

## VYBRANÉ GLOBÁLNE PROBLÉMY ZEME A MOŽNOSTI ICH RIEŠENIA

### SELECTED GLOBAL PROBLEMS OF THE EARTH AND THEIR POSSIBLE SOLUTIONS

Milan PIATRIK

#### Abstrakt

*Autor sa v príspevku zaoberá aktuálnymi globálnymi problémami Zeme so zameraním na aktuálne problémy, ktoré sa bezprostredne dotýkajú aj pomerov na Slovensku: otepľovaním atmosféry a následnými klimatickými zmenami a porušovaním ozonosféry v dôsledku nadmerného znečisťovania atmosféry.*

**Kľúčové slová:** globálne problémy Zeme, otepľovanie atmosféry, klimatické zmeny, skleníkový efekt, ozonosféra, freóny, halóny

#### Abstract

*The author in this paper deal with the current global problems of the Earth, focusing on current issues that are of direct relevance to the situation in Slovakia, the warming of the atmosphere and the subsequent climate change and ozoneosphere violations due to excessive pollution of the atmosphere.*

**Key words:** global problems of the Earth, warming the atmosphere, climate change, greenhouse effect, ozoneosphere, CFCs, halons.

#### Úvod

Vzťahy medzi človekom a životným prostredím prechádzajú ostatnými desaťročiami kritickými obdobiami. Problematika využívania prírodných zdrojov a antropogénneho ovplyvnenia životného prostredia je spojená už so samotným vznikom života na Zemi. Z hľadiska vývoja ľudskej spoločnosti človek ovplyvňoval svoje okolie podľa svojich dlhodobých záujmov, prispôboval si prírodu a narúšal tak rovnováhu v nej. V prírodnom prostredí je človek jedným z jeho komponentov a konzumentov, ale súčasne so spoločenským a hospodárskym rozvojom v ňom hrá i negatívnu úlohu. S neobmedzeným hospodárskym rastom rastie i záťaž životného prostredia a čerpanie prírodných zdrojov, ktorých začína byť nedostatok. Prírodný svet rastlín a živočíchov sa mení súčasne so spoločenským, hospodárskym a priemyselným rozvojom. Zásahy človeka do prírody sa prejavili vážnymi zmenami v biologickej rovnováhe.

Človek prestal byť súčasťou prírodnej rovnováhy od chvíle, keď dosiahol určitý stupeň civilizácie. Proces civilizácie však súčasne viedol k rozrušovaniu prostredia a citelne ohrozuje podmienky života na Zemi. V mnohých prípadoch človek prekročil prírodné zákony a zmenil vzhľad zemského povrchu natoľko, že porušil harmóniu prírodného prostredia. Niektoré formy narúšania prírody pretrvávajú v intenzívnejšej forme dodnes. Prírodné zdroje - ovzdušie, voda, pôda a živá príroda sa intenzívnym spriemyselnovaním poškodzovali veľmi významne najmä v posledných storočiach. [4], [8] Antropogénna kontaminácia prostredia ťažkými kovmi, skleníkovými plynmi a ďalšími polutantmi má nepriaznivé účinky na ekosystémy a životné prostredie spoločnosti. [5]

Zdravé životné prostredie je základom zachovania ľudskej existencie a zdravého rozvoja spoločnosti, preto sa problematike životného prostredia venuje stále väčšia pozornosť v medzinárodnom meradle. Medzinárodná starostlivosť o životné prostredie nadobúda v niektorých otázkach priam univerzálny význam najmä v tých oblastiach, ktorých zachovanie a rozvoj je v záujme celého ľudstva. Medzi ne patrí ochrana atmosféry a hydrosféry, čerpanie nerastného bohatstva Zeme a pod. Ide tu o globálnu environmentálnu politiku, najmä o snahy dosiahnuť medzinárodné zmeny ľudských aktivít tak, aby sa účinne eliminovali niektoré kľúčové globálne problémy životného prostredia na prahu tretieho tisícročia. [7]

V poslednom období vystupuje do popredia uplatňovanie dobrovoľných proenvironmentálne orientovaných manažérskych prístupov v praxi. Ich vhodná aplikácia vytvára predpoklady na elimináciu nepriaznivých vplyvov najmä priemyselných aktivít na prostredie. [6]

#### Globálne klimatické zmeny

Zmeny v klimatickom systéme je potrebné vidieť v širšom kontexte antropogénnej činnosti spôsobujúcej veľké zmeny v chemickom zložení atmosféry (úbytok atmosférického ozónu, zmeny v chemickom zložení troposféry, narastanie koncentrácie skleníkových plynov a pod.). [2]

Dlhodobé pôsobenie človeka na ekosystémy a najmä jeho hospodárske aktivity pozmenili pôvodné zloženie životného prostredia a jeho zložiek. Dôsledkom sú globálne klimatické zmeny, pravdepodobne vyvolané aktivitami človeka, regionálne problémy, akými je napr. acidifikácia alebo znečistenie pôdy polutantmi, ako aj dôsledky hospodárskych aktivít

v poľnohospodárstve, lesníctve, doprave a komerčnom rybárstve.

Otepľovanie atmosféry v dôsledku skleníkového efektu vyplýva predovšetkým zo vzrastu obsahu oxidu uhličitého v atmosfére (ako aj ďalších skleníkových plynov: freónov, metánu, oxidu dusného). Nebezpečenstvo pre tepelnú bilanciu Zeme spočíva v uplatnení sa najmä týchto javov [7]. Problematické je tiež uplatňovanie environmentálne nevhodných technológií. [1], [9]

Oxid uhličitý spolu s ostatnými skleníkovými plynmi patrí k látkam, ktoré prepúšťajú jednotlivé zložky slnečného žiarenia, ale neprepúšťajú (absorbujú) dlhovlnnú infračervenú zložku žiarenia, ktoré emituje zemský povrch (energia s vlnovou dĺžkou od 0,4 do 14,7  $\mu\text{m}$ ). Podobný jav sa využíva v skleníkoch, preto sa tento jav označuje ako skleníkový efekt. Možno ho definovať ako zvýšenie teploty zemského povrchu vplyvom selektívnej absorpcie slnečných lúčov atmosférou. Účinok skleníkového efektu sa zvyšuje so vzrastajúcou koncentráciou skleníkových plynov, ktoré zadržiavajú teplo v atmosfére pri tepelnej výmene zemského povrchu s atmosférou. Zem obalená vrstvou atmosféry pôsobí ako skleník. Skleníkové plyny prítomné v zemskej atmosfére prepúšťajú krátkovlnné slnečné žiarenie na Zem, ale súčasne zachytávajú dlhovlnné vyžarovanie tepla zo zemského povrchu a vyžarujú ho späť k zemskému povrchu, čím sa zvyšuje teplota Zeme. Na tomto jave sa podieľajú oxid uhličitý (55 %), metán (15 %), oxid dusný (6 %), freóny a halógeny (17 %) a ostatné látky (7 %). [11], [12]

Vodná para, čistočky prachu a pod. absorbujú slnečnú energiu v závislosti od vlnovej dĺžky. Krátkovlnná časť slnečného spektra je absorbovaná len v malej miere, naproti tomu červené lúče viditeľnej časti spektra, a najmä neviditeľné dlhovlnné infračervené žiarenie (tzv. tepelné žiarenie), je absorbované významne. Krátkovlnná zložka slnečného žiarenia ohrieva zemský povrch, ktorý vysiela tepelné žiarenie späť do spodných vrstiev atmosféry. Atmosféra, obsahujúca vodné pary, najmä clona oblakov, oxid uhličitý a ďalšie skleníkové plyny toto tepelné žiarenie neprepustia do kozmického priestoru, ale podstatná časť sa atmosférou absorbuje a tým sa vracia späť na povrch Zeme.

Teplota zemského povrchu a spodných vrstiev ovzdušia je teda len z malej časti výsledkom priameho slnečného žiarenia; väčšina tepla pochádza z tepelného žiarenia vyžarovaného zemským povrchom. Preto sú spodné vrstvy troposféry teplejšie a teplota smerom od zemského povrchu klesá. Selektívna absorpcia zemskej atmosféry, t.j. skleníkový efekt, hrá v tepelnom režime zemského povrchu významnú úlohu. Bez skleníkového efektu v atmosfére by sa priemerná ročná teplota zemského povrchu znížila z terajších +15  $^{\circ}\text{C}$  na -19  $^{\circ}\text{C}$ ; bola by teda o 34  $^{\circ}\text{C}$  nižšia.

V súčasnosti sa rieši najmä globálny problém, ako sa prejaví vzrast obsahu oxidu uhličitého a ostatných skleníkových plynov na celkovej tepelnej bilancii Zeme. Uplatnením skleníkového efektu nastanú zmeny predovšetkým v teplote ovzdušia. Predpokladá sa, že stredná globálna teplota v porovnaní s obdobím prvej polovice minulého storočia bude v miernych pásmach okolo r. 2000 vyššia asi o 1,2  $^{\circ}\text{C}$  a roku 2025 o 2  $^{\circ}\text{C}$ . V polárnych oblastiach môže byť toto zvýšenie dokonca niekoľkonásobne vyššie.

Tieto zmeny v termodynamickom stave atmosféry sa prejaví predovšetkým zmenami zrážkového režimu a ovplyvnia existenciu ľadovcov na našej planéte. Keby sa v dôsledku zvýšenia teploty ovzdušia ľadovce roztopili, malo by to ďalekosiahle dôsledky pre život na Zemi. Ľadové polia zaberajú priemerne 23,74 milióna  $\text{km}^2$  plochy svetového oceána (6,6 %), pričom na severnej pologuli je to 12,65 miliónov  $\text{km}^2$ , teda viac ako polovica.

Ľadovce predstavujú obrovský prirodzený regulátor, vyrovnávajúci tepelné extrémny jednotlivých kontinentov prirodzenou výmenou tepla a chladu. Veď v ľadovcoch je viazaných približne 75 % svetových zásob nemineralizovanej (sladkej) vody. Atmosférické prúdenie by dostalo celkom iný charakter, ktorý by mal nepriaznivé následky na všetku ľudskú činnosť v dôsledku zmien podnebia a počasia. Roztopili by sa ľadovce v oblastiach okolo pólův, v Severnom ľadovom oceáne, pevninské ľadovce v Grónsku, Antarktíde a inde.

Roztopením všetkých existujúcich ľadovcov by sa hladina svetového oceána zvýšila asi o 60 m, čo by znamenalo zaplavenie obrovských prímorských oblastí s mnohomiliónovými mestskými aglomeráciami (napr. atlantické pobrežie USA, Veľkej Británie) a stratu miliónov hektárov úrodnej pôdy. Odľahčením Grónska a Antarktídy a zatopením okrajov pevnín by sa narušila tektonická rovnováha našej Zeme. Ústup ľadovca zo škandinávskych krajín spôsobil v minulosti zdvihnutie pevniny o 250 m. V názoroch, o akú hodnotu by sa musela zvýšiť stredná globálna teplota, aby sa roztopili všetky ľadovce, nie je jednotna. Podľa niektorých prognostických výpočtov by išlo o zvýšenie o 2  $^{\circ}\text{C}$ , podľa iných o dvojnásobok tejto hodnoty.

Obavy z možných klimatických zmien následkom skleníkového efektu nie sú len z vysokých teplôt, ale i z následných efektov. Ide napr. o zvýšenie množstva zrážok, ktoré však nebude rovnomerne rozložený. Mnohé modely predpovedajú zintenzívnenie tropických cyklónov a búrkovej činnosti, čo sa v ostatných rokoch potvrdzuje ich častejším a intenzívnejším priebehom napr. na Americkom kontinente. Globálny skleníkový efekt ovplyvní aj zásoby pitnej vody a potravín, prirodzené a umelé ekosystémy. Dá sa predpokladať, že vplyvom oteplenia dôjde k posunu vegetačných stupňov. Oteplenie o 1  $^{\circ}\text{C}$  by spôsobilo výraznú zmenu, na ktorú nie sú schopné rastlinné spoločenstvá sa adaptovať. Odborníci predpokladajú, že na každý 1  $^{\circ}\text{C}$  by došlo k posunutiu potenciálneho areálu drevín na sever o 100 – 150 km.

### Skleníkové plyny a klimatické zmeny

Z celkového množstva uhlíka na Zemi pripadá na oxid uhličitý necelé percento, zvyšok pripadá na uhličitany. Oxid uhličitý vznikajúci pri oxidácii uhľkatých látok sa fyzikálne rozpúšťa v oceánoch a rastliny ho spotrebúvajú pri fotosyntéze. Týmto procesmi sa tisícročia udržiava konštantná koncentrácia oxidu uhličitého v ovzduší.

Veľmi intenzívny zásah do tejto po tisícročia trvajúcej rovnováhy znamenal prudký rozvoj priemyselnej výroby na celom svete, začatý po prvej svetovej vojne. Výsledkom tohto v histórii ľudstva ojedinelého vývoja je stav, keď sa do atmosféry každoročne dostáva asi 10 miliárd ton oxidu uhličitého ako produkt spaľovania palív. Ďalšie 2 miliardy ton sa dostávajú do atmosféry pre kľúčovanie lesov a orbu, ktoré urýchľujú oxidáciu humusu.

Spaľovaním sa za celú históriu ľudstva spotrebovalo množstvo kyslíka, zodpovedajúce dvom stotinám percenta z celkového množstva kyslíka na Zemi. Pritom asi 90 % tohto množstva sa spotrebovalo za polstoročie v období rokov 1920 až 1970. Toľko kyslíka sa spotrebovalo predtým za milión rokov. Na spálenie všetkých zásob fosílného paliva existujúceho na Zemi by bolo potrebné asi 10 % z celkového množstva atmosférického kyslíka.

Obsah oxidu uhličitého v ovzduší rastie aj vďaka znižovaniu rozlohy lesov ako jeho hlavných spotrebiteľov. Nepomer medzi obsahom kyslíka a oxidu uhličitého v atmosfére sa zväčšuje práve vyrubovaním lesov ako najvýznamnejších producentov kyslíka na súši. Znečisťovanie povrchu morí ropou a ropnými látkami ničí zasa najvýznamnejší zdroj kyslíka na Zemi – morský rastlinný planktón.

Za uvedené polstoročie sa zvýšilo množstvo oxidu uhličitého v atmosfére o 10 - 12 %. V súčasnosti produkuje ľudstvo spaľovaním fosílnych palív ročne asi  $1,4 \cdot 10^{10}$  ton oxidu uhličitého. V porovnaní s predindustriálnou dobou sa obsah oxidu uhličitého v ovzduší približne zdvojnásobil. Prognóza na ďalšie dve storočia predpokladá udržanie tejto tendencie, pričom obsah oxidu uhličitého v atmosfére sa zvýši na 5 až 10-krát vyššiu hodnotu. Až po tomto období sa predpokladá postupný pokles. Podobne aj množstvo metánu sa v atmosfére od predindustriálneho obdobia zdvojnásobil. Aj koncentrácia oxidu dusného významne vzrástla za posledných 250 rokov a ročne sa jeho koncentrácie v atmosfére zvyšuje o 33 %, najmä v dôsledku používania dusíkatých hnojív. Koncentrácie freónov sú extrémne malé, ale predstavujú veľmi silné skleníkové plyny. Ročne sa ich koncentrácia v atmosfére zvyšovala o 4 %.

Narastanie koncentrácie  $\text{CO}_2$  a zvyšovanie globálnej teploty vzduchu poukazuje na ich úzky vzťah. Atmosférické koncentrácie  $\text{CO}_2$  sa zvýšili za dve storočia asi o 25 % a v súčasnosti sa jeho koncentrácia ročne zvyšuje o 0,5 %. Antropogénny oxid uhličitý sa uvoľňuje do ovzdušia pri spracovávaní látok obsahujúcich uhlík v rôznych technológiách. Hlavným zdrojom emisie  $\text{CO}_2$  je spaľovanie palív. Ďalším významným zdrojom sú technológie, v ktorých dochádza k rozkladu uhličitanov (cementárne, vápenky a pod.) alebo cukrov (kvasné procesy potravinárskeho priemyslu).

Množstvo metánu sa v atmosfére od predindustriálneho obdobia zdvojnásobil. Metán vzniká anaeróbnym rozkladom organických látok z ryžových pólí i v žalúdkoch hovädzieho dobytku a oviec. Oxid dusný vzrástol za posledných 250 rokov a ročne sa jeho koncentrácie v atmosfére zvyšujú o 33 %, najmä v dôsledku používania dusíkatých hnojív. Koncentrácie freónov sú extrémne malé, ale predstavujú veľmi silné skleníkové plyny. Ročne sa ich koncentrácia v atmosfére zvyšovala o 4 % najmä v dôsledku ich používania ako médií v chladiarenských zariadeniach, riedidiel a rozstrekujúcich činidiel v kozmetických prípravkoch. [10]

Z celkového množstva skleníkových plynov má približne polovica prírodný pôvod. Oxid uhličitý sa uvoľňuje pri lesných požiaroch, dýchaním vegetácie a pri sopečnej činnosti. Rovnako asi 90 % metánu pochádza z močarísk, baní a ryžových pólí. Druhá polovica skleníkových plynov vzniká ľudskou činnosťou.

Obavy z možných klimatických zmien následkom skleníkového efektu nie sú len z vysokých teplôt, ale i z následných efektov. Najväčším je vzostup hladiny svetových oceánov. Ďalším celosvetovým dôsledkom globálneho oteplenia sa predpokladá zvýšenie množstva zrážok. Nárast zrážok však nebude rovnomerne rozložený. Mnohé modely predpokladajú zintenzívnenie tropických cyklónov a búrkovej činnosti. Globálny skleníkový efekt ovplyvní aj ďalšie životne dôležité zdroje - zásoby pitnej vody a potravín.

Je zrejmé a nepochybné, že klimatické zmeny výrazne ovplyvňujú prirodzené a umelé ekosystémy, predovšetkým lesné ekosystémy. Dá sa predpokladať, že vplyvom oteplenia dôjde k posunu vegetačných stupňov. Oteplenie o 1 °C by spôsobilo výraznú zmenu, na ktorú nie sú schopné rastlinné spoločenstvá sa adaptovať. Odborníci predpokladajú, že vzrastom o každý 1°C by došlo k posunutiu potencionálneho areálu drevín na sever o 100-150 km. Dlhodobé oteplenie o 4-6 °C by celkom zmenilo charakter našich lesov.

### Poškodzovanie ozónovej vrstvy

Poškodzovaniu ozónovej vrstvy v dôsledku úbytku ozónu sa v súčasnosti v celosvetovom meradle venuje veľká pozornosť. Žiadna krajina nemôže uniknúť tomuto problému. Do atmosféry sa dostávajú látky umelo vytvorené človekom (chlórfluórované uhľovodíky - obchodný názov freóny a brómchlórfluórované uhľovodíky - halóny). [7]

Freóny sú látky, ktoré majú tie najpriaznivejšie fyzikálne vlastnosti, aké si možno predstaviť pre technické využitie. Sú prakticky netoxické, bez farby a zápachu, nekoroziívne, tepelne stabilné a nehorľavé. Ich využitie bolo v chladiarenskej technike (namiesto čpavku) v chladničkách a veľkých chladiacich agregátoch. Neskôr sa používali ako účinné odmasťovadlá v elektrotechnickom priemysle, prostriedok na čistenie odevov, napeňovadlá plastických látok a pod. Veľké množstvo freónov sa používalo v spotrebnom a kozmetickom priemysle na aplikáciu lakov, voňaviek a celého radu ďalších prostriedkov. Halóny sú látky príbuzné freónom. Rozdiel je v tom, že molekula obsahuje atómy brómu. Používajú sa v hasiacej technike alebo ako teplonosné médium v niektorých technológiách.

Freóny a halóny sú zdanlivo inertné látky, ktoré človeka nemilo prekvapili. Zriedkavo vstupujú do chemických reakcií s inými látkami. V stratosfére (časť atmosféry vo vzdialenosti asi 15 až 40 km od zemského povrchu) reagujú s prítomným ozónom ( $\text{O}_3$ ), z ktorého vzniká kyslík ( $\text{O}_2$ ). Dôsledkom tejto chemickej reakcie sa koncentrácia ozónu v stratosfére znižuje.

Spotreba piatich najpoužívanejších freónov bola v 80. rokoch okolo 1 mil. ton ročne napriek tomu, že už v roku 1974 sa zistilo, že tieto látky poškodzujú ozónovú vrstvu Zeme. Každoročne v septembri a v októbri dochádza nad Antarktídou k poklesu ozónu o 4-9 %. Oblasť, v ktorej k takémuto poklesu dochádza bola nazvaná ozónová diera. Vznikla oprávnená obava, že pri pokračovaní doterajšej spotreby chlórfluórovaných uhľovodíkov dôjde k zhoršeniu už tak vážnej situácie a plocha tejto ozónovej diery sa začne rozširovať. Potenciál poškodzovania ozónovej vrstvy halónmi je obvykle vyšší (v niektorých prípadoch až desaťkrát) ako u freónov.

Ozón, tak ako všetko, čo sa v prírode vyskytuje, plní určité nezastupiteľné úlohy vo vytváraní prírodných podmienok, pri ktorých je životné prostredie pre človeka a všetky živé organizmy prijateľné. Ozón má vzhľadom na štruktúru svojej molekuly schopnosť zachytávať resp. odrážať určitú časť slnečného žiarenia, ktoré je škodlivé všetkým živým organizmom. Znižovaním koncentrácie ozónu v troposfére úmerne stúpa množstvo tohto škodlivého žiarenia, ktoré dopadá na Zem. Ozón sa síce prirodzenými procesmi obnovuje, ale jeho odbúravanie prevažuje v dôsledku značného prísunu látok, ktoré s ním reagujú. Potvrdzujú to nielen fyzikálne merania, ale tiež výskyt poškodenia organizmov vrátane ľudí v takom rozsahu, v akom to vedci očakávali. Prenikajúce UV-žiarenie znamená vážne ohrozenie ľudského zdravia, iniciuje vznik rakoviny kože, oslabenie imunitného systému a poškodenie zraku. Poškodzované sú rastliny, planktón v moriach a pod. Ukazuje sa, že poškodzovanie ozónovej vrstvy môže byť zastavené len obmedzením vypúšťania látok, ktoré poškodzovanie ozónovej vrstvy spôsobujú, aby sa dosiahla žiaduca rovnováha.

Úbytok ozónu  $O_3$  je dôsledkom viacerých chemických reakcií prebiehajúcich v horných vrstvách atmosféry. Stratosferický ozón vzniká fotolýzou molekulového kyslíka slnečným žiarením vlnových dĺžok kratších než 260 nm a následnou reakciou vzniknutých atómov kyslíka  $O$  s molekulami kyslíka  $O_2$ . Zo stratosféry je ozón transportovaný atmosférickou cirkuláciou do nižších vrstiev troposféry. Aj prirodzene rastlinami uvoľňované uhľovodíky, najmä terpény, môžu podliehať reakciám, pri ktorých vzniká ozón. Tieto dve procesy sú prírodnými zdrojmi spôsobujúcimi kolísavé prírodné pozadie ozónu.

V nízkych vrstvách troposféry sa ozón tvorí fotolýzou (pôsobením slnečného žiarenia vlnovej dĺžky 450 nm)  $NO_2$ . Z ovzdušia je ozón odstraňovaný najmä reakciou oxidom dusnatým  $NO$ . Ozón sa začína v ovzduší vyskytovať vo väčších množstvách až vtedy, keď je koncentrácia  $NO$  následkom rôznych chemických reakcií zanedbateľná. Konkurenčné reakcie, ktoré odčerpávajú molekuly  $NO$  pri reakcii s ozónom, existujú v troposfére a podmieňujú hromadenie ozónu a tvorbu množstva iných zlúčenín oxidačného typu. [9]

Ozón tým, že absorbuje ultrafialové žiarenie s vlnovými dĺžkami kratšími než 300 nm pôsobí ako ochranný filter a umožňuje život na Zemi. Pritom jeho množstvo v atmosfére nie je veľké. Ak by sa všetky molekuly ozónu z atmosféry preniesli k zemskému povrchu, vznikla by vrstva hrubá asi 3 mm, čo zodpovedá 300 DU (Dobsonovým jednotkám).

Celkové množstvo ozónu v atmosfére kolíše, nad naším územím v rozmedzí 280 DU (október, november) do 400 DU (marec, apríl). Nie každý si uvedomuje, že od tejto 3 – 4 mm vrstvy ozónu závisí náš život. V stratosfére vo výške 25 – 30 km sa nachádza najväčšie množstvo ozónu a vytvára ozónovú vrstvu (ozónosféru). Pretože tvorba ozónu závisí od intenzity slnečného svitu, jeho množstvo kolíše v mestskom ovzduší v priebehu dňa od nízkych koncentrácií ráno, cez maximum v popoludňajších hodinách, k večernému minimumu.

Ešte pred 30 rokmi sa verilo, že celkové množstvo ozónu je v globálnom priemere stále, čiže procesy jeho tvorby a rozkladu sú v ustálenej rovnováhe. Výskumy v posledných desaťročiach však priniesli dostatok dôkazov o antropogénnom porušení tejto rovnováhy. Úbytok stratosférického ozónu spôsobuje zvyšovanie intenzity ultrafialového slnečného žiarenia prenikajúceho na zemský povrch. Najväčšie zmeny sa pozorovali v oblasti najväčšieho poklesu celkového ozónu v tzv. ozónových diarach, ktoré sa objavili v r. 1986 na južnom póle.

Pri extrémne nízkych teplotách - 80 °C v stratosfére vznikajú kryštály kyseliny dusičnej, ktoré sedimentujú do nižších vrstiev a ako katalyzátor spôsobujú premenu  $HCl$ , ktoré v konečnom štádiu počas polárneho dňa spôsobujú rozklad ozónu. Aj molekula chlóru a iné zlúčeniny chlóru, napr.  $HOCl$  môžu byť fotolyzované na atómy chlóru, zúčastňujúce sa na deštrukcii ozónových molekúl. Tieto reakcie sú považované za hlavnú príčinu vzniku ozónovej diery.

Neskôr, po južnom póle sa ozónová vrstva prederavila aj nad severným pólom. Medzi februárom a marcom 1996 sa nad Anglickom zredukovala ochranná vrstva takmer na polovicu. Zhubné ultrafialové žiarenie silne stúplo nad celou oblasťou severného pólu, až ponad Sibír a strednú Európu. Podľa posledných výpočtov dosiahne trhlina nad Arktídou najväčšie rozmery až v roku 2020.

Desaťpercentný úbytok ozónu zvyšuje dávku ultrafialového žiarenia asi o 20 %. Nielen menej ozónu má vplyv na množstvo žiarenia. Veľký vplyv majú aj oblaky: ak sú husté, účinne chránia Zem. Zaujímavé však je, že najviac žiarenia sa k nám dostáva nie pri jasnom, ale napolo zamračenom nebi. Paradoxne tu potom zohráva kladnú úlohu znečistenie – aerosóly z komínov a výfukov áut sú prekážkou na ceste žiarenia z kozmu.

Zoslabovanie stratosférickej ozónovej vrstvy spôsobuje zvýšenie pravdepodobnosti vzniku kožnej rakoviny alebo očných zákalov, slepotu zvierat, znížený rast zelených rastlín a narušenie potravného reťazca v oceánoch (klesajúca produkcia planktónu). Produkcia rastlín tiež klesá, napr. fazule sa urodí pri 10% úbytku ozónu o desaťinu menej a kukurica neskôr dozrie.

Porušenie ozónovej vrstvy, teda nárast intenzity ultrafialového žiarenia, spôsobujú chlórfluórované uhľovodíky (obchodný názov freóny), a brómchlórfluórované uhľovodíky (halóny) – nachádzajúce sa v aerosólových rozprašovačoch, hasiacich prístrojoch, chladiacich zariadeniach atď., ďalej dusíkaté hnojivá, nadzvukové letectvo, jadrové výbuchy a i. Potenciál poškodzovania ozónovej vrstvy halónmi je obvykle vyšší (v niektorých prípadoch až desaťkrát) ako u freónov. Freóny, keď sa ocitnú v atmosfére, pomaly difundujú do stratosféry, kde sa UV žiarením o vlnovej dĺžke medzi 175 do 220 nm rozkladajú za vzniku reaktívnych atómov chlóru  $Cl$ . Reaktívne atómy chlóru potom podliehajú reakciám s molekulami ozónu, čím dochádza k odstraňovaniu molekúl ozónu zo stratosféry.

Stredná doba zdržania hore uvedeného najčastejšie používaného freónu 12,  $CFCl_3$  (ktorého výroba je už zakázaná) v atmosfére je 102 rokov, preto väčšina z vyše desať miliónov ton tejto látky je ešte stále v atmosfére; v troposfére je chemicky stály, preniká do stratosféry, kde uvoľňuje aktívny chlór, ktorý katalyticky rozkladá ozón.

Ozón má schopnosť zachytávať resp. odrážať určitú časť slnečného žiarenia, ktoré je škodlivé všetkým živým organizmom. Znižovaním koncentrácie ozónu v troposfére úmerne stúpa množstvo žiarenia, ktoré dopadá na Zem. Prenikajúce žiarenie vážne ohrozuje ľudské zdravie, preto ochrana ozónovej vrstvy jedným z hlavných globálnych problémov ľudstva.

## Záver

Začiatok 21. storočia možno charakterizovať celosvetovou tendenciou zachovať dynamiku ekonomického rozvoja, využívať výsledky vedy a techniky a zvyšovať materiálnu a kultúrnu úroveň obyvateľstva. Súčasne však tieto zámery a ciele prinášajú veľa problémov, ktoré prestali byť predmetom záujmu úzkeho okruhu odborníkov a na ich riešenie sa sústreďuje pozornosť celého ľudstva. Sú to problémy vyplývajúce z otázok demografického rozvoja v celosvetovom rozsahu, zabezpečenia zdrojov potravín a výživy ľudstva, palivovo-energetického systému, potenciálnych zdrojov priemyselných surovín, mierového vývoja vo svete a všeobecného odzbrojenia a ochrany životného prostredia. Riešenie týchto problémov prerastá rámec jednej krajiny, dokonca aj kontinentu a nadobúda rozmery, ktoré vyžadujú celosvetové riešenie, teda už dnes majú globálny charakter.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] Badida, Miroslav – Králiková, Ružena - Pauliková, Alena: Environmental Impact Assessment for Selected Technologies in Mechanical Engineering. ACTA MECHANICA SLOVACA Č.1/2001, Ročník 5. SJF TU Košice, 2001, s. 57 – 66, ISSN 1335-2393
- [2] Chovancová, Jana - Rusko, Miroslav: The application of environmental indicators in environmental reports of companies. In: Environmental management for education and edification. - ISSN 1336-5762. - Vol. 5, no. 1 (2008), s. 18-25
- [3] Kontrišová, Oľga, 1997: Globálne problémy životného prostredia. Zvolen: TU Zvolen.
- [4] Liberková, L. - Badida, M., 2005: *Vyhodnocovanie environmentálnych nákladov a ich prepojenie s environmentálnym účtovníctvom.* - Acta Mechanica Slovaca 2-B/2005, ISSN 1335-2393, ročník 9.
- [5] Manová, Alena - Čacho, František - Beinrohr, Ernest - Rusko, Miroslav - Kollár, Vojtech - Kotovicová, Jana - Vaverková, Magdalena: Preconcentration of Hg in Waters for ET AAS in a Flow-Through Electrochemical Cell. In: Polish Journal of Environmental Studies. - ISSN 1230-1485. - Vol. 21, No. 5 (2012), s. 1313-1318
- [6] Maňko, M., Liberková, L., Hricová, B.: The basic access into the integration management system. - 5 th International conference of PhD students, University of Miskolc, Hungary, 14 -20 august 2005, s.129 – 132, ISBN 963 – 661 – 673 6, ISBN 963 – 661 – 6737
- [7] Piatrik, Milan – Kollár, Vojtech – Rusko, Miroslav, 2008: Globálna a krajinná ekológia. Stredoeurópska vysoká škola v Skalici, Skalica 2008, ISBN 978-80-969700-4-9
- [8] Procházková, Dana - Rusko, Miroslav: Nástroj pro zajištění bezpečného území. - In: Nehnutelnosti a bývanie. - ISSN 1336-944X. - Roč. 6, č. 2 (2011), s. 88-97
- [9] Rusko, Miroslav, 2010: Význam integrovaného hodnotenia technológií. - In: Nehnutelnosti a bývanie. - ISSN 1336-944X. - Roč. 5, č. 1 (2010), s. 42-50
- [10] Tolgyessy, Juraj - Piatrik, Milan a kol., 1993: Chemistry, biology and toxikology of water, air and solil. 858 str. Elsevier, Amsterdam – VEDA Bratislava 1993.
- [11] Tureková, Ivana - Lukáčová, Viera: Riziká nárastu troposférického ozónu.-In: CO-MAT-TECH 2000:8.medzinárodná vedecká konferencia. Časť 4.: Aplikované prírodné a inžinierske vedy. - Bratislava : STU v Bratislave, 2000. ISBN 80-227-1413-5. - s. 331-336
- [12] Tureková, Ivana - Račko, Tibor: Obmedzenie používania halónov v nových objektoch a zariadeniach. - In: Arpos. - ISSN 1335-5910. Roč. 1, č. 3-4 (2000), s. 48-51

## ADRESA AUTORA

**Milan PIATRIK**, Prof. Ing., PhD.,

Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Fakulta prírodných vied, Katedra životného prostredia, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, Slovenská republika, e-mail: milan.piatrik@umb.sk

## RECENZENT

**Jana KOTOVICOVÁ**, doc. RNDr., Ph.D.,

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika