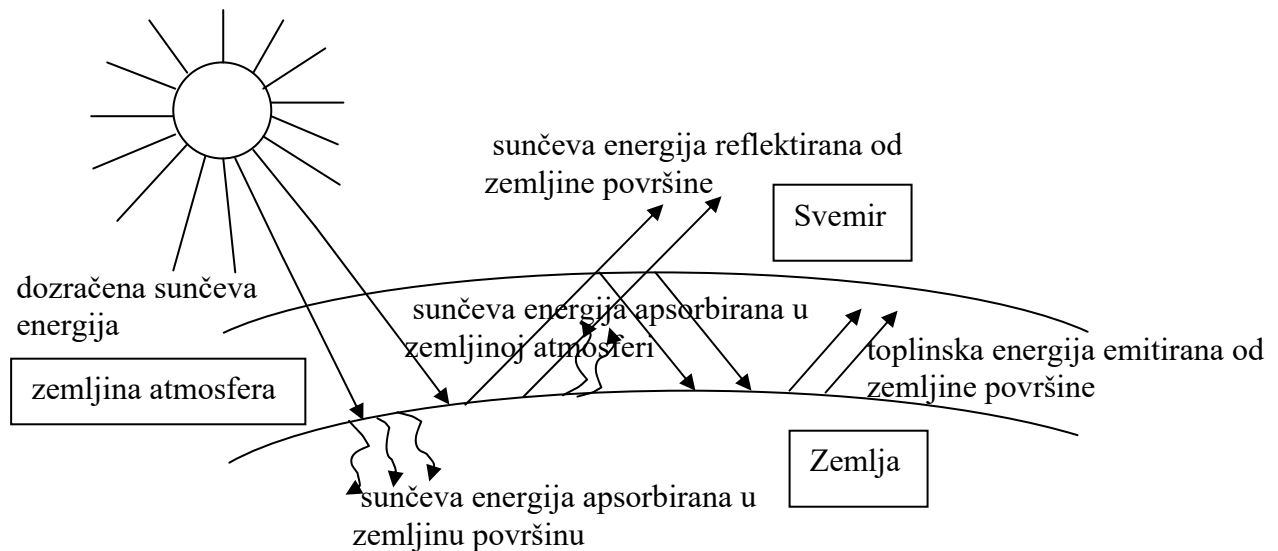


## Staklenički plinovi

Sintagma „staklenički plinovi“ zadnjih dvadeset i više godine omiljena je tema političara, medija i raznih aktivista vezana uz odnos čovjeka prema okolišu. Postavljena je teza da svekolike ljudske aktivnost dovode do povišene emisije staklenički plinova što uzrokuje smanjenu propusnost zemljine atmosfere za toplinu koja bi se inače emitirala u svemir. Posljedica toga je povišenje temperature na zemlji pretočenu u drugu sintagmu globalno zagrijavanje. Nadalje se tvrdi da to uzrokuje ekstremne (veliko odstupanje statističkog prosjeka i očekivanja) meteorološke pojave poput poplava uzrokovanih natprosječnom količinom padalina, velikim sušama s izraženim povišenjem maksimalnih ljetnih pa i zimskih vrijednosti temperature, a suprotno samom pojmu zatopljenja spominju se i pojave neočekivano niskih zimskih minimuma vrijednosti temperatura. Ovakva interpretacija ovih pojava služi kao podloga novim klimatskim i energetske politikama. Da bi se ovoj temi moglo argumentirano govoriti potrebno je raščlaniti ove pojmove i njihovu povezanost.

## Efekt staklenika

Pod tim pojmom podrazumijeva se razlog upotrebe staklenika u poljoprivredi koji nam omogućuju proizvodnju ratarskih kultura u razdoblju kad to u otvorenom uzgoju za vrijeme hladnijih mjeseci (jesen/zima/rano proljeće) ne bi bilo moguće zbog smrzavanja biljaka ili njihovog presporog rasta. Staklenik koji predstavlja objekt natkriven staklom ili prozirnim najlonom ima funkciju zadržavanja topline i održavanja unutarnje temperature i sprječavanje prekomjernog hlađenja staklenika grijanog unutarnjim izvorom topline i/ili sunčevim zračenjem izvana. Govoreći o Zemlji i njenom omotaču, atmosferi koja je sačinjena od različitih plinova uočljiv je vrlo sličan efekt opisanom efektu staklenika koji ovdje nije rezultat fizičke barijere već upravo postojanja tih plinova u atmosferi koji se stoga nazivaju staklenički plinovi. Podsjetimo se da planeti Sunčeva sustava koji nemaju atmosferu poput zemljine ne pružaju uvjete za život. Da nema prirodnog efekta staklenika ne bi ni bilo života na zemlji. Kako je moguć efekt staklenika na Zemlji ako nema fizičke ovojnice oko Zemlje? Odgovor se krije u činjenici da plinovi koji se nalaze u sastavu zemljine atmosfere propuštaju toplinski dio spektra dozračenog Sunčeve energije. Ta toplinska energija dijelom se apsorbira u tlo, vodu (more) i atmosferu a dijelom se odbija od tla i vode i reflektira se prema svemiru gdje zbog efekta staklenika dio biva propušten prema van (svemiru) a dio se zadržava u atmosferi. Razlog takve pojave je razlika valnih duljina zraka koje dolaze na Zemlju od Sunca i onih koje se odbijaju (reflektiraju od Zemljine površine). Takva pojava naziva se u termodinamici izlučno ili selektivno zračenje plinova i kaže da ista smjesa plinova određenu valnu duljinu zrake propušta a određenu ne. Na slici 1. pojednostavljeno je prikazan opisani fenomen. Glavni sastojci atmosfere su kisik (približno 21% volumenski) i dušik (približno 79% volumenski) uz ostale plinove u vrlo malim koncentracijama (što sve zajedno mora u zbroju dati 100%). Među njima se nalaze i staklenički plinovi isto tako, važno je naglasiti, u malim koncentracijama. Među najvažnijim plinovima koji se prirodno nalaze u atmosferi, i koji apsorbiraju dugovalno zračenje Zemlje te ih stoga nazivamo plinovima staklenika, su vodena para i ugljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ), a zatim metan ( $\text{CH}_4$ ), didušikov oksid ( $\text{N}_2\text{O}$ ) i ozon ( $\text{O}_3$ ) (citirano s web stranice Državnog hidrometeorološkog zavoda: [http://klima.hr/klima.php?id=klimatske\\_promjene#sec3](http://klima.hr/klima.php?id=klimatske_promjene#sec3)).



Slika 1. Efekt staklenika na zemlji

### Staklenički plinovi

Prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC) kao staklenički plinovi navode se:

- ugljični dioksid ( $\text{CO}_2$ )
- metan ( $\text{CH}_4$ )
- dušični oksid ( $\text{N}_2\text{O}$ )
- hidrofluorougljici – grupa spojeva (HFC)
- perfluorougljik (PFC)
- sumporni heksafluorid ( $\text{SF}_6$ )
- i indirektni plinovi kao  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , CO and NMVOC (ne-metanske hlapive organske tvari)

Uočava se skupina od posljednja četiri spoja koji nisu prirodni sastojci atmosfere kako je prethodno navedeno, nego su umjetni spojevi, a među njima nema prethodno spomenutog ozona iako je on uz vodenu paru ( $\text{H}_2\text{O}$ ) također staklenički plin. Ta dva plina nisu obuhvaćena međunarodnim sporazumima o ograničenju emisija. Ozon kojeg čini nestabilna  $\text{O}_3$  molekula kisika nalazi se prirodno u visokim slojevima atmosfere tzv. stratosferi i ima ulogu zadržavanja UV zraka. Ispuštanjem rashladnih sredstava iz grupe freona taj je omotač oštećen u drugoj polovini prošlog stoljeća što je ublaženo zamjenom freona sredstvima koja ne oštećuju ozonski omotač. Ovaj problem nema veze sa efektom staklenika. Ozon se također susreće i u prizemnim slojevima atmosfere (troposferi) gdje nije poželjan. Prirodno nastaje pražnjenjem atmosferskog elektriciteta (munje) i uslijed ljudskog utjecaja korištenjem motora s unutrašnjim izgaranjem gdje nastaje iz posredno iz dušičnog monoksida NO oksidacijom u atmosferi u za ljude otrovni dušični dioksid  $\text{NO}_2$  koji pak utjecajem jakog UV zračenja pospješuje nastanak prizemnog ozona koji uzrokuje umiranje šuma.

### Utjecaj čovjeka na efekt staklenika

U zadnjih dvadesetak i više godina omiljena tema medija, znanstvenika, političara i svih dionika javnog prostora su klimatske promjene uzrokovane utjecajem čovjeka (antropogenim utjecajem) na okoliš ovdje konkretno na pojačani efekt staklenika. Postavljena je teško dokaziva teza koja govori da je moderna civilizacija svojim nekontroliranim postupcima

dovela do povećanja koncentracije stakleničkih plinova u zemljinoj atmosferi što dovodi do dodatnog zadržavanje topline u atmosferi zbog nemogućnosti atmosfere da tu toplinu propusti u svemir kako je to prethodno opisano. Tvrdi se nadalje da to dovodi do konstantnog porasta srednjih temperatura zraka na Zemlji što opet uzrokuje ekstremne meteorološke pojave poput dugih suša, iznadprosječno toplih zima i dosad nezabilježenih ljetnih temperaturnih ekstrema, velikih količina padalina koje uzrokuju poplave i bujice, otapaju se ledenjaci na Arktiku, raste razina mora i još toga. Ovu tezu teško je ili nemoguće dokazati jer nije moguće napraviti model atmosfere u realnom mjerilu s predinstrujskim koncentracijama stakleničkih plinova koji bi mogao ukazati da li bi klimatske pojave u tom slučaju iste ili različite kao ove sadašnje za koje se tvrdi da su rezultat globalnog zatopljenja. Uostalom, u dugoj povijesti Zemlje, daleko prije pojave čovjeka, izmjenjivala su se dugotrajna topla i hladna razdoblja, a mnoge životinjske vrste koje se nisu uspjele prilagoditi izumrle su.

Kako je došlo do povećanja koncentracija stakleničkih plinova u atmosferi? Kao glavni razlog navodi se korištenje fosilnih goriva u prometu i proizvodnji energije. Kroz proces izgaranja fosilna goriva prolaze energetska transformaciju koja rezultira nastankom ugljičnog dioksida kao glavnog stakleničkog plina uz ostale spojeve kako je to bilo opisano u poglavlju „Izgaranje“. Taj negativni utjecaj čovjeka započeo je drugom polovinom 18. stoljeća kad je intenzivirana potrošnja ugljena potaknuta izumom parnog stroja i 1. industrijskom revolucijom. Na upotrebu ugljena nadovezala se intenzivna uporaba nafte početka ere nafte o čemu je već bilo riječi. U sljedećoj tablici (tablica 1.) dan je pregled podataka vezanih uz koncentraciju stakleničkih plinova u zemljinoj atmosferi.

Staklenički plin	Kemijska formula	Konc. prije ind. revolucije	Konc. nakon ind. revolucije	Godine života u atmosferi	Glavni izvori	Relativni staklenički potencijal
Ugljični dioksid	CO <sub>2</sub>	280	358 ppmv	50-200	Fosilna goriva Sječa šum	1
Metan	CH <sub>4</sub>	700	1720 ppmv	12-17	Fosilna goriva Rižina polja	21
Didušik oksid	N <sub>2</sub> O	275	312 ppmv	120-150	Gnojenje Ind. procesi	310
CFC	CFC <sub>12</sub>	0	503 pptv	102	Tek. rashladna sredstva Pjene	125-152
HCFC	HCFC-22	0	105 pptv	13	Tek. rashladna sredstva	125
Perfluoro ugljik	CF <sub>4</sub>	0	110 pptv	50000	Proizvodnja aluminija	6500
Sumpor heksafluorid	SF <sub>6</sub>	0	72 pptv	1000	Proizvodnja magnezija	23900

Tablica 1. Staklenički plinovi i njihove karakteristike vezane uz efekt staklenika (izvor: Ministarstvo zaštite okoliša energetike (ppmv-part per million-volumenski  $\hat{=}$  10<sup>-4</sup>%=0,0001%, pptv-part per trillion- volumenski  $\hat{=}$  10<sup>-10</sup>%=0,0000000001%))

U tablici su navedene koncentracije pojedinih spojeva iz vremena prije 1. Industrijske revolucije i nakon nje što u stvari predstavlja današnje koncentracije. Prva tri spoja nalaze se

kao prirodni sastojak atmosfere dok su preostala četiri sintetizirana zbog raznih primjena u tehnici. Glavni izvori pojedinih spojeva također su navedeni u tablici. Sljedeće što je važno uočiti je značajan porast koncentracije svih spojeva u odnosu na predindustrijsko razdoblje, ali imajući u vidu jedinice (ppmv i pptv) čije je tumačenje dano u naslovu tablice, slobodno se može reći da su te koncentracije gotovo zanemarive, neke ispod 0,1%, a većina daleko ispod te vrijednosti. Sljedeća stvar na koju valja obratiti pažnju jest podatak o trajanju (godinama života) tih spojeva u atmosferi prije nego se oni razgrade. Tako je primjerice za ugljični dioksid ta vrijednost od 50 do 200 godina što znači da se on akumulira u atmosferi što dovodi do povećanja njegove koncentracije. Isto razmišljanje vrijedi i za ostale navedene stakleničke plinove tek je razlika u navedenim vrijednostima od 12 do 17 godina za metan pa čak do 50000 godina perfluorougljik.

#### Relativni staklenički potencijal. Ekvivalentni CO<sub>2</sub>

U posljednjem stupcu tablice 1. nalazi se podatak o relativnom stakleničkom potencijalu (engl. Global Warming Potential – GWP). Ova vrijednost ovisi tome koliko molekula određenog spoja može apsorbirati toplinu u odnosu na referentni plin (ugljični dioksid) i o godinama života pojedinog spoja u atmosferi. Iz tablice je vidljivo molekula metana ima 21 puta veći staklenički potencijal od molekule ugljičnog dioksida (relativnog stakleničkog potencijala 1 jer je on referentni plin) ili drugim riječima 1 tona metana u atmosferi ima učinak ekvivalentan 21 toni ugljičnog dioksida. Najveću vrijednost ima sumporheksafluorid od čak 23900. Iz pojma relativnog stakleničkog potencijala proizlazi i pojam „ekvivalentnog CO<sub>2</sub>“ (oznaka CO<sub>2ekv</sub>) koji govori o emisiji više stakleničkih plinova svedenih uz pomoć relativnog stakleničkog potencijala na ekvivalentnu emisiju CO<sub>2</sub> (npr. emisija 1 tone CO<sub>2</sub> i 1 tone CH<sub>4</sub> daju 1+21=22 tone CO<sub>2ekv</sub>). Brojke iskazane u tablici 1. nisu tako crne kako izgledaju jer je udio u emisijama spojeva sa velikim relativnim stakleničkim potencijalom gotovo zanemariv što je vidljivo iz tablice 2.

Plin	Izvor	Udio u ukupnoj emisiji u Svijetu 2004.
Ugljični dioksid (CO <sub>2</sub> )	- proizvodnja energije iz fosilnih goriva - uništavanje šuma	76,7%, od čega 56.6% od izgaranja fosilnih goriva
Metan (CH <sub>4</sub> )	- poljoprivreda - proizvodnja energije - otpad	14.3%
Didušik oksid (N <sub>2</sub> O)	- poljoprivreda	7.9%
Hidrofluorouglijci (HFC) Perfluorouglijci (PFC)	- zamjena za spojeve koji uništavaju ozonski omotač	1.1%
Sumporni heksafluorid(SF <sub>6</sub> )	- industrija i električna oprema	

Tablica 2. Udio pojedinih stakleničkih plinova u ukupnoj emisiji u 2014.

Iz tablice vidljivo je da je po količinama ugljični dioksid najzastupljeniji staklenički plin i čini preko 76% ukupnih emisija. Glavni izvor tih emisija su procesi izgaranja tj. korištenje fosilnih goriva i njihovih proizvoda u energetici i transportu, a potom uništavanje tj. spaljivanje velikih šumskih površina. Sljedeći je metan koji nastaje kao posljedica aktivnosti u poljoprivredi, proizvodnje energije (eksploatacija prirodnog plina) i iz otpada odloženog na divljim nekontroliranim odlagalištima. Didušik oksid ima izvor u poljoprivredi odn.

posljedica je korištenja umjetnih gnojiva. Ostatak od 1,1% pripada umjetnim spojevima koji u pravilu imaju iznimno veliki relativni staklenički potencija i dug životni vijek u atmosferi.