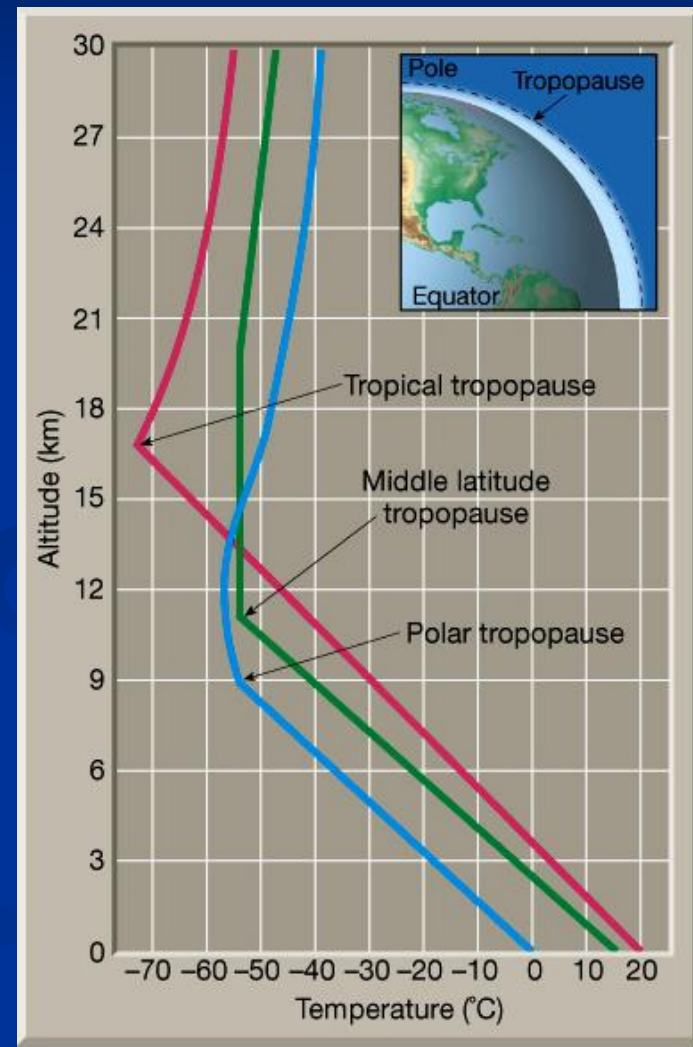
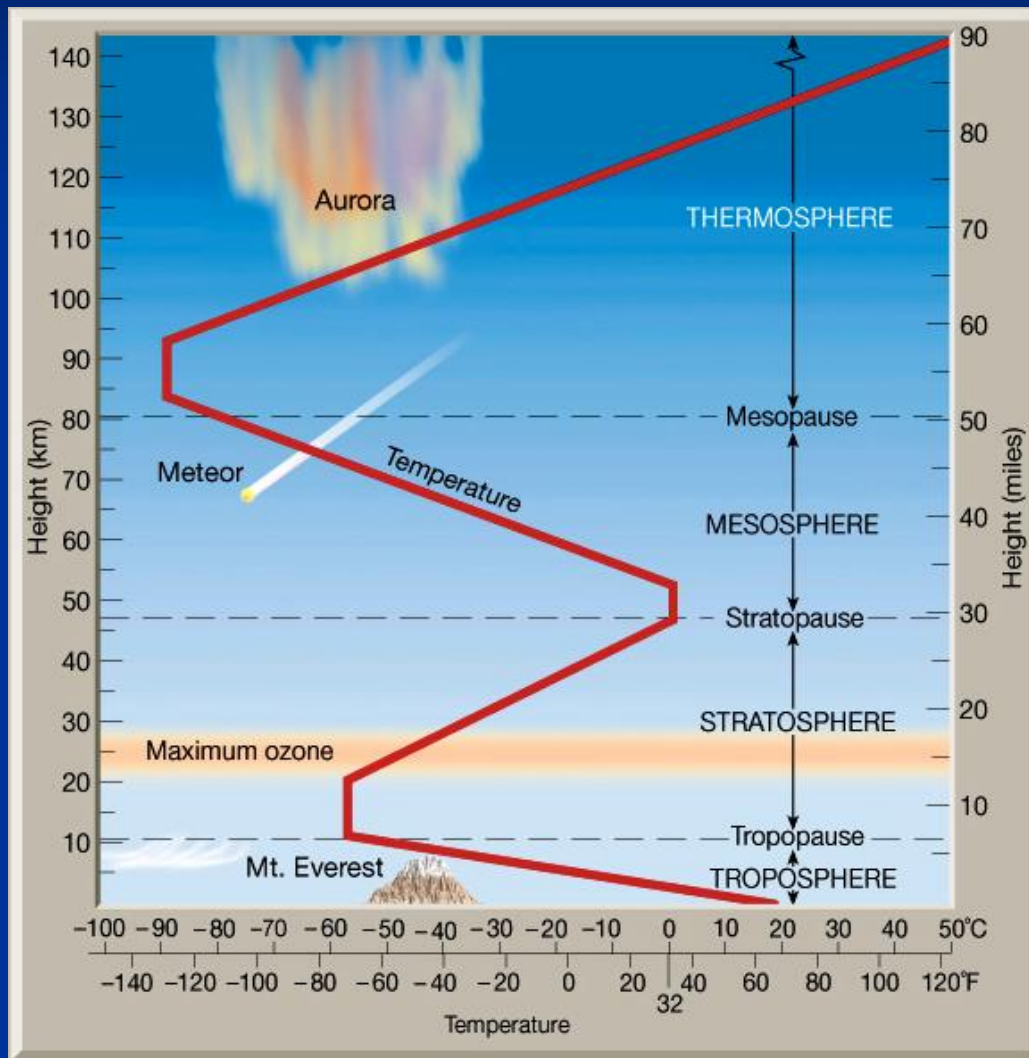
Rozdelenie teploty

- **Vertikálna teplotná štruktúra** atmosféry je daná 4 odlišnými vrstvami:
- troposféra
- stratosféra
- mezosféra
- termosféra

V troposfére dochádza k vertikálnemu miešaniu a výrazná je lokálna variabilita. V stratosfére je pohyb minimálny a preto sa tu koncentruje znečistenie.

Vzájomný vzťah medzi teplotným profilom a chemickým zložením je veľmi dôležitý.

Vertikálny teplotný profil



Ionizácia

- Termosféra a exosféra, na rozdiel od nižších vrstiev atmosféry, utvárajú oblasť s vysokým stupňom ionizácie molekúl. Táto skutočnosť je podstatou druhého kritéria klasifikácie jednotlivých častí atmosféry.
- Na tomto základe sa atmosféra delí na chemosféru a ionosféru. Kým chemosféra sa prejavuje chemickými vlastnosťami atómov, molekúl a voľných radikálov, z ktorých je zložená, zatiaľ ionosféra s vysokou koncentráciou iónov sa prejavuje niektorými typickými vlastnosťami ionizovaného plynu, napríklad elektrickou vodivosťou a schopnosťou odrážať rádiové vlny. Hranica medzi chemosférou a ionosférou je približne vo výške 70 km.

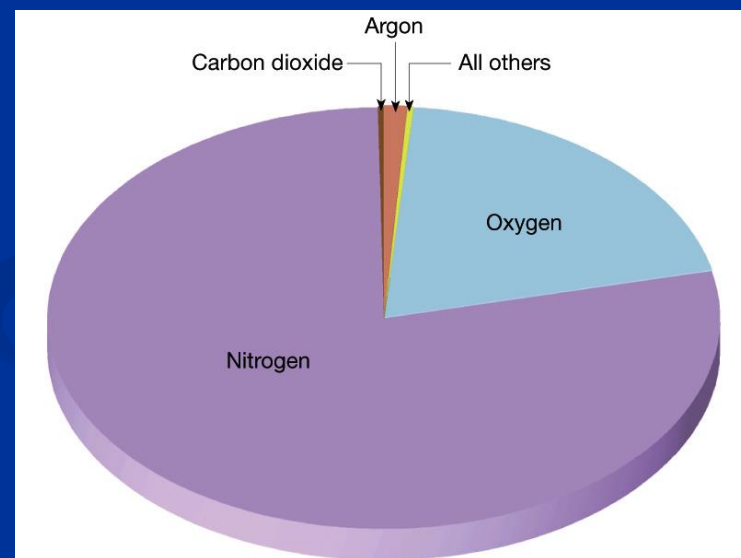
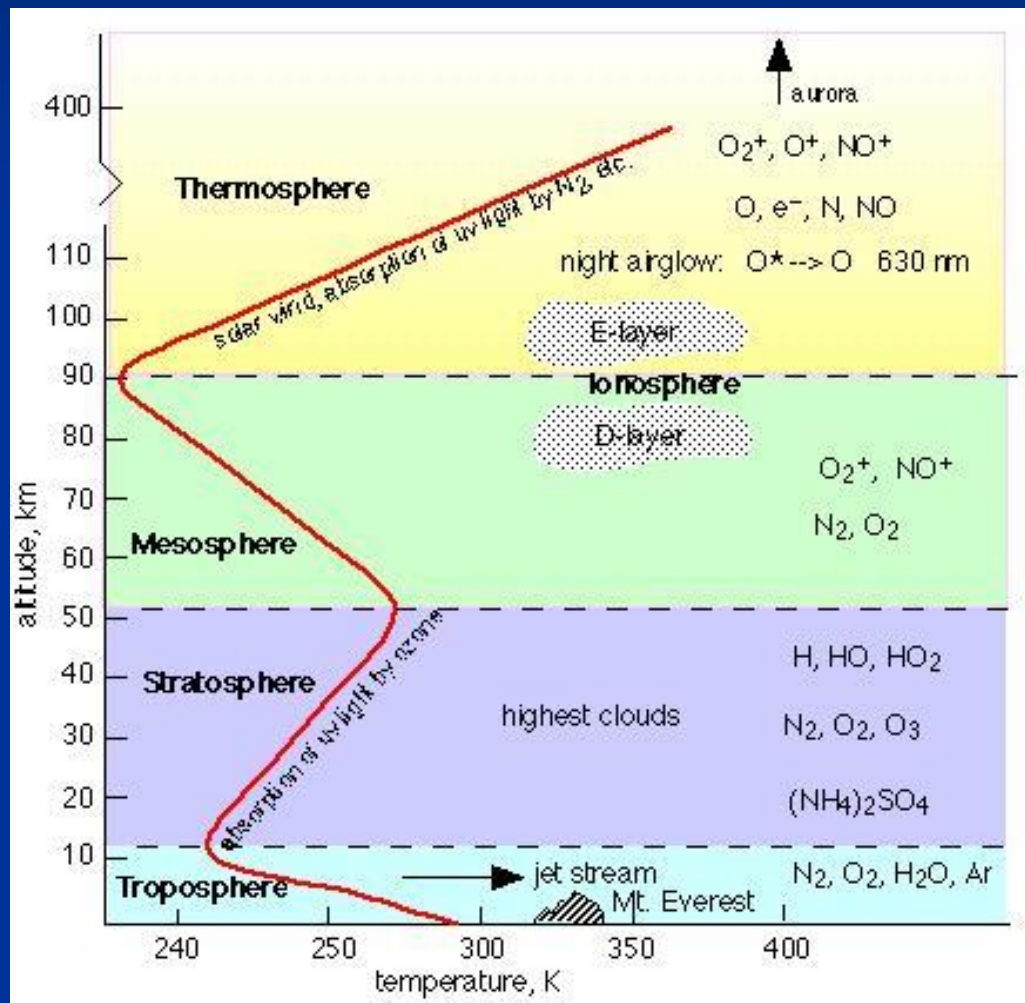
Molekulové zloženie

- Tretím kritériom členenia atmosféry je kritérium molekulového zloženia. Na základe neho sa atmosféra delí na **homosféru a heterosféru**. **Hranica** medzi týmito dvoma vrstvami sa nachádza vo výške **90 km** nad zemským povrchom. Kým homosféra predstavuje (až na vodné pary) oblasť prakticky rovnakého chemického zloženia, heterosféra vykazuje s výškou meniace sa zloženie.
- Príčina homogenity nižších vrstiev atmosféry je v neustálom turbulentnom pohybe vzduchových mäs v tejto oblasti. Na základe tejto takmer dokonalej homogenity sa okrem vodných pár pokladá vzduch obsiahnutý v homosfére za jednoduchý plyn s definovaným súborom fyzikálnych vlastností.

Molekulové zloženie

- Pôsobením gravitačných síl a len minimálneho premiešavania, ako aj účinkom vysokoenergetických fotónov slnečného žiarenia sa **heterosféra** v priebehu svojho vývoja rozdelila na **štyri diferencované vrstvy**.
- Jej najnižšia vrstva je typická vysokým relatívnym zastúpením **molekulárneho dusíka** a nachádza sa v oblasti od **90 do 200 km**.
- Nad ňou sa nachádza vrstva **atomárneho kyslíka**, zaberajúca oblasť **200 – 1120 km** nad zemským povrchom.
- Tretia vrstva je bohatá na **hélium** a nachádza sa medzi **1120. a 3200. kilometrom**.
- Posledná známa vrstva – **vodíková** – zaberá priestor **nad 3200. kilometrom** a siaha až po hranicu atmosféry. Napriek tomu, že v heterosfére je obsiahnuté menej ako 0,01% celkovej hmotnosti vzduchu, táto oblasť má mimoriadny význam pre život na Zemi. Filtruje totiž vysokoenergetickú časť slnečného žiarenia, ktoré by ináč doslova spálilo organickú hmotu na zemskom povrchu.

Chemické zloženie - stratifikácia



Chemické zloženie vzduchu

- Chemické zloženie zemskej atmosféry je výsledkom dlhodobého vývoja, geologických a biologických procesov za stáleho intenzívneho pôsobenia slnečného žiarenia. Atmosféru tvorí zmes niekoľkých plynov, ktoré si zachovávajú do značných výšok približne stály pomer: asi 78 % dusíka, 21 % kyslíka, 0,93 % argónu, 0,03 % oxidu uhličitého a nepatrné množstvá iných vzácnych plynov, ako sú hélium, neón a kryptón.
- V spodných vrstvách zemskej atmosféry sa vyskytuje asi 1 % vodnej pary, ktorá však nie je nad zemským povrchom celkom rovnomerne rozdelená a podlieha časovým zmenám. Podobne je premenlivý aj obsah oxidu uhličitého, pretože vzniká pri dýchaní a spaľovaní uhlíka a spotrebúva sa pri fotosyntéze zelených rastlín.
- V stratosfére bola zaregistrovaná premenlivá vrstva aerosólov, obsahujúca sírany, kyselinu dusičnú, chlór, bróm a kremičitany. Vo vysokých vrstvách atmosféry sa vyskytuje molekulový a atómový vodík. Medzi zložky, ktoré majú premenlivú priestorovú distribúciu, patrí ozón.

Vertikálny profil hustoty a tlaku

- Hustota vzduchu sa podobne ako atmosférický tlak znižuje s narastajúcou vzdialenosťou od Zeme. Polovica hmotnosti atmosféry leží pod úrovňou 5,6 km a až 99% hmotnosti je sústredenej do výšky 30 km.
- V atmosfére sa uplatňuje molekulová difúzia a turbulentné premiešavanie. Od výšky 120 km je určujúcim procesom molekulová difúzia.

Antropogénny vplyv

Chemické zloženie súčasnej homosféry Zeme, t. j. nižšej časti atmosféry s rovnakým chemickým zložením, je popri prírodných procesoch čoraz výraznejšie ovplyvňované zásahmi človeka. Dnešný vzduch tvorí okrem vody **18 stálych súčastí**, ktoré sa dajú rozdeliť na niekoľko skupín:

- podstatné zložky (dusík, kyslík),
- vzácne plyny (argón, neón, hélium, kryptón, xenón),
- uhľikaté plyny (oxid uhličitý, oxid uhoľnatý, metán, formaldehyd),
- dusíkaté plyny (oxid dusný, oxid dusičitý, amoniak),
- sírnaté plyny (oxid siričitý, sulfán),
- ostatné plyny (ozón, vodík).

Kvalita ovzdušia sa charakterizuje jeho teplotou, vlhkosťou, obsahom tuhých látok a obsahom plynných prímiesí (ktoré nezodpovedajú bežnému zloženiu vzduchu).

Voda a ozón

- Voda a ozón na rozdiel od ostatných plynných zložiek atmosféry vykazujú **výrazné zmeny koncentrácie v priestore a čase**. Obidva plyny, aj keď sú prítomné len v stopových množstvách, sú mimoriadne **dôležité pre absorpciu slnečného žiarenia** a pre atmosferickú bilanciu energie.
- Hlavným zdrojom atmosferických vodných pár je vyparovanie zo zemského povrchu. Zanikajú napr. pri kondenzácií v mrakoch. Zotrvanie molekúl vodnej pary v atmosfére je rádovo týždeň. So vzrastajúcou zemepisnou výškou obsah rýchlo klesá až na zanedbateľnú hodnotu vo výške 10 km. **Ozón sa tvorí pri fotochemických reakciách vo výškach 15-85 km**; v blízkosti zemského povrchu sa nachádza v znečistenom vzduchu nad mestami. Na povrchu zeme dochádza k jeho rýchlemu zániku rozpúšťaním vo vode a rozkladom. Vo výškach nad 10 km je čas jeho zotrvania rádovo mesiac.

Znečistené ovzdušie

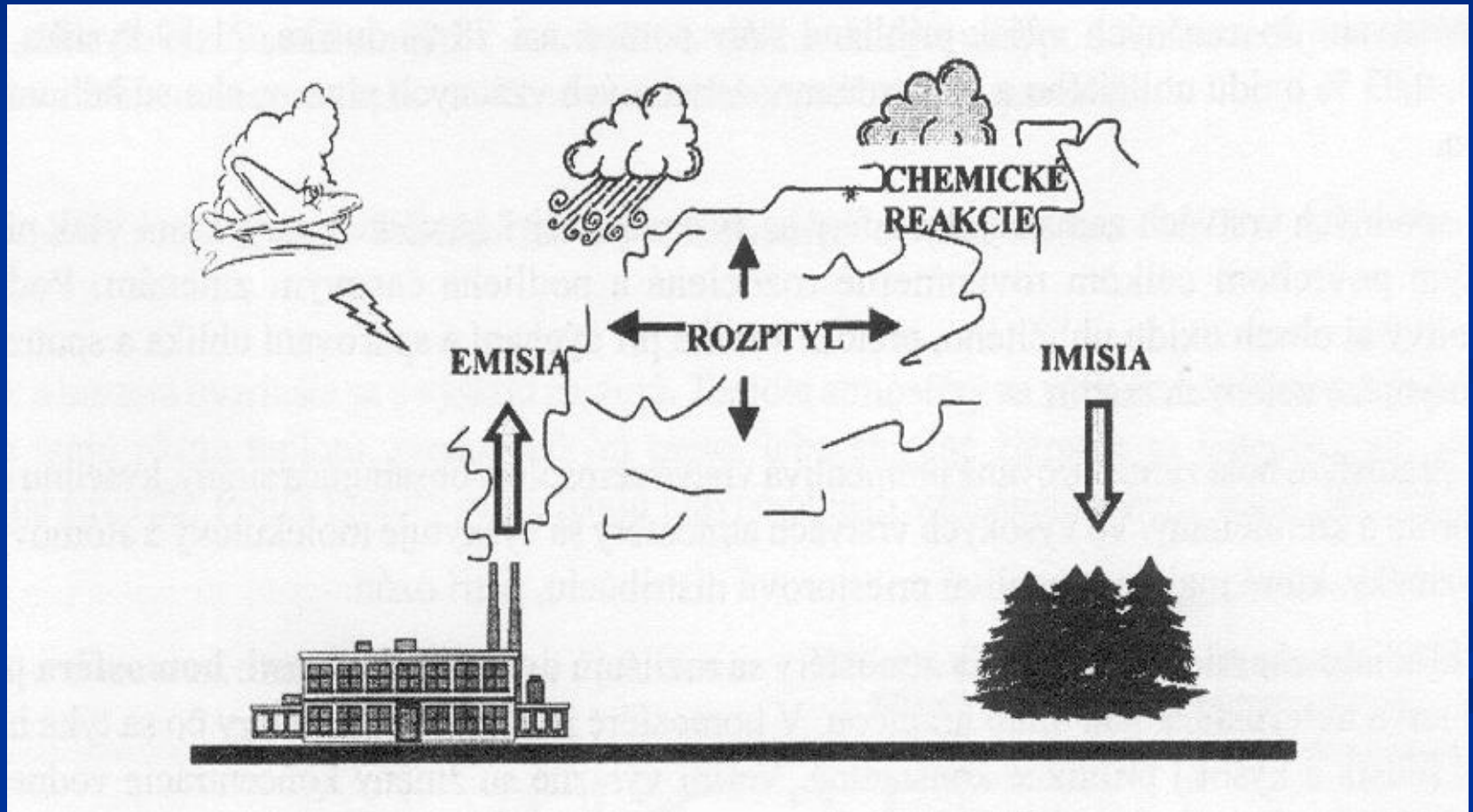


- Znečistené ovzdušie označuje stav atmosféry, keď sú v ovzduší prítomné **zložky na kratší alebo dlhší čas nepriaznivo ovplyvňujúce životné prostredie**. Ovzdušie našej Zeme zaberá síce veľký priestor, ale na rozptyle škodlivín sa podieľa len pomerne malá časť v okolí znečisťujúceho zdroja. Samočistiaca schopnosť ovzdušia je pomerne veľká.
- Znečisťovanie ovzdušia znamená **vypúšťanie (vnášanie, emisiu)** znečisťujúcich látok do atmosféry. Tieto látky priamo alebo po chemických zmenách v ovzduší, prípadne v spolupôsobení s inou látkou (synergicky) nepriaznivo ovplyvňujú životné prostredie. Pri širšom chápaní znečisťovania ovzdušia do znečisťujúcich zložiek zahrňujeme i škodlivé elektromagnetické žiarenie, hluk, teplo atď.
- Ovzdušie sa znečisťuje buď pri vypúšťaní rôznych látok do atmosféry alebo pri dejoch prebiehajúcich priamo v ovzduší (napr. chemické reakcie). Z hľadiska miesta vzniku rozlišujeme **primárne znečisťovanie**, ktorým rozumieme úlet škodlivín zo zdrojov (**emisie**) a **sekundárne znečisťovanie**, ktorým rozumieme chemické zmeny niektorých látok, prebiehajúce pri šírení exhalátov (**transmisia**) v atmosfére.

Znečistené ovzdušie

- Miera znečistenia ovzdušia (vyjadrená okamžitou alebo priemernou koncentráciou škodlivín na danom mieste) závisí od emisie škodlivín a od procesov, ktorým sú tieto emisie v ovzduší podrobené.
- Základnou príčinou stúpajúceho trendu znečisťovania ovzdušia je **narastanie populácie**, ktorá má všeobecnú tendenciu sťahovať sa do väčších mestských aglomerácií. S rastom počtu obyvateľstva sa zvyšuje aj **životná úroveň** vrátane požiadaviek na energiu. Celý energeticko-výrobnospotrebný komplex, ktorý zabezpečuje základné požiadavky vyspelej spoločnosti, kladie **nepredstaviteľné nároky na životné prostredie**, a tým aj ovzdušie, a to jednak **spotrebou kyslíka a jednak vypúšťaním plynných, kvapalných a tuhých exhalátov**.

Vzt'ah medzi emisiami a imisiami škodlivín



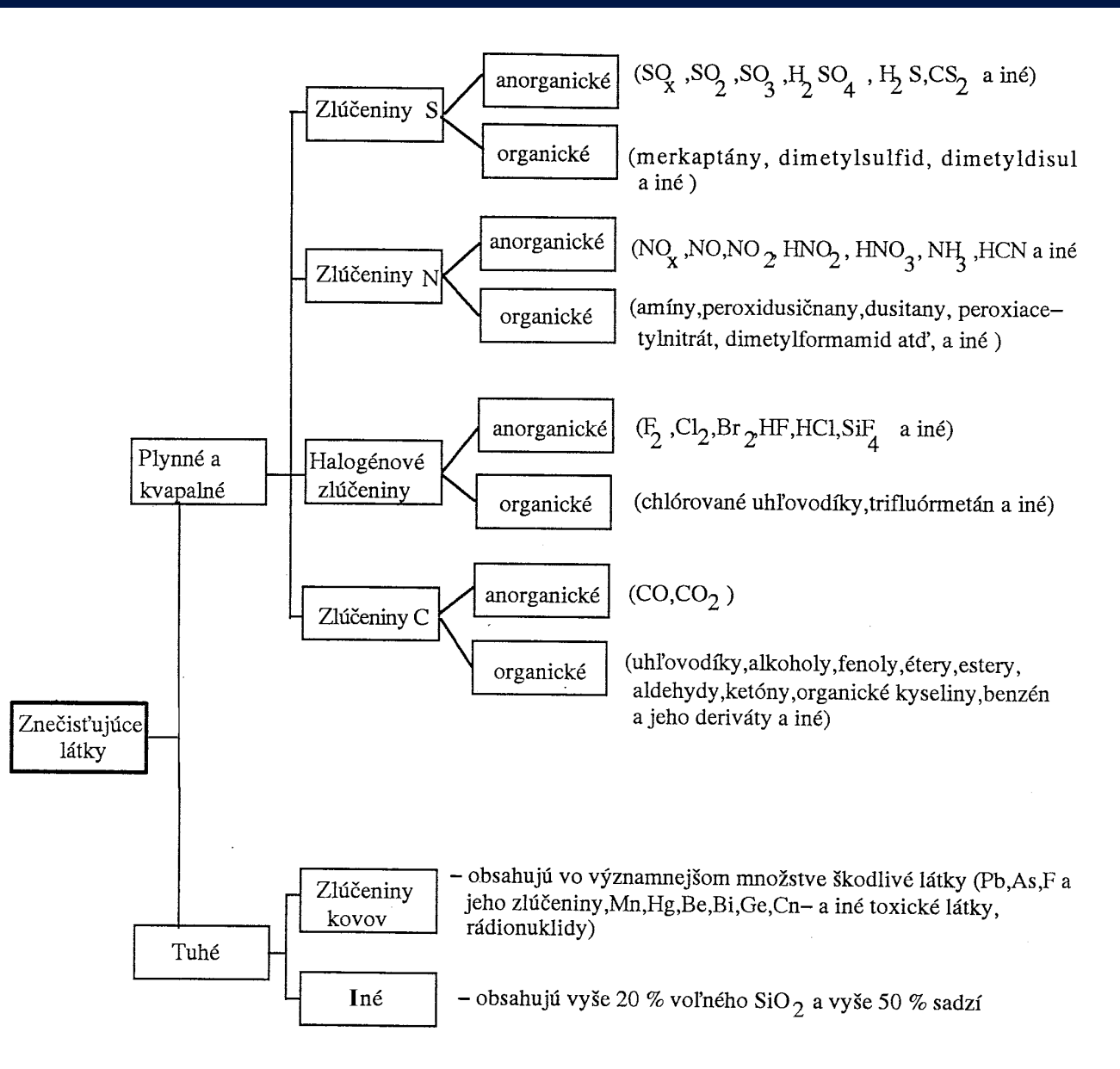
Typy znečistenia

- Z hľadiska veľkosti znečisteného územia môžeme znečistenie rozdeliť na znečistenie **lokálne, regionálne a globálne**.
- **Lokálne znečistenie** ovzdušia sa vzťahuje na územie s plochou **jednotiek až desiatok km²**. Úroveň koncentrácií znečisťujúcich látok je vysoká, prejavujú sa výrazné denné a sezónne zmeny. Tieto zmeny sú vyvolané zmenami miestnych emisných a meteorologických podmienok.
- Hlavnými zdrojmi lokálneho znečistenia ovzdušia sú exhaláty z miestneho priemyslu, stavebníctva, energetiky, automobilovej dopravy, domáceho vykurovania a zneškodňovania odpadov.
- Typické škodliviny sú: oxid uhoľnatý, oxid siričitý, oxid dusnatý, oxid dusičitý, uhľovodíky a tuhé častice. **V lokálnom meradle sa výrazne prejavujú sekundárne formy znečistenia ovzdušia (zvýšenie koncentrácie ozónu a oxidantov).**

Typy znečistenia

- Znečistenie ovzdušia spodnej troposféry celých územných celkov až častí kontinentov sa označuje ako **regionálne znečistenie**. Negatívne následky regionálneho znečistenia možno pozorovať až do vzdialenosti vyše 1000 km od zdroja znečistenia. Vo vyspelých priemyselných krajinách sa regionálne uplatňujú najmä **exhaláty oxidov síry a dusíka**. Sledujú sa tiež **oxidanty, uhľovodíky a niektoré ťažké kovy**. Pri vyhodnotení regionálneho znečistenia ovzdušia treba analyzovať dlhodobý vplyv a jeho následky na vodu, pôdu a citlivé ekosystémy.
- Pojmom **globálne znečistenie** označujeme znečistenie voľnej atmosféry, t.j. zmeny zloženia atmosféry ako celku. Z globálneho hľadiska sa dnes považujú za najzávažnejšie znečisťujúce látky **oxid uhličitý a drobné častičky tuhých a kvapalných látok**.

Klasifikácia látok znečisťujúcich ovzdušie



Zdroje znečist'ovania ovzdušia

- Zdroje znečist'ovania ovzdušia sú veľmi rôznorodé a môžu sa klasifikovať z rôznych hľadísk.
- Zdroje znečist'ovania ovzdušia možno rozdeliť na **prírodné** (nezávislé od ľudskej činnosti) a **umelé** (vytvárané a ovplyvňované ľudskou činnosťou)

Zdroje znečisťovania

Prírodné zdroje	Umelé zdroje							
Erózia, tektonické pohyby sopečná činnosť, požiare, kozmická činnosť, búrky, vlnobitie, cyklóny	Eneregtika a teplárne	Stavebníctvo a výroba stavebných hmôt	Banický priemysel	Hutníctvo, koksárne, plynárne	Chemický priemysle	Doprava	Poľnohospodárstvo	Ostatné
Produkované látky								
Prach, SO ₂ , CO, CO ₂ , HCl, HF, H ₂ S, NO _x , O ₃	Prach, SO ₂ , CO, CO ₂ , HCl, HF, H ₂ S, NO _x ,	Najmä prach	Prach, škodlivé plyny a ťažké kovy	Prach, SO ₂ , CO, CO ₂ , HCl, HF, H ₂ S, ...	Prach, SO ₂ , CO, CO ₂ , HCl, HF, H ₂ S, NO ₂ , HCN...	Prach, Pb, azbest, SO ₂ , CO, CO ₂ , NO _x , uhl'ovodíky	Prach, rôzne organické a anorganické látky, metán	Prach, rádioaktívne látky

Látky znečisťujúce ovzdušie - **vodík**

- Prevažná časť chemicky viazaného vodíka je v atmosfére prítomná ako **vodná para, skondenzované kvapky vody, alebo častice ľadu**. Vodík sa v atmosfére vyskytuje aj vo forme početných **neutrálnych molekúl, iónov a radikálov** (napr. HO, HO₂, H₂O₂, H₃O⁺).
- Vodík má tri izotopy (¹H, ²H, ³H), z ktorých najt'azší izotop – **trícium** (³H) je radioaktívny (beta žiarič; polčas premeny T = 12,26 rokov) a v atmosfére vzniká pôsobením kozmického žiarenia. Trícium sa okrem toho dostáva do atmosféry antropogénnou činnosťou pri výbuchu vodíkových bômb, a pri haváriách jadroveenergetických zariadení.
- Asi **50 % obsahu vodíka v atmosfére vzniká antropogénnou činnosťou**. Preto sa zdá logické, aby sa v budúcnosti aj vodík považoval za atmosferickú „znečisteninu“.

Látky znečisťujúce ovzdušie - kyslík

- V atmosfére je kyslík prítomný vo forme dvojatómových molekúl O_2 , vo forme atómového kyslíka (O), ozónu (O_3) a rôznych iónov (predovšetkým O^{2+} a O^+). Atómový kyslík a ozón v ovzduší vznikajú fotochemickými reakciami a zúčastňujú sa mnohých ďalších reakcií.
- Kyslík je druhým najrozšírenejším prvkom atmosféry z hľadiska jeho koncentrácie (21 %). Prízemný (troposférický) ozón je vzdušnou škodlivinou. Je hlavnou toxickou súčasťou fotochemického smogu. Je toxický už pri koncentráciách asi $2 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Spôsobuje dýchacie ťažkosti.
- Ozónová vrstva atmosféry pôsobí ako ochranný filter – chráni zemský povrch pred pôsobením ultrafialového žiarenia (najmä UV-B zložky vlnovej dĺžky 280 –320 nm).

Látky znečisťujúce ovzdušie - kyslík

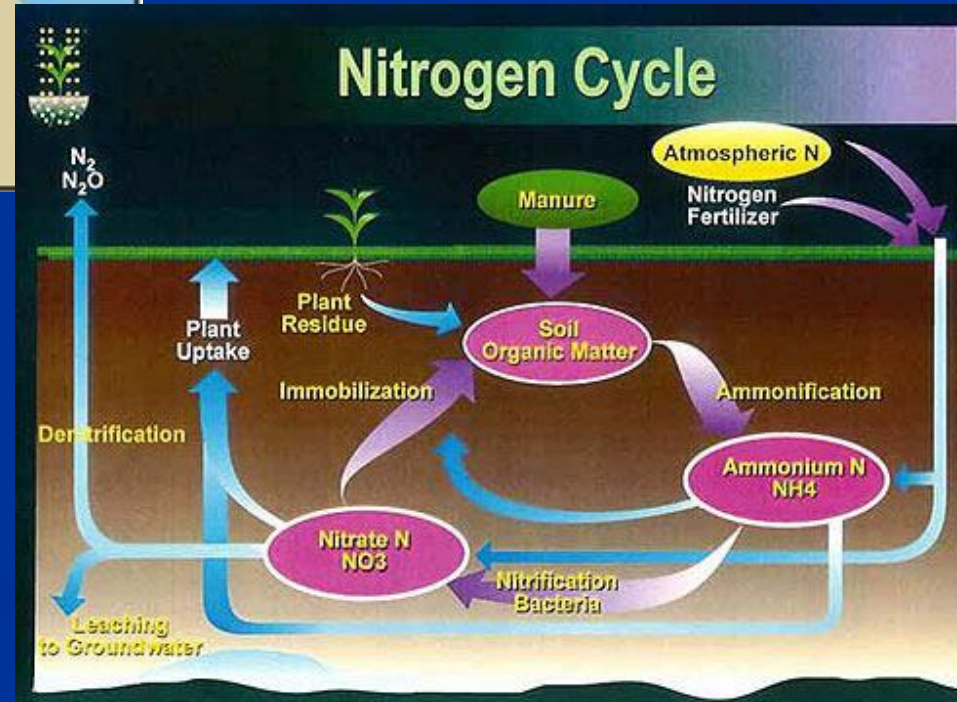
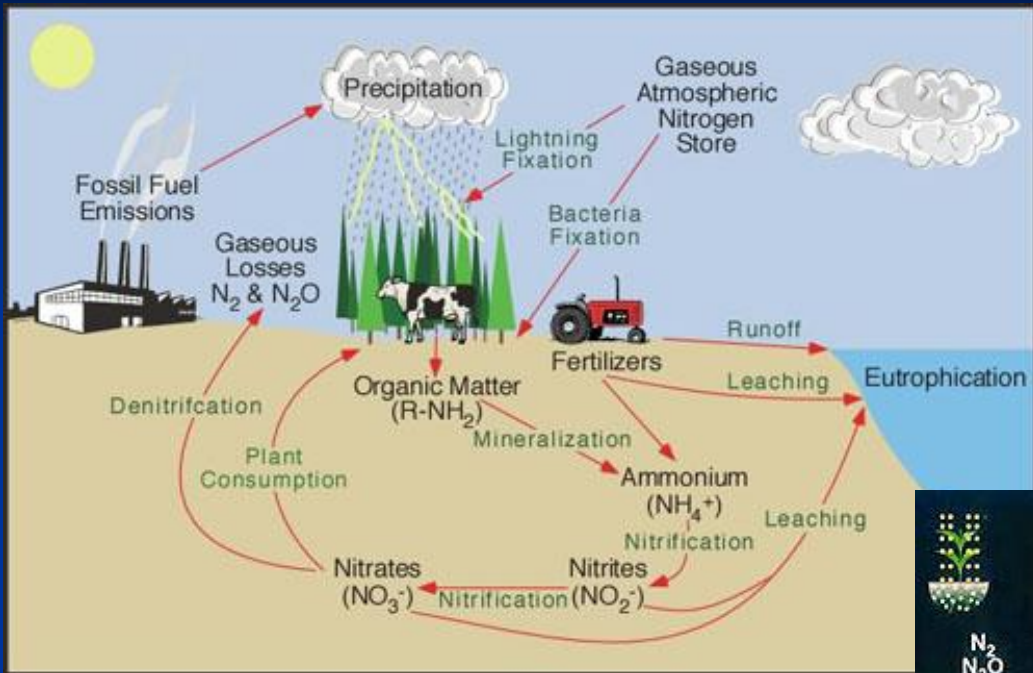
- $O_3 + h\nu \rightarrow O_2 + O$
- $O_3 + O \rightarrow 2 O_2$
- Ultrafialové žiarenie s vlnovými dĺžkami medzi 120 a 200 nm pôsobí aj vo výške 50 km, kde spôsobuje vznik ozónu z kyslíka
- $O_2 + h\nu \rightarrow O + O$
- $O_2 + O + M \rightarrow O_3 + M$
- kde M je neutrálna látka, spravidla dusík alebo kyslík.
- Ozón teda vzniká a rozkladá sa vplyvom slnečného žiarenia. Na uchovanie vrstvy ozónu je nevyhnutná rovnováha medzi obidvoma oblast'ami žiarenia.

Látky znečisťujúce ovzdušie – zlúčeniny dusíka

Cyklus dusíka

- Najväčším zdrojom dusíka je atmosféra. Atmosferický dusík je fixovaný rôznymi biochemickými spôsobmi, čo znamená viazaný do rôznych chemických zlúčenín, ktoré môžu byť zužitkované rastlinami alebo živočíchmi. Dusík fixujú rôzne pôdne a morské mikroorganizmy, ďalej ho viažu rastliny v procese asimilácie do proteínu. Pri opačnom deji – amonifikácii – ktorý prebieha pri biologickom rozklade zvyškov odumretých rastlín a živočíchov, fixovaný dusík sa uvoľňuje v amoniakálnej forme. Vznikajúci amónny kation oxidujú niektoré mikroorganizmy na NO_2^- alebo NO_3^- . Tento proces, nazývaný nitrifikácia, prebieha v prírode v rozsiahlom meradle. Vzniknuté nitráty zachytené v pôde sú vymývané do podzemných vôd. Časť z nich môžu asimilovať rastliny, časť podlieha procesu denitrifikácie za tvorby dusíka alebo oxidu dusného. Tým sa pohyb dusíka uzatvára.
- Kompletný dusíkový cyklus zahŕňa aj množstvá dostávajúce sa do pôdy v podobe umelých hnojív (18.106 t ročne v prepočte na dusík) a ročný prenos zlúčenín (prevažne dusičnanov) z pôdy do riek a morí (predstavuje zhruba 12.106 t dusíka za rok). Zo všetkých plynov sa dusík vyskytuje v atmosfére v najväčšej koncentrácii. Okrem molekulového dusíka obsahuje ovzdušie mnohé jeho zlúčeniny. Z emisií zlúčenín dusíka, ktoré sa dostávajú do atmosféry, sú najdôležitejšie oxidy N_2O , NO , NO_2 , ďalej zlúčeniny NH_3 , NH_4^+ , NO_3^- . V znečistenom ovzduší sa nachádzajú mnohé organické zlúčeniny dusíka.

Dusíkový cyklus



Látky znečisťujúce ovzdušie – zlúčeniny dusíka

Oxid dusný

Oxid dusný patrí k stabilným atmosferickým komponentom. Prakticky jediným zdrojom oxidu dusného sú prírodné procesy. Vzniká ako odpadový produkt biologickej aktivity prebiehajúcej na zemskom povrchu. V samotnej atmosfére nevzniká. V prepočte na dusík reprezentuje 97 % všetkých dusíkatých zlúčenín prítomných v atmosfére.

Oxid dusnatý

Jeho prevažná časť pochádza z prírodných zdrojov. Ročne sa takto do ovzdušia dostáva 455.106 t oxidu dusnatého. Najväčšou mierou k emisiám oxidu dusnatého prispievajú spaľovacie procesy (emisie z energetiky, komunálnych zdrojov a dopravy). Čas zotrvania oxidu dusnatého v atmosfére sa odhaduje na štyri dni.

Oxid dusičitý

Prevažná časť oxidu dusičitého vzniká priamo v znečistenej atmosfére oxidáciou NO. Podstatne menšie množstvo sa do ovzdušia dostáva z antropogénnych zdrojov, pri ktorých sa uvažuje suma NO + NO₂ označovaná ako NO_x. Množstvo emisií NO_x za rok sa odhaduje na 48.106t (v prepočte na NO₂). Lokálne koncentrácie NO_x môžu silne kolísat'. Napríklad ranné hodnoty dosahované vo veľkých urbanistických celkoch môžu byť 25 – 500-krát väčšie ako koncentrácie v menej exponovaných oblastiach. Odstraňovanie oxidu dusičitého z atmosféry prebieha jeho oxidáciou a hydratáciou až po kyselinu dusičnú. Kyselina dusičná v znečistenej atmosfére môže ďalej reagovať za tvorby nitrátov, ktoré sa v konečnej fáze vymývajú dažďom. Z hľadiska znečistenia ovzdušia má najväčší význam fotolýza NO₂, ktorá môže iniciovať vznik fotochemického smogu.

Amoniak

Najväčšie množstvá amoniaku sa dostávajú do ovzdušia pri biologickom rozklade organickej hmoty. K antropogénnym zdrojom patrí hlavne výroba priemyselných hnojív a močoviny a priemyselné odpady. Plynný amoniak reaguje v atmosfére s kyselinou sírovou, resp. kyselinou dusičnou za vzniku dusičnanov alebo síranov. V konečnom štádiu samočistiace procesy prebiehajúce v atmosfére (sedimentácia, vymývanie dažďovými kvapkami), umožňujú odstránenie vzniknutých solí z ovzdušia. Prevažná časť, ktorá sa pri dažďových zrážkach dostáva späť na zem, dopadá na severnú pologuľu medzi 30-55° severnej zemepisnej šírky.

Látky znečisťujúce ovzdušie – **zlúčeniny uhlíka**

- Prevažná časť plyných zlúčenín uhlíka sa dostáva do ovzdušia z prírodných zdrojov ako dôsledok biologických procesov, lesných požiarov a pod. Určitý podiel vzniká priamo v atmosfére pri reakciách primárnych emisií. K antropogénnym zdrojom emisií zlúčenín uhlíka významne prispieva priemysel a doprava. Koncentrujú sa predovšetkým v ovzduší mestských aglomerácií.
- Uhlík v atmosfére sa vyskytuje prevažne vo forme oxidu uhličitého, oxidu uhoľnatého a početných organických zlúčenín (najmä uhľovodíkov). V tuhej alebo kvapalnej fáze sa vyskytuje aj vo forme uhličitanov a v elementárnej forme ako súčasť sadzí.

Oxid uhoľnatý

- Oxid uhoľnatý je bezfarebný plyn, bez zápachu, ľahší ako vzduch. Je veľmi toxický. Pri vdychovaní sa pohlcuje v pľúcach. Viaže sa na krvné farbivo – hemoglobín asi 300-krát pevnejšie ako kyslík. Preto pôsobí už v malých koncentráciách brzdením až zastavením oxidačných procesov v organizme. Z prírodných zdrojov na zemskom povrchu prispieva k obsahu CO v ovzduší vulkanická činnosť, lesné požiare, bakteriálna činnosť v oceánoch a v pôde, búrky. Hlavným zdrojom ľudskej činnosti je spaľovanie fosílnych palív, výfukové plyny automobilov a lietadiel, spaľovanie odpadov a pri rôznych priemyselných procesoch. Vo voľnom ovzduší sa CO postupne zoxiduje na oxid uhličitý.

Látky znečisťujúce ovzdušia – zlúčeniny uhlíka

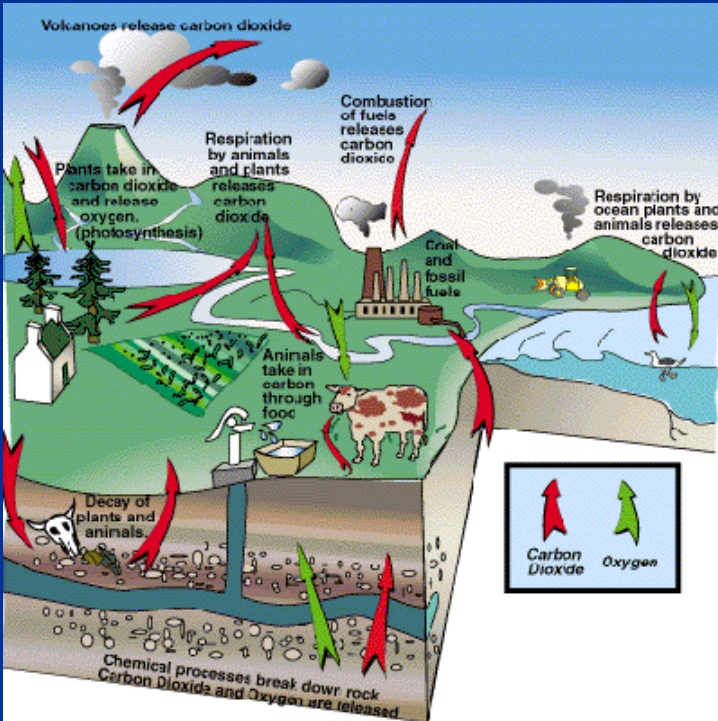
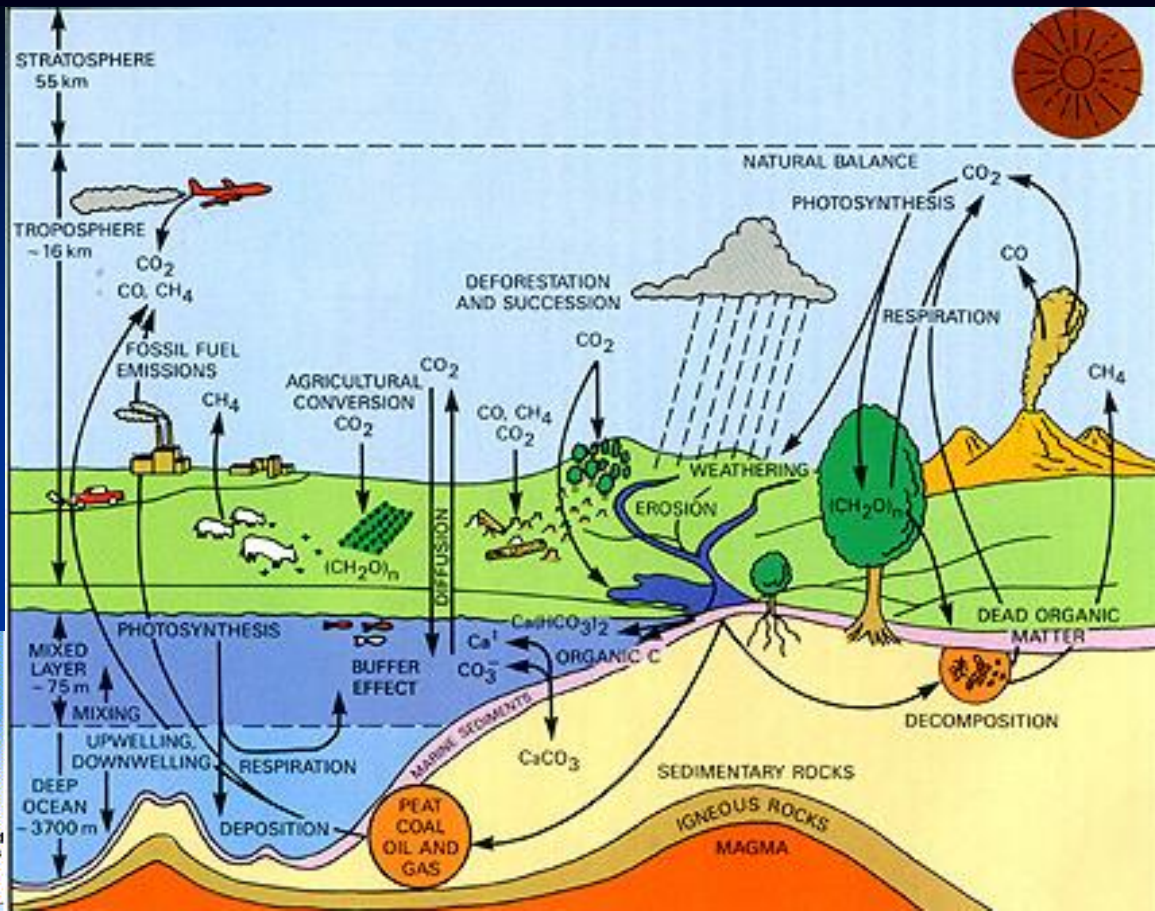
Oxid uhličitý

- Oxid uhličitý je bezfarebný, netoxický plyn. Patrí medzi najdôležitejšie atmosferické plyny. Je štvrtou stabilnou zložkou atmosféry, zastúpenou 0,03 obj. %. Oxid uhličitý je základná zložka živočíšneho a rastlinného cyklu. Jeho výmena medzi biosférou a atmosférou prebieha kontinuálne. CO_2 respirovaný živočíchmi a rastlinami sa dostáva do atmosféry, z ktorej sa cyklicky vracia späť do biosféry pri fotosyntéznych procesoch.
- Denná koncentrácia CO_2 v ovzduší kolíše a maximálne hodnoty dosahuje v noci. Mení sa aj počas roka, keď sa uplatňujú také faktory, ako vegetačné obdobie, rozklad organických látok v pôde ovplyvnený ročným obdobím a pod.
- Oxid uhličitý emitujú vulkány, minerálne pramene i gejzíry. Prírodnou činnosťou sa ročne produkuje asi $7,2 \cdot 10^{10}$ t CO_2 . Antropogénne zdroje, ku ktorým patria predovšetkým spaľovacie procesy a doprava, produkujú ročne $1,4 \cdot 10^{10}$ t CO_2 .
- V neporušenom prírodnom prostredí sa medzi množstvom CO_2 vznikajúcim pri dýchaní živočíchov a pri hnilobnom procese rastlín, a medzi množstvom CO_2 spotrebovanom vo fotosyntéze, zachováva prísna rovnováha. Túto rovnováhu človek svojou priemyselnou i domácou činnosťou narúša, v dôsledku čoho sa koncentrácia CO_2 v ovzduší pomaly zväčšuje. V súčasnosti sa ročne zvyšuje množstvo oxidu uhličitého o 0,2 %. Klimatické dôsledky zvýšenia obsahu CO_2 , najmä v najvyšších vrstvách dnes nevieme predpovedať.

Cyklus uhlíka

- Jadrom uhlíkového cyklu v prírode je premena anorganického uhlíka (oxid uhličitý) na živú hmotu a spätný tok uhlíka do atmosféry po rozklade organických zlúčenín na oxid uhličitý. Cirkulácia uhlíka prebieha v dvoch samostatných cykloch na súši a v oceánoch, dynamicky spojených cez atmosféru.
- Uhlíkový cyklus v moriach spočíva v asimilácii oxidu uhličitého rozpusteného v morskej vode fytoplanktónom za uvoľnenia kyslíka. Zooplanktón a ryby používajú tento kyslík na respiráciu. Pri rozklade organickej hmoty sa dopĺňa oxid uhličitý spotrebovaný fytoplanktónom. Na zemi sa výmena oxidu uhličitého s atmosférou uskutočňuje respiráciou, fotosyntézou a pri spaľovaní fosílnych palív.

Cyklus CO₂



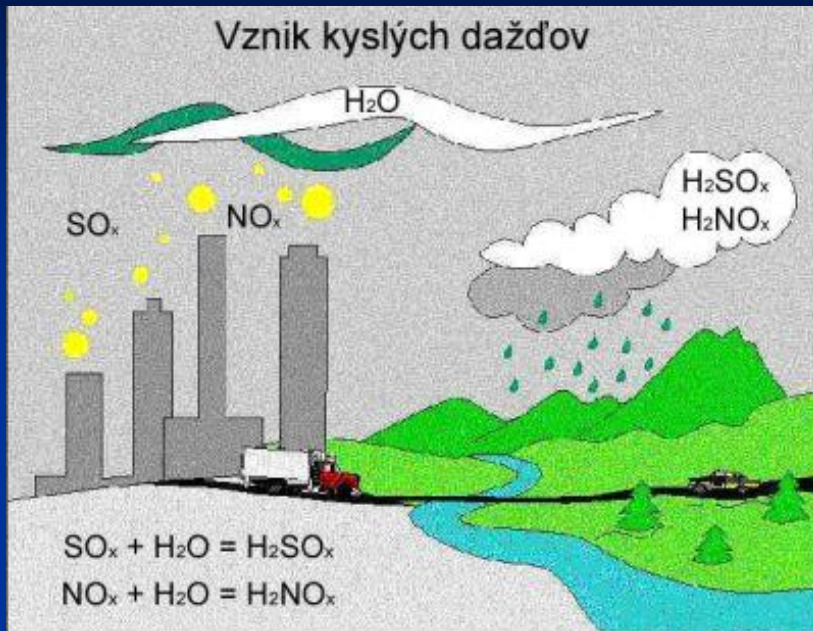
Látky znečisťujúce ovzdušie – uhl'ovodíky

- Z aspektu znečistenia ovzdušia má najväčší význam spaľovanie uhl'ovodíkov. V závislosti od podmienok procesu spaľovania zastúpenie konečných produktov môže byť výrazne rozdielne. Keď sa uhl'ovodíky dostávajú do ovzdušia, reagujú s ďalšími zložkami znečistenej atmosféry alebo podliehajú fotooxidácii, resp. fotolýze. K najzávažnejším patria tie, pri ktorých sa tvorí fotooxidačný smog.
- Ročný odhad globálnych emisií uhl'ovodíkov je $1,69 \cdot 10^9$ t. Najväčší podiel na tomto množstve má metán pochádzajúci z prírodných zdrojov. Spolu s antropogénnymi zdrojmi je ročná produkcia metánu väčšia ako $1,45 \cdot 10^9$ t. Druhú najväčšiu skupinu po metáne reprezentujú terpény, ktorých ročné emisie z prírodných zdrojov sa odhadujú na $1,54 \cdot 10^9$ t.rok⁻¹.
- Z ľudskej činnosti pochádza menej ako 5 % z celkového množstva, z toho spaľovanie benzínu prispieva 38,5 %, spaľovne 28,3 %, odparovanie rozpúšťadiel 11,3 %, odparovanie ropy a straty v doprave 8,8 %, odpady z rafinérii 7,1 %. Zvyšok sú ostatné zdroje.
- Najvyššie koncentrácie uhl'ovodíkov sa namerali vo veľkých urbanistických celkoch so značne hustou dopravou. Tu sa v ovzduší identifikovala celá škála uhl'ovodíkov zahrňajúca alkány, alkény, alkíny, aromatické uhl'ovodíky, alkoholy, aldehydy, ketóny atď. Z aromatických uhl'ovodíkov bol najviac zastúpený toluén, za ním nasledoval benzén a xylén, z alkínov dominoval acetylén.

Látky znečisťujúce ovzdušie – zlúčeniny síry

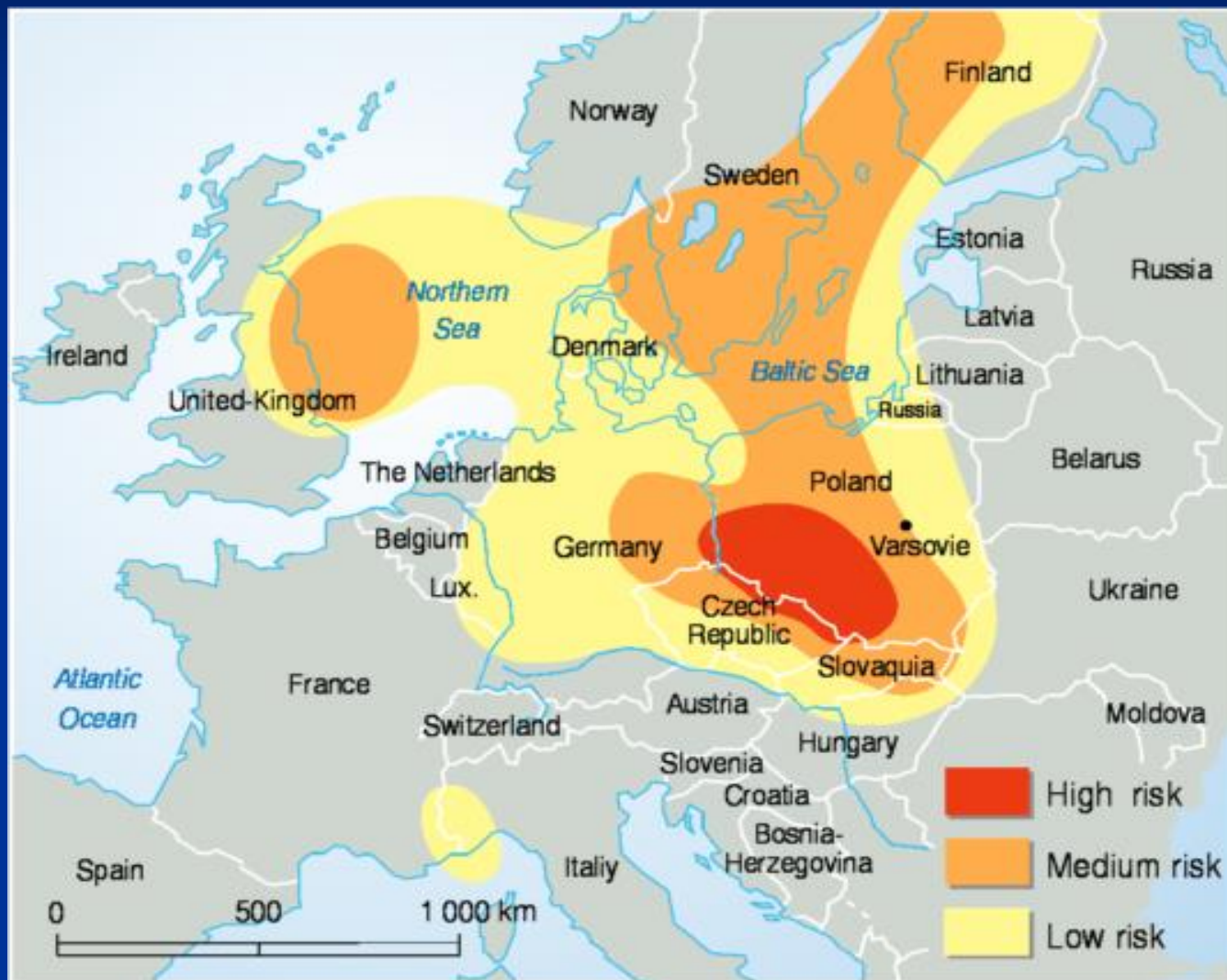
- K emisiám zahrnutým do skupiny zlúčenín síry patria oxid siričitý, oxid sírový, kyselina sírová, sulfán, sírouhlík a rôzne organické zlúčeniny síry.
- Prevažná časť emisií zlúčenín síry sa z ľudských zdrojov dostáva do atmosféry severnej pologule.
- Zlúčeniny síry sa dostávajú do ovzdušia predovšetkým z energetických zdrojov spaľujúcich fosílnu palivá, ktoré obsahujú síru, ale aj z iných priemyselných odvetví (napr. zo závodov na výrobu kyseliny sírovej, z hutníckych kombinátov, z rafinérie ropy). Počas spaľovania sa väčšia časť síry zoxiduje na oxid siričitý a sírový. Časť oxidov síry sa viaže na popolček. V prípade nedokonalého spaľovania sa vytvára aj sulfán. Zlúčeniny síry sa dostávajú do ovzdušia vo forme plynu alebo tuhých častíc.
- V ovzduší vzniká kyselina sírová

Kyslé dažde



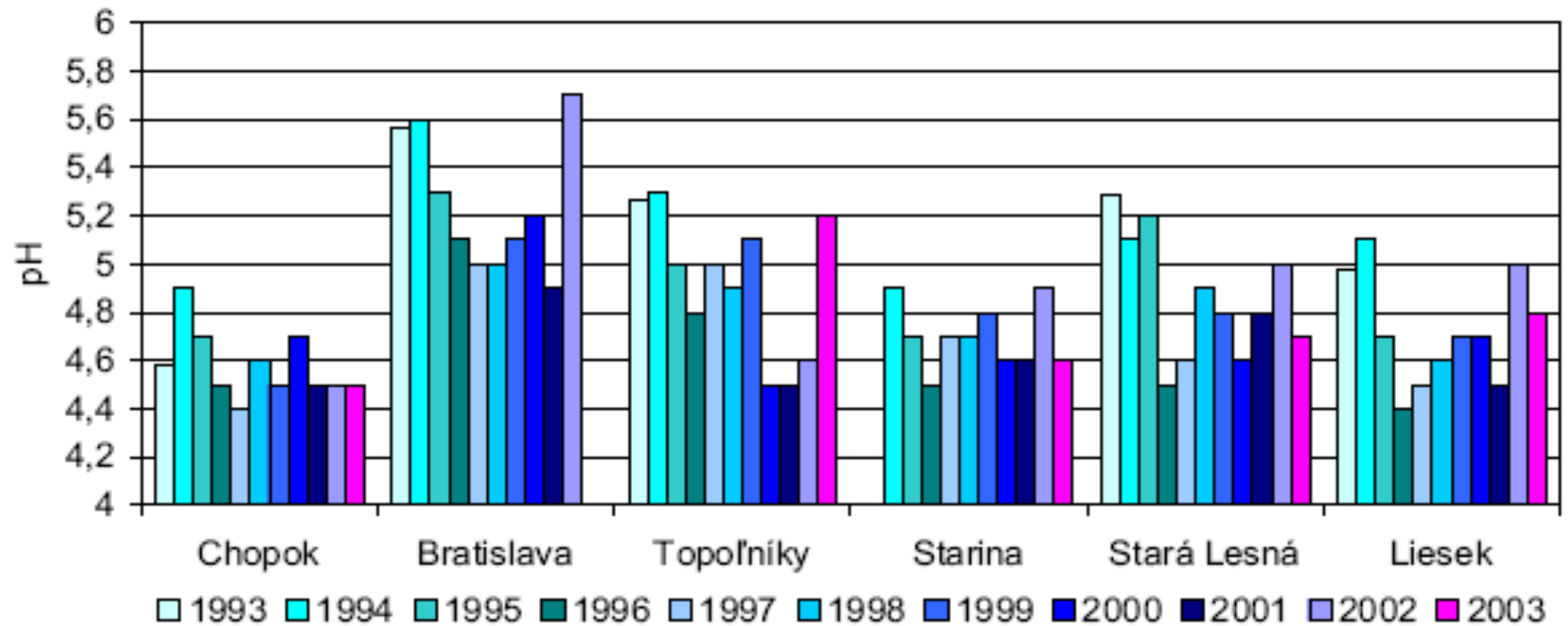
Desaťročia zvýšeného prísunu kyselín spôsobili zvýšenú environmentálnu záťaž vysokohorských lesov a vodných organizmov v citlivých ekosystémoch. V niektorých prípadoch sa zmenili celé biologické spoločenstvá a z niektorých jazier a tokov vymizli niektoré druhy rýb. V mnohých iných prípadoch prebehli menej nápadné zmeny, ktoré viedli k zníženiu rozmanitosti druhov v ekosystéme. Toto platí obzvlášť pre severovýchod USA, kde bývajú najkyslejšie dažde a pôda má často menšiu schopnosť neutralizovať kyslosť. Kyslý dažď ničí tiež niektoré stavebné materiály a historické pamiatky.

Riziko kyslých dažďov



Kyslost' zrážok

Acidity of Precipitation



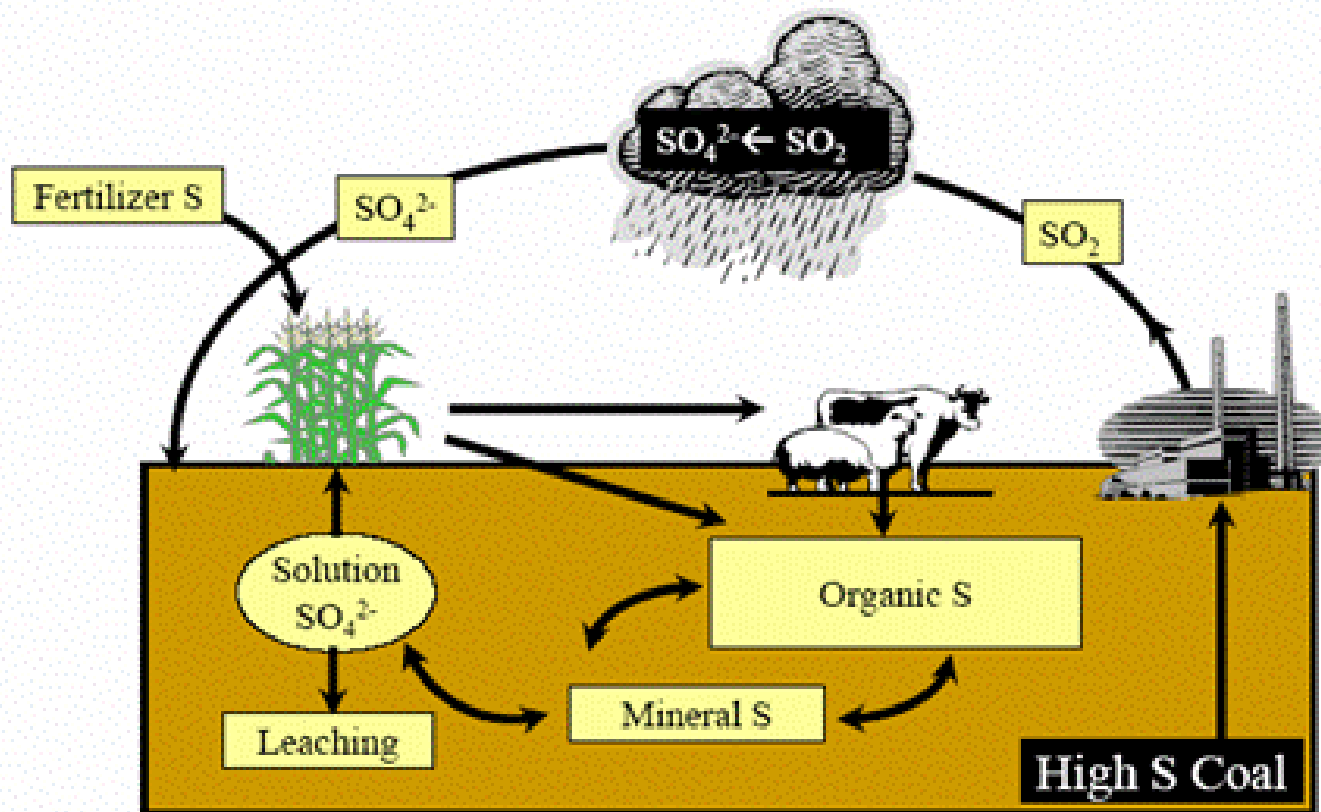
Source: Slovak Hydrometeorological Institute

Cyklus síry

- Síra má tak ako všetky základné biogénne prvky v systéme tvorenom hydrosférou, litosférou, atmosférou a biosférou uzavretý cyklus. Síra recykluje z morí a oceánov cez atmosféru späť na zem. Do atmosféry sa dostáva z troch hlavných zdrojov:
- **Biologický rozklad síranov** prebiehajúci jednak na zemskom povrchu, jednak v ústí riek a plytčinách morí a oceánov. Pri tomto procese niektoré organizmy uvoľňujú H_2S , ktorý uniká do ovzdušia. Vo vzduchu sa H_2S veľmi rýchlo oxiduje na SO_3 a v prítomnosti atmosférickej vody vzniká H_2SO_4 . Kyselina sírová ďalej reaguje s komponentmi znečistenej atmosféry za vzniku síranov. Nakoniec tuhé častičky síranov padajú späť na zem vplyvom gravitácie, alebo ich vymývajú zrážky.
- **Aerosól vznikajúci pri rozprašovaní morskej vody.** V ovzduší pri odparovaní vody sa z jemných kvapôčok tvoria častice, ktoré padajú na zem a späť do oceánov.
- **Antropogénny zdroj.** V tomto prípade sa dostáva do ovzdušia predovšetkým oxid siričitý. Späť na zemský povrch padá prevažne v podobe síranov, resp. H_2SO_4 . Odhaduje sa, že asi 1/3 síranov dopadajúcich na zemský povrch pochádza z antropogénnych činností.

Cyklus síry

Sulfur Cycle



Ďalšie látky znečisťujúce ovzdušie

- **Zlúčeniny fluóru** sú do atmosféry emitované v rôznych skupenstvách z niektorých priemyselných výrobných zariadení, pri spaľovaní uhlia, časť sa dostáva do ovzdušia z prírodných zdrojov (vulkanická činnosť).
- **Arzén** je jedným z toxických prvkov, ktorý je v niektorých oblastiach nebezpečnou vzdušnou škodlivinou. Arzén a jeho zlúčeniny sa dostávajú do ovzdušia pri tepelnom spracovaní sulfidových rúd a pri nedokonalom zachytávaní exhalátov. Značné množstvo arzénu sa dostáva do ovzdušia pri spaľovaní uhlia s vysokým obsahom arzénu. U nás sa veľké množstvo arzénu zistilo v okolí tepelnej elektrárne v Novákoch. Do ovzdušia sa dostávajú zlúčeniny arzénu aj pri použití pesticídov na podklade arzénu, čím sa môžu dostať cez potravný reťazec aj do organizmu človeka.
- **Olovo** sa dostáva do ovzdušia predovšetkým z výfukových plynov benzínových motorov. V meste strednej veľkosti sa dostáva do ovzdušia ročne 10 ton olova len z výfukových plynov z motorových vozidiel. Ďalším zdrojom olova, ktorý uvoľňuje olovo do ovzdušia, sú huty vyrábajúce čisté olovo. Okrem ovzdušia znečisťujú huty na výrobu olova i pôdu a vodu, pretože väčšie častice sedimentujú v blízkom okolí závodu. Olovo narušuje vnútrobunkovú látkovú premenu, syntézu bielkovín a ďalšie funkcie. Osobitne citlivé sú na olovo deti. U nich sú následky otráv najväznejšie.

Ďalšie látky znečisťujúce ovzdušie

- **Ortuť** je jedna z najznámejších vzdušných škodlivín. Na rozdiel od ostatných prvkov, je prítomná v ovzduší ako vo fáze tuhej, tak aj ako plyn. V prízemnej vrstve ovzdušia existuje prevažne v plynnej forme (elementárna ortuť) popri ďalších formách v tuhej fáze.
- **Berýliu** sa venuje pozornosť ako významnej škodlivine v pracovnom prostredí. Do voľnej atmosféry sa dostáva najmä pri spaľovaní uhlia, nachádzame ho vo zvýšenej koncentrácii v okolí metalurgických závodov, prípadne jadrove energetických zariadení.
- **Kadmium** je jedna z nebezpečných vzdušných škodlivín. Do ovzdušia sa dostáva z baní, metalurgie, chemického priemyslu, z úpravy kovov.
- **Meď** je jedným z prvkov, ktorého pôvod v atmosfére je výrazne antropogénny.
- Všeobecne sa častice tuhých a kvapalných látok v ovzduší označujú ako **aerosóly**. Podľa spôsobu vzniku ich rozdeľujeme na disperzné (vytvorené mletím alebo rozprášením tuhých látok a kvapalín) a kondenzačné (vzniknuté alebo kondenzáciou prešýtených pár, alebo vytvorením neprchavých látok pri vzájomných reakciách plynov a pár). Často vznikajú zmiešané aerosóly, vytvorené tak rozprášením, ako aj vyparením (napr. spaliny dieselových motorov, prachy a dymy vzniknuté pri elektrickom zvaraní). Kvapalné aerosóly sa nazývajú hmly, tuhé disperzné aerosóly prachy a tuhé kondenzačné aerosóly dymy.
- Škála prírodných zdrojov aerosólov je veľmi pestrá. Dostávajú sa do ovzdušia pri vulkanickej činnosti, môže ich do atmosféry zanášať vietor zo zemského povrchu, vznikajú pri lesných požiaroch, pri rozprašovaní morskej vody a konečne, môžu prichádzať z medziplanetárneho priestoru v podobe dažďa meteoritov. Do skupiny častíc pochádzajúcich z prírodných zdrojov sa počítajú tiež mikroorganizmy, výtrusy a peľ.
- Z antropogénnych zdrojov sú hlavnými prispievateľmi k emisiám aerosólov doprava a komunálne zdroje, potom nasleduje energetika a priemysel.

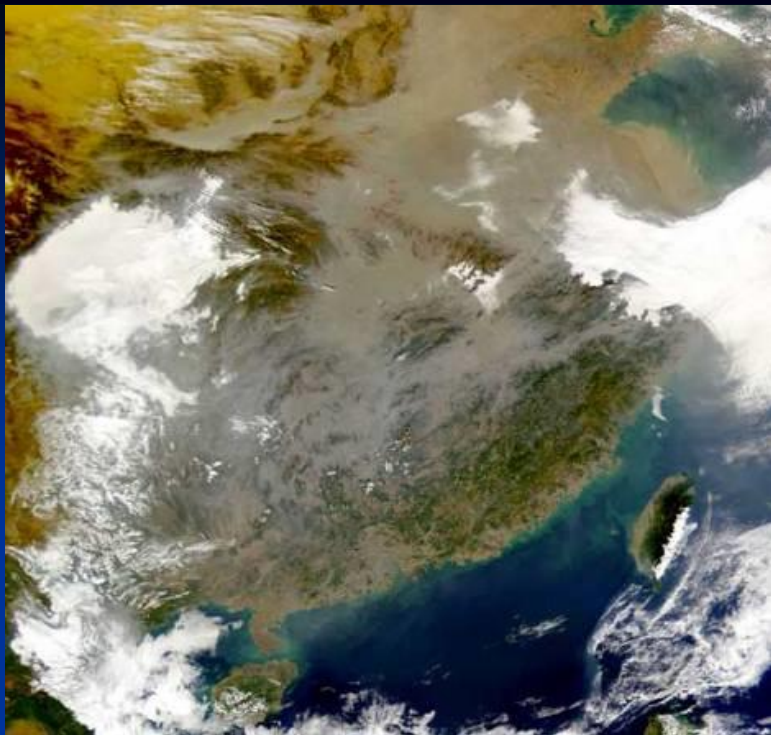
Rozptyl znečisťujúcich látok po úniku zo zdroja

Znečisťujúce látky po úniku zo zdroja nezostávajú v ovzduší bez zmeny. Prebiehajú fyzikálne (pohyb a šírenie v priestore, turbulentná difúzia, zmeny koncentrácie riedením a iné) a chemické zmeny.

Ovzdušie má rovnako ako voda a pôda samočistiacu schopnosť. Samočistiace procesy závisia od troch základných faktorov, a to od:

- konfigurácie krajiny,
- meteorologických podmienok,
- fyzikálno-chemických vlastností škodlivín.

Vďaka týmto činiteľom má ovzdušie schopnosť regenerovať sa, ale iba do určitej miery. Najintenzívnejšou zložkou samočistiacich procesov sú zrážky. Pri nich sa ovzdušie veľmi rýchlo zbavuje takmer všetkých druhov škodlivín.



Znečistený vzduch nad Čínou



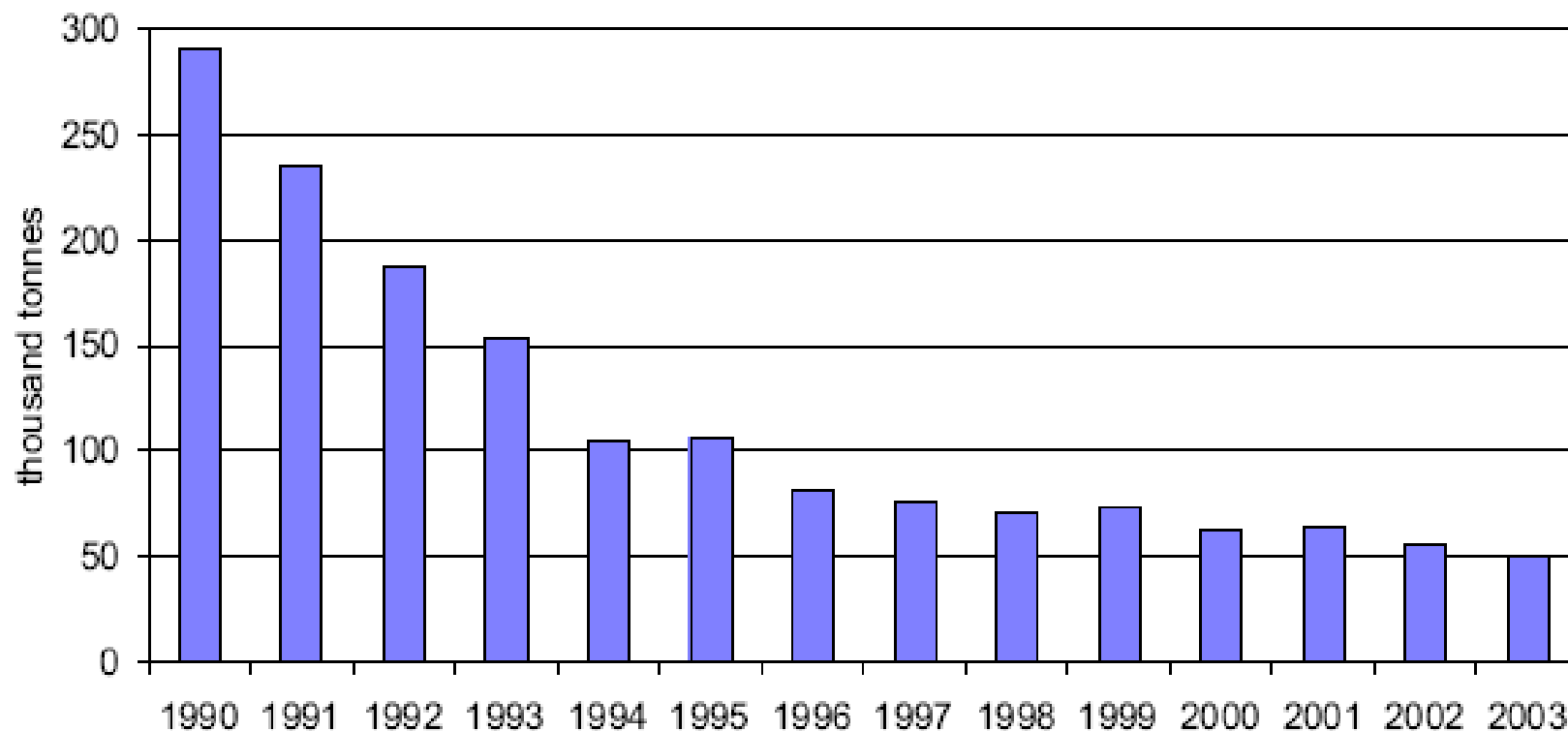
[Click to view larger printer friendly version of cartoon](#)

LA



Emisie tuhých částic v SR

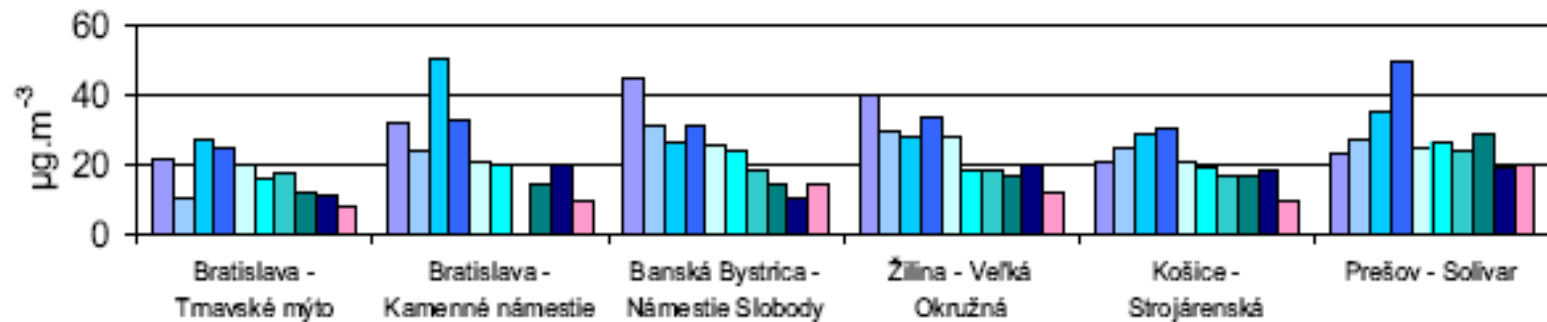
Emissions of Particulate Matter



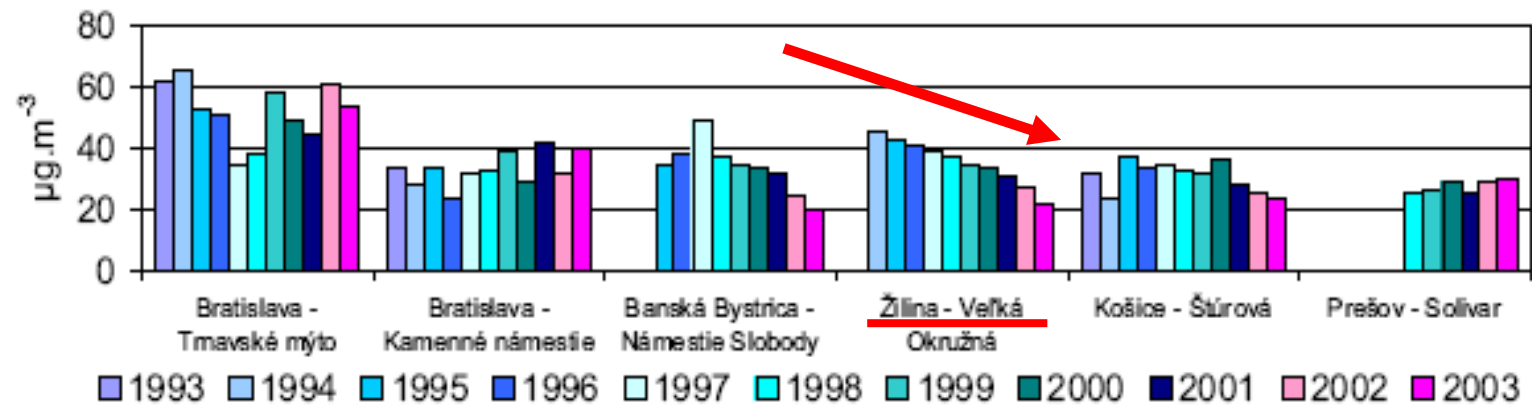
Kvalita vzduchu v mestách

Air Quality in Cities (Average Annual SO₂ and NO₂ Concentrations)

SO₂

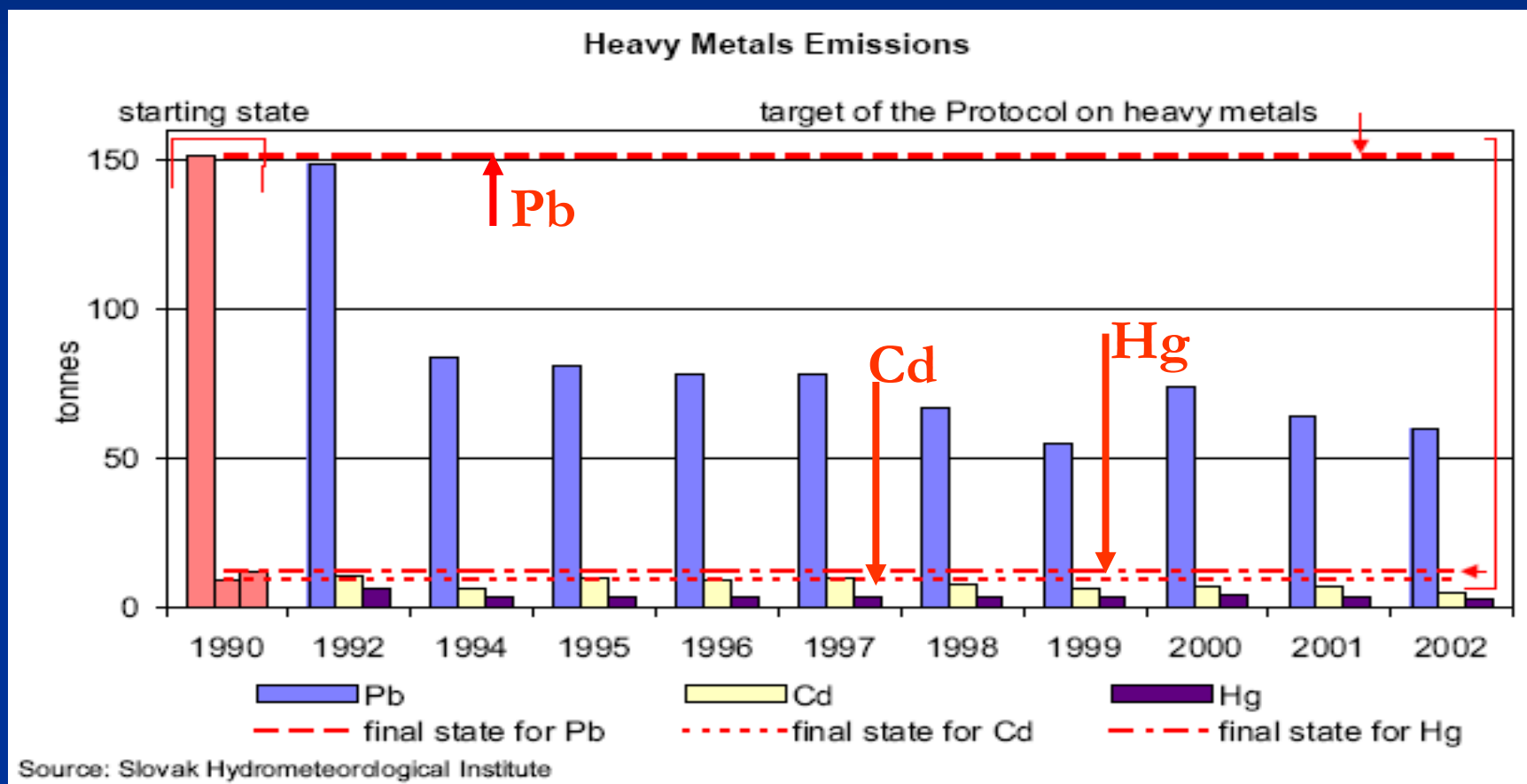


NO₂

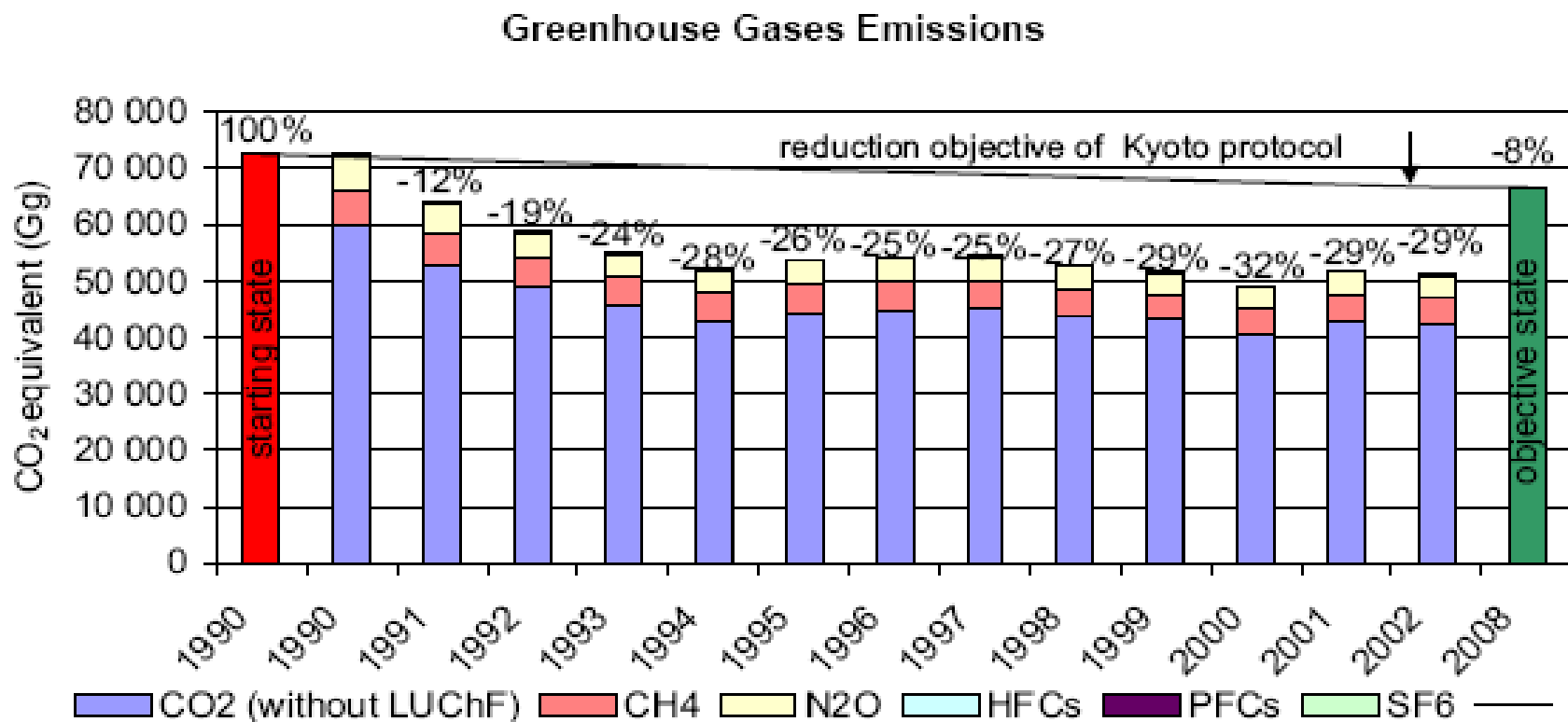


Source: Slovak Hydrometeorological Institute

Emisie ťažkých kovov



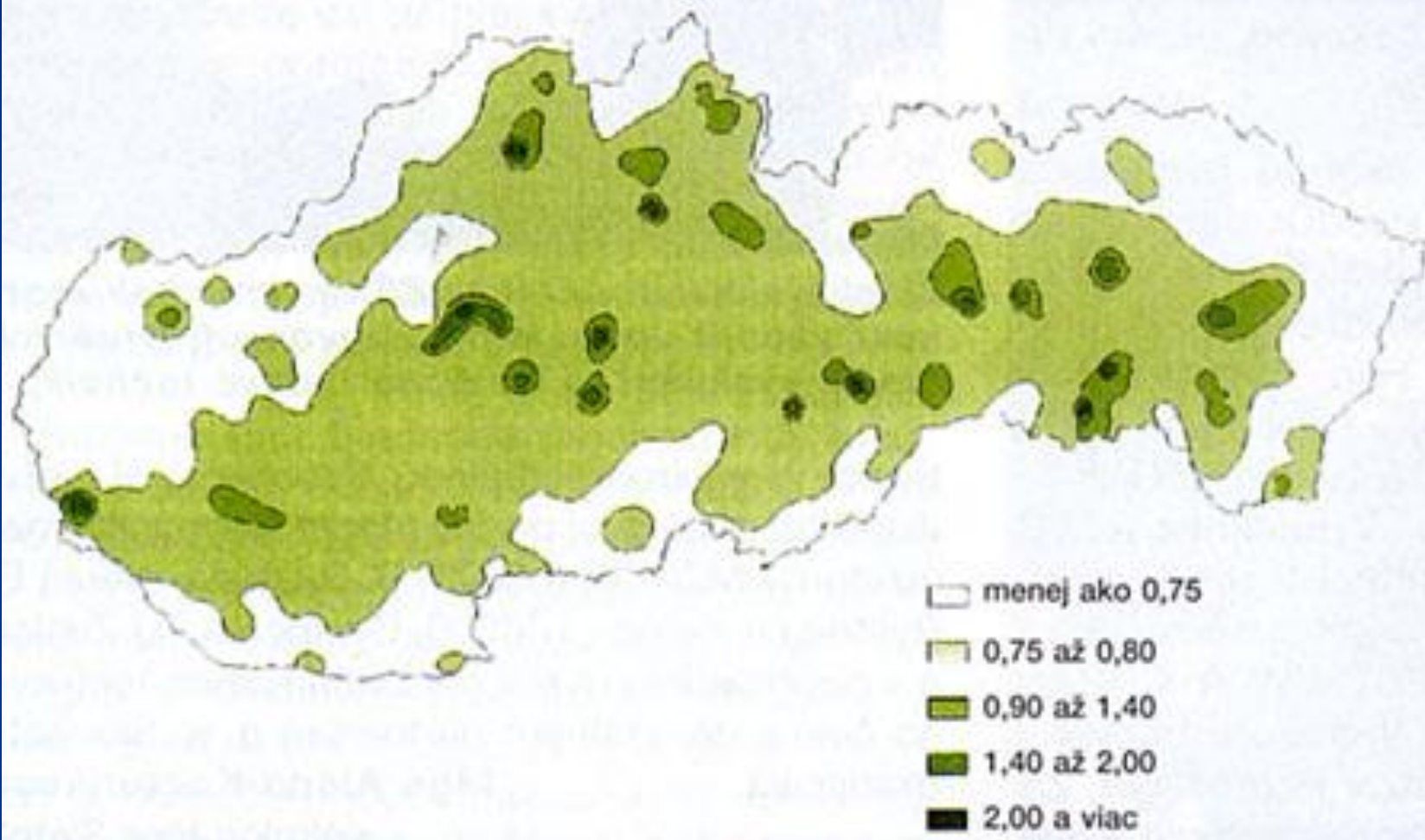
Emisie skleníkových plynov



Source: Slovak Hydrometeorological Institute

Index znečistenia v SR

1. Analýza indexu znečistenia ovzdušia



Kjótsky protokol

- Kjótsky protokol je doplnok Rámcového dohovoru OSN o zmenách klímy (en: United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC), je to medzinárodná dohoda vyjednaná v súvislosti s globálnym otepľovaním. Krajiny, ktoré podpísali tento protokol sa zaviazali znížiť ich emisie oxidu uhličitého a 5 ďalších skleníkových plynov, alebo sa zaviazali v obchode s emisiami ak udržiavajú alebo zvyšujú emisie ich plynov.
- Niektoré súčasné odhady naznačujú, že aj keby bol Kjótsky protokol úspešne a celkovo splnený, redukcie emisií by zredukovali zvýšenie globálnej priemernej teploty v rozpätí približne medzi 0,02 °C a 0,28 °C do roku 2050 (zdroj: Nature, október 2003), v porovnaní s predpokladaným zvýšením teploty v rozpätí medzi 1,4 °C a 5,8 °C od roku 1990 do roku 2100 predpovedaným IPCC. Mnohé kritiky a otázky environmentalistov hovoria, že požadované hodnoty Kjótskeho protokolu nedokážu výraznejšie znížiť emisie v budúcnosti. Zástancovia však uvádzajú, že Kjótsky protokol je prvým krokom, po naplnení ktorého UNFCCC vytýči ďalšie ciele.
- Európska únia produkuje okolo 21 % globálnych skleníkových emisií, a zaviazala sa ich v priemere znížiť o 8 % oproti hodnotám emisií z roku 1990. Európska únia bola sústavne jedným z najhlavnejších podporovateľov Kjótskeho protokolu, tvrdo vyjednávajúc s ostatnými stranami. V decembri 2002 vytvorila EÚ v úsilí dosiahnuť vysoké ciele systém obchodu s emisiami. Kvóty boli zavedené do šiestich kľúčových odvetví priemyslu: energetického priemyslu, výroby ocele, cementu, skla, tehál a papiera. Sú tiež stanovené pokuty pre členské štáty, ktoré nedosiahnu svoje záväzky, začínajúc pri €40/ton CO₂ v roku 2005, až po €100/ton v roku 2008.

Stav prijatia Kjótskeho protokolu (2009):



Stav prijatia Kjótskeho protokolu (2009):
krajiny, ktoré
podpísali a ratifikovali (zelené)
podpísali, čaká sa na ratifikáciu (žlté)
podpísali, zamietli ratifikáciu (červené)
nezaujali stanovisko (šedé)

e-zdroje pre prednášku

- <http://www.fpv.umb.sk/~vzdchem/KEGA/TUR/VZDUCH/Vzduch01.htm>