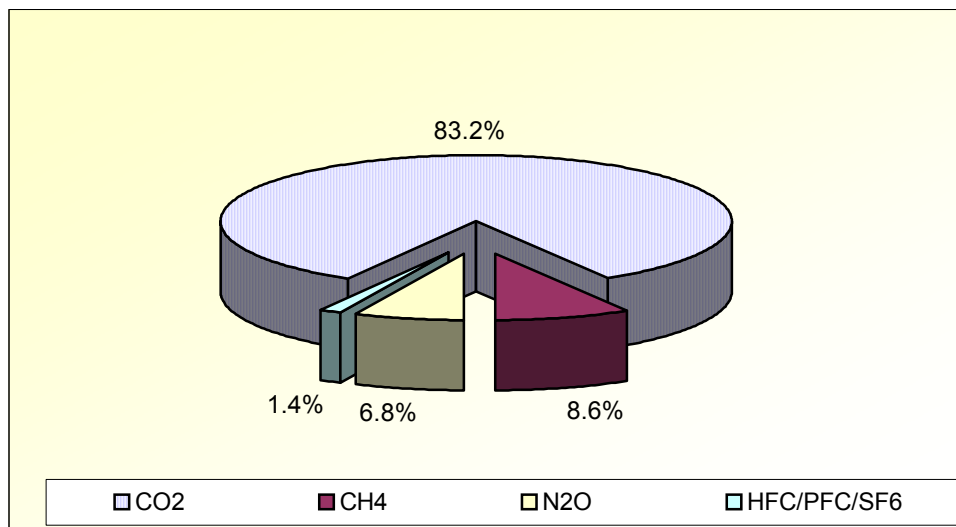


Ekologija sagorevanja

Emisija ugljendioksida

Gasovi koji su inače, u sastavu atmosfere malo zastupljeni, glavni su uzrok klimatskih promena. Određeni gasovi zadržavaju se u atmosferi obrazujući "štit" koji propušta sunčeve zrake koji zagrevaju i površinu Zemlje i atmosferu. Kao posledica zagrevanja, sa površine Zemlje emituje se infracrveno zračenje. Deo zračenja prolazi kroz atmosferu, deo biva reflektovan od strane gasova staklene bašte, a deo biva apsorbovan. Zbog apsorpcije zračenja od strane gasova staklene bašte, dolazi do ponovnog emitovanja zračenja prema Zemlji. Ova pojava poznata je kao efekat staklene bašte, a njena posledica je zagrevanje površine Zemlje i nižih slojeva atmosfere.

Najzastupljeniji gasovi staklene bašte su: ugljendioksid CO_2 , metan CH_4 , azotsuboksid N_2O i perfluorkarbonati HFC/PFC/SF₆. Struktura gasova staklene bašte prikazana je na slici 2.2.1.



Slika: Struktura gasova staklene bašte

Najzastupljeniji gas staklene bašte je ugljendioksid koji je u atmosferi zastupljen sa samo 370 ppm, odnosno čini 0,037% zemljine atmosfere. Međutim koncentracija ugljendioksida u vazduhu porasla je 31% u odnosu na 1750. godinu. Sadašnja koncentracija je veća nego što je to dosad ikada bila.

Oko 98% emisije ugljendioksida potiče od sagorevanja fosilnih goriva, dok se ostatak emituje pri proizvodnji cementa, proizvodnji kreča, sagorevanju otpada. Deo emisije je i posledica nekontrolisane seče šuma, ali je očigledno da uticaj ostalih uzročnika zanemarljiv u odnosu na dominantan "izvor"- sagorevanje fosilnih goriva.

Koeficijent emisije ugljendioksida

Ne doprinose sva goriva u istoj meri emisiji ugljendioksida. S obzirom na različit hemijski sastav, različite su i emisije nastale kao posledica sagorevanja različitih goriva, za ostvareni isti toplotni efekat. Da bi se različita goriva mogla međusobno porediti, uvodi se koeficijent emisije ugljendioksida K_{CO_2} , koji predstavlja masu emitovanog ugljendioksida u atmosferu svedenu na jedinicu energije.

Koeficijent emisije ugljendioksida određuje se na sledeći način :

$$K_{CO_2} = 3,67 \frac{g_c}{H}$$

gde su

- 3,67 stehiometrijski koeficijent
- g_c maseni udeo gorivog ugljenika u gorivu
- H toplotna moć goriva [MJ/kg]

U tabeli 2.2.1 prikazani su koeficijenti emisije ugljendioksida različitih goriva.

Tabela: Koeficijent emisije ugljendioksida različitih goriva

Gorivo	Emisija, kgCO ₂ /GJ
Biomasa	109,6
Treset	106,0
Kameni ugalj	101,2
Mrki ugalj	97,09
Lignit	96,43
Dizel	77,4
Sirova nafta	74,1
Kerozin	73,3
Benzin	71,5
Tečni naftni gas	63,1
Prirodni gas	56,1

Biomasa spada u obnovljive izvore energije i kao takva se smatra za CO₂ neutralnu. Pri sagorevanju biomase emituje se tačno onoliko ugljendioksida koliko biljka veže procesom fotosinteze u toku rasta, pa je u tom smislu koeficijent emisije ugljendioksida biomase jednak nuli. Međutim taj podatak je validan samo onda kada seču prati pošumljavanje, u suprotnom usvaja se koeficijent emisije koji je prikazan u tabeli 2.2.1.

Kao najpovoljnije gorivo u smislu ekološke pogodnosti nameće se prirodni gas koji ima najmanji koeficijent emisije ugljendioksida za isti ostvareni toplotni efekat. Razlog tome je sastav prirodnog gasa kod koga je ubedljivo najviše zastupljen metan, a zatim i ostali niži ugljovodonici. Sastav gasa je takav da ima najmanje učešće ugljenika u odnosu na ostala fosilna goriva (g_c), zbog čega se sagorevanjem pored ugljendioksida emituje i značajna količina vodene pare.

Emisija oksida azota

Oksidi azota, koji se uobičajeno označavaju NO_x, poslednjih godina dospeli su u centar pažnje, s obzirom da su identifikovani kao uzročnici mnogih neželjenih pojava.

Njihovo štetno dejstvo vezuje se za:

- uticaj na zdravlje ljudi,
- smanjenje vidljivosti i stvaranje fotohemijskog smoga - posledica reakcija NO_x sa organskim materijama u prisustvu sunčeve svetlosti,
- razaranje ozona u višim slojevima atmosfere,
- stvaranje štetnog ozona u nižim slojevima atmosfere,
- stvaranje kiselih kiša.

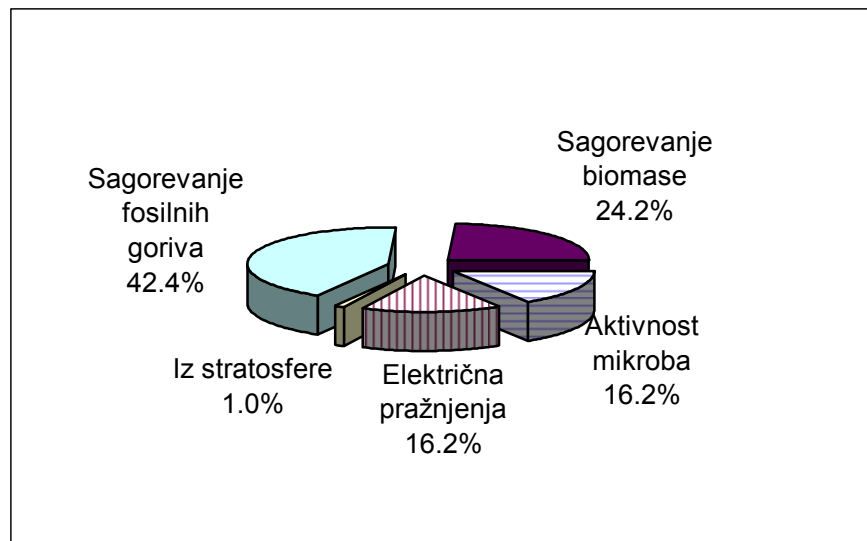
S obzirom na uticaj na životnu sredinu i zdravlje najznačajniji oksidi azota su:

- NO azotmonoksid,
- NO₂ azotdioksid,
- N₂O azotsuboksid.

a zajednički se označavaju kao NO_x.

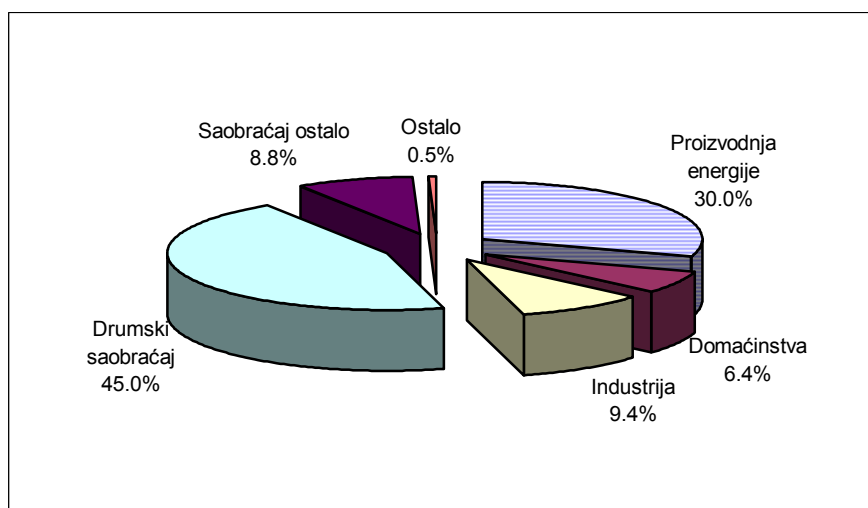
Preko 90% oksida azota emitovanih usled procesa sagorevanja čini azotmonoksid NO, dok ostatak čini azotdioksid NO₂. Međutim, kako se azotmonoksid NO u atmosferi konvertuje u azotdioksid, većina propisa iz oblasti zaštite životne sredine tretira sve okside azota kao NO₂.

Azotsuboksid N₂O je poznat kao gas staklene bašte (Slika 2.2.1), koji doprinosi globalnom zagrevanju, ali je takođe identifikovan kao činilac koji utiče na razaranje ozonskog omotača. Srećom, male količine azotsuboksida se emituju procesima sagorevanja.



Slika : Struktura porekla NOx

Podaci o izvoru emisije oksida azota pokazuju da je oko dve trećine emisije posledica procesa sagorevanja (Slika 2.3.1) Struktura azotovih oksida koji su posledica sagorevanja prikazana na slici 2.3.2. Evidentno je da je saobraćaj i to posebno drumski, najveći pojedinačni izvor emisije NOx (45%), dok je proizvodnja energije na drugom mestu sa 30% ukupne emisije.



Slika : Struktura NOx nastalog kao posledica ljudskih aktivnosti

Oksidi azota koji se obrazuju tokom procesa sagorevanja nastaju oksidacijom:

- azota vezanog u gorivu,
- azota iz vazduha,

dok se njihovo stvaranje objašnjava pomoću tri osnovna mehanizma:

- termički ili Zeldovich mehanizam,

- promptni mehanizam,
- mehanizam oksidacije azota vezanog u gorivu.

Termički NO_x se formira zahvaljujući oksidaciji atmosferskog azota. Promptni NO_x se formira brzim reakcijama u frontu plamena, a NO_x iz goriva nastaje oksidacijom azota vezanog u gorivu.

Procena trenutnog stanja kao i projekcija stanja nakon supstitucije ostalih energenata prirodnim gasom, izvršena je korišćenjem podataka organizacije Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) koji su prikazani u tabeli 2.3.1.

Posmatrano po energentima najveći doprinos emisiji NO_x potiče od sagorevanja ogrevnog drveta, što se objašnjava hemijskim sastavom drvne biomase u čijem se sastavu nalazi azot (tabela 2.3.2), pa je mehanizam oksidacije azota iz goriva značajan emitent oksida azota. Takođe uzrok je i u načinu odvijanja procesa sagorevanja biomase.

Najmanji doprinos emisiji oksida azota daje prirodni gas koji u svom sastavu može da sadrži azot, kao balast, ali je obično reč o malom procentu. Takođe, treba naglasiti mogućnost dobrog mešanja gasovitog goriva sa vazduhom, što sprečava stvaranje "džepova" bogate smeše, koja stimuliše promptni mehanizam.

Tabela: Koeficijenti emisije NO_x po jedinici proizvedene energije

Energent	Emisija
	g NO _x /GJ
Ugalj	
Široka potrošnja	1.5
Industrija	1.5
Toplana	1.5
Mazut	
Široka potrošnja	0.6
Industrija	0.6
Toplana	0.6
Prirodni gas	
Široka potrošnja	0.1
Industrija	0.1
Toplana	0.1
Ogrevno drvo	
Široka potrošnja	3.2
Industrija	3.2
Toplana	3.2

Emisija oksida sumpora

Prisustvo oksida sumpora u produktima sagorevanja posledica je oksidacije sumpora iz goriva, koji u procesu sagorevanja većim delom oksidiše u sumpordioksid - SO₂, a

manjim delom u sumportrioksid - SO_3 . U atmosferi se SO_2 dalje transformiše u SO_3 , koji sa vlagom iz vazduha formira fine kapljice sumporne kiseline. Ove kapljice raznošene vetrom padaju na zemlju, što dovodi do postepenog smanjenja njene pH vrednosti. Povećanje kiselosti zemlje usporava rast šuma i ostalog bilja, a povećanje kiselosti voda se štetno odražava na rast flore i faune u vodama.

Kao posledica emisije SO_x nastaju i kisele kiše koje za posledicu imaju izraženo štetno dejstvo na biljke, a mogu da izazovu i koroziju.

Istraživanja su pokazala da je sagorevanje uglja daleko najveći izvor emisije sumpordioksida. Mazut i lož ulje sadrže sumpor ali u manjem procentu nego ugalj, tako da se sagorevanjem emituje manje SO_2 po jedinici proizvedene energije.

Što se tiče sagorevanja biomase, ona ne doprinosi emisiji SO_2 jer nema sumpora u hemijskom sastavu drvne biomase, ili je to učešće u tragovima. Sagorevanjem prirodnog gasa takođe ne dolazi do emisije SO_2 , ukoliko gas ne sadrži H_2S . Očekivanom supstitucijom energenata prirodnim gasom dolazi do potpune eliminacije emisije oksida sumpora. Koeficijenti emisije SO_2 po jedinici proizvedene energije za različite energente su dati u tabeli 2.4.1.

Tabela : Koeficijenti emisije SO_2

Energent	Emisija
	g SO_2 /GJ
Ugalj	1000
Mazut	670
Lož ulje	670
Prirodni gas	0
Ogrevno drvo	0

Emisija čestica

Sagorevanjem fosilnih goriva pored štetnih gasova koji se tom prilikom emituju dolazi i do emisije čestica. Čestice dalje iniciraju vezivanje drugih materija u atmosferi, utičući na stvaranje smoga u nižim slojevima atmosfere. Koliko će se čestica emitovati u atmosferu zavisi pre svega od vrste korišćenog energenta, a zatim u od sektora upotrebe, što uslovljava režim sagorevanja, postojanje filtera itd. Koeficijenti emisije čestica pa jedinici proizvedene energije prikazani su u tablici 2.5.1.

Tabela 2.5.1: Koeficijenti emisije čestica
po jedinici proizvedene energije

Energent	Emisija
	g čestica/GJ
Ugalj	

Široka potrošnja	400
Industrija	180
Toplana	120
Mazut	
Široka potrošnja	2
Industrija	30
Toplana	1
Prirodni gas	
Široka potrošnja	0
Industrija	0
Toplana	0
Ogrevno drvo	
Široka potrošnja	200
Industrija	90
Toplana	60

Emisija čestica i pepela potrošnjom energije u industriji uslovljena je postojanjem manjeg broja kotlovskih postrojenja, koja obično nisu opremljena uređajima za upravljanje i regulaciju, kao i prakse da se u takva postrojenja ne ugrađuju efikasniji filtri. Postrojenja u industriji obično ne rade sa optimalnim opterećenjem, često menjaju opterećenje, ili se gase, pa sve to utiče na porast emisije.

Generalno, sa stanovišta emisije čestica najpovoljnije je korišćenje prirodnog gasa, a najnepovoljnije korišćenje čvrstih goriva, u prvom redu uglja.