

Predavanje # 4

Uticaj izduvne emisije na životnu sredinu

Lokalni uticaj (CO , HC , NO_x)

- ✓ posljedice na zdravlje ljudi; izduvna emisija iz vozila čini 70% ukupnih zagađivača u gradskim zonama;
- ✓ smog i smanjenje vidljivosti.

Regionalni uticaj (SO_2 , PM , HC , NO_x)

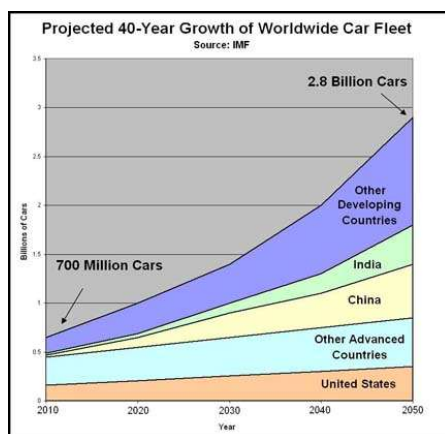
- ✓ kisele kiše; vozila doprinose 17,4% emisiji oksida azota i sumpor dioksida
- ✓ šteta po cijeli eko-sistem i materijale.

Globalni uticaj (CO_2 , CH_4 , N_2O , PM)

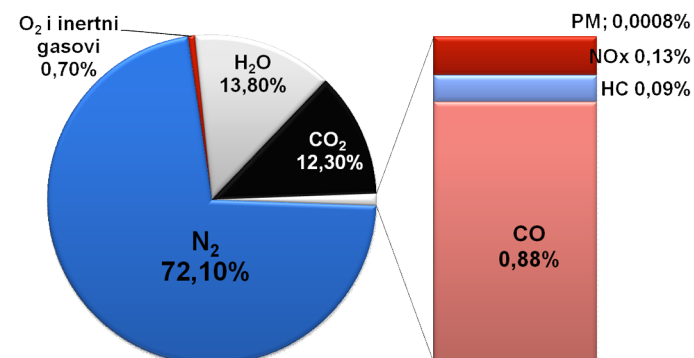
- ✓ globalno zagrijavanje i klimatske promjene; smanjenje ozonskog omotača



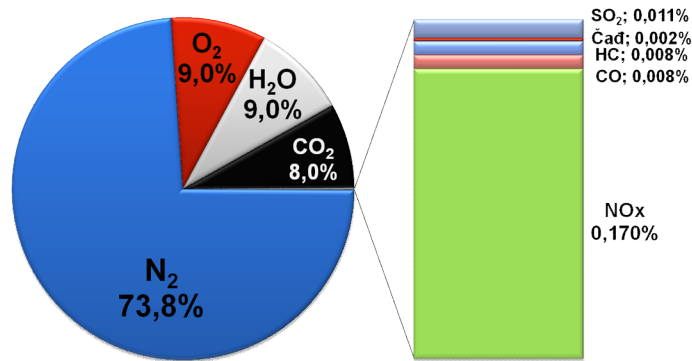
Problemi koji nastaju pri sagorijevanju motornih goriva



Izduvna emisija iz oto (benzinskih) motora



Izduvna emisija iz dizel motora



CO₂ - What is it?

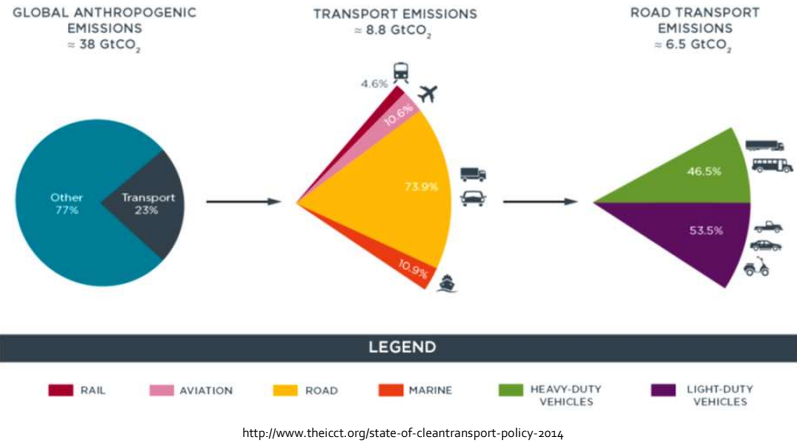
- Carbon dioxide (CO₂) is a non-toxic gas which is produced by natural sources and human activity.
- Typical process which produce CO₂ is burning of fossil fuel.
- Other carbon emission from engine include CH₄ and soot

CO₂

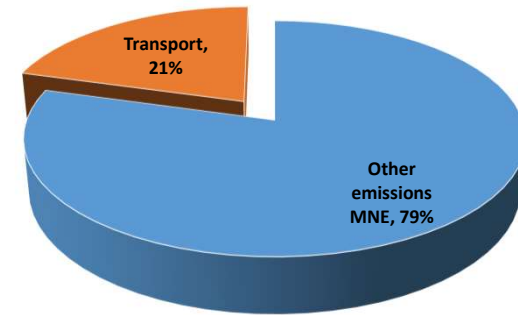
CO₂ - What is an issue?

- It is a non toxic Greenhouse Gas which contributes to global warming
- Human activity and consequent energy use raise the level of CO₂ in the atmosphere.
- Globalisation has lead to an increase in trade and transport.
- Reducing CO₂ emissions is a global issue and everyone needs to take their respective responsibilities.

CO₂ - Who produces globally

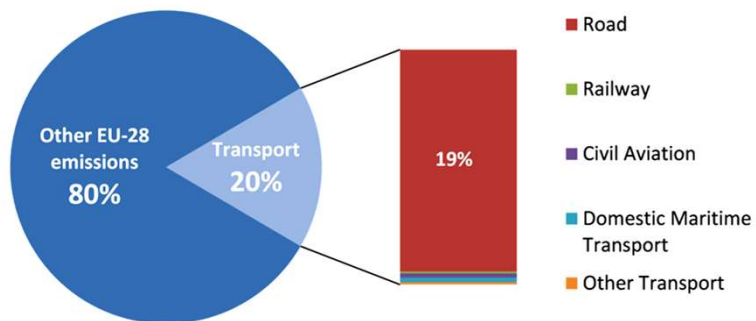


CO₂ - Who produces in Montenegro



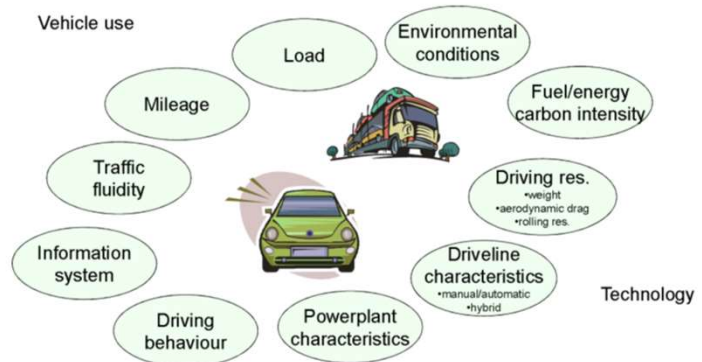
Emission of CO₂ in transport sector in Montenegro
(Drugi nacionalni izveštaj Crne Gore o klimatskim promjenama)

CO₂ - Who produces in EU

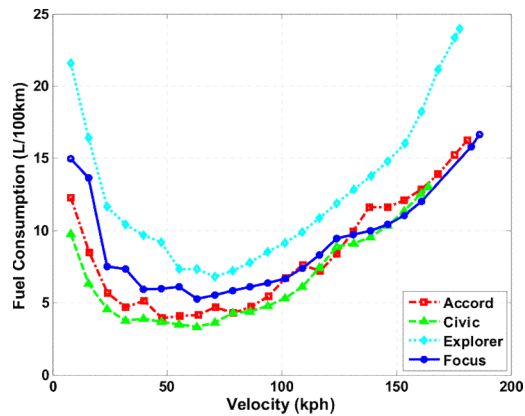


Emission of CO₂ in transport sector in EU
(<http://climatepolicyinfohub.eu/>)

Factors affecting fuel consumption

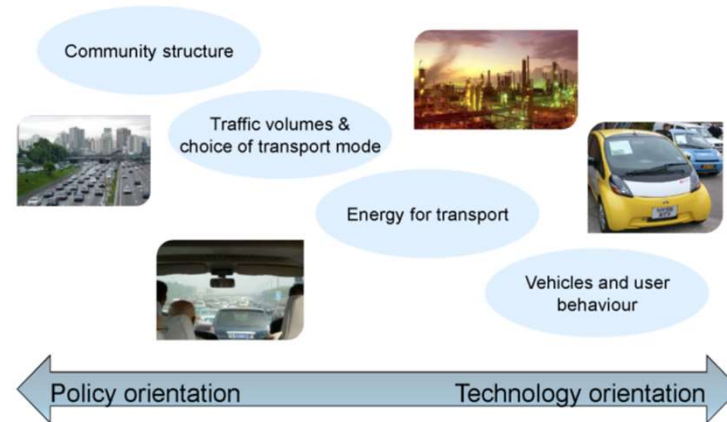


Fuel consumption vs Vehicle speed

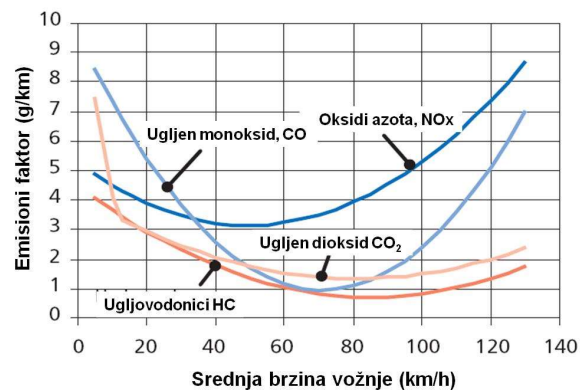


Source http://j.mp/speed_mpg

Elements determining the environmental impacts of traffic



CO₂ emission vs Vehicle speed



Emission vs vehicle speed

TECHNOLOGY ORIENTATION

- Energy efficiency – improved IC engine technologies
- Alternative powertrains – Hybrids, EVs, FCs
- Alternative fuels – biodiesel, bioethanol, biomethane etc

Key engine technologies to promote energy efficiency

- For all ICE types the pathway into the future includes :
 - reducing the physical size of the engine and increasing relative load ("downsizing")
 - improving boosting technologies
 - implementation of direct fuel injection
 - reduction of friction
 - increase in control parameters
 - powerful control systems
 - electrification of auxiliaries
- The main challenge
 - simultaneous reduction of fuel consumption and regulated exhaust emissions
- Future possibilities
 - combining the best features of Diesel and Otto (spark-ignited) engines
 - waste heat recovery (with a focus on heavy-duty engines)

Hybrid and electrical vehicles

Today's powertrain portfolio

Defined as EV in this report ✓ Primary ✗ Secondary

... To a portfolio of powertrains			Propulsion		Energy generation/source		
			ICE	E-motor	ICE ¹	Plug-in ²	Fuel Cell ³
ICE	Internal Combustion Engine Volkswagen Golf	Driving with conventional combustion engine only	✓		✓		
HEV	Hybrid Electric Vehicle Toyota Prius	Driving with combustion engine and/or e-motor	✓	✗	✓		
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle Mitsubishi Outlander PHEV	Driving with combustion engine and/or e-motor, plug-in to recharge battery	✗	✓	✓	✓	
REEV	Range Extended Electric Vehicle BMW i3 with range extender	Driving with e-motor only, ICE & plug-in (or fuel cell) used to recharge battery		✓	✓	✓	✓ Currently in pilots
BEV	Battery Electric Vehicle Nissan LEAF	Driving with e-motor only and storing energy in battery		✓		✓	
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle Hyundai ix35 Fuel cell	Driving with e-motor only and storing energy in hydrogen		✓		✗	✓

From one technology... Internal combustion engine

Key vehicle technologies to promote energy efficiency

Passenger cars:

- smaller and lighter vehicles
- reduced performance
- hybridization, electrification

City buses:

- reduced weight
- hybridization, electrification

- HD trucks for highway use
 - improved aerodynamics

TECH CHART OF THE DAY

Top 6 markets of plug-in electric passenger car sales in 2017

Country	Total passenger car sales	Percent of passenger car sales
China	579K	2.3%
US	200K	1.2%
Norway	58K	36.7%
Japan	56K	1.3%
Germany	54K	1.6%
UK	45K	1.8%

Sources: ACEA; CAAM; InsideEVs; BEA; JAMA

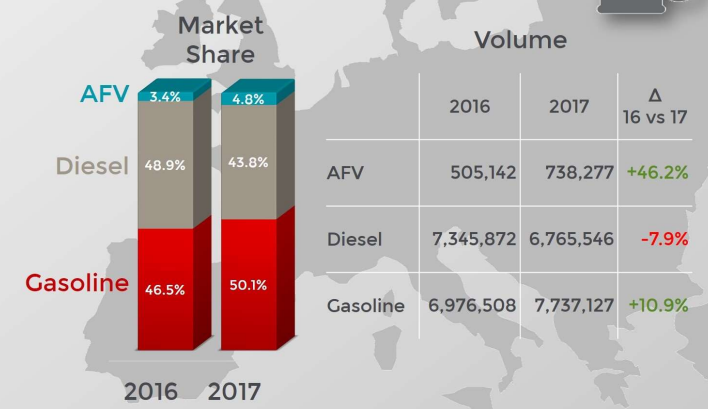
*Note: including plug-in hybrids and light trucks

statista | BUSINESS INSIDER

2017 CAR REGS. BY FUEL-TYPE

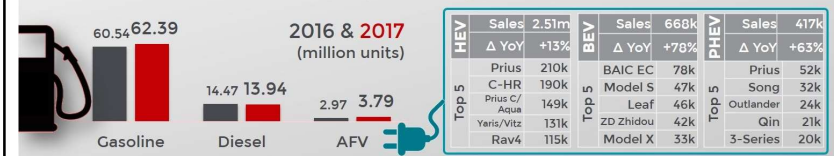
EUROPE-26

JATO



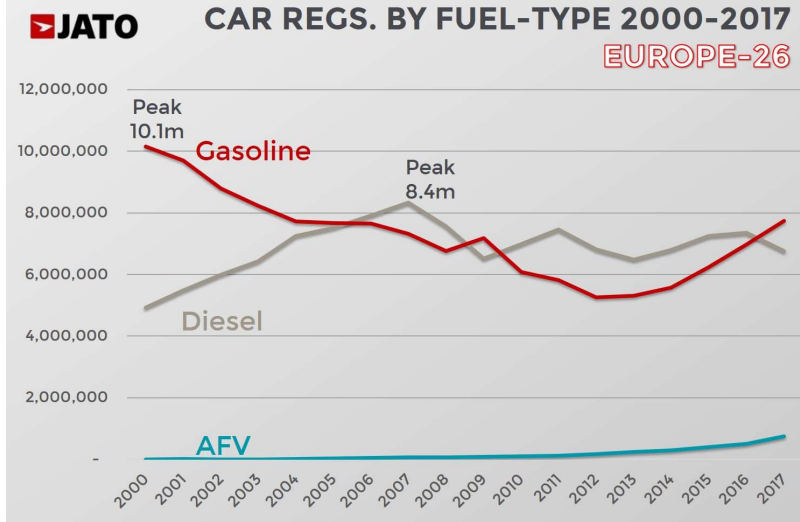
Global Car & LCV Sales by Fuel type 2017

JATO

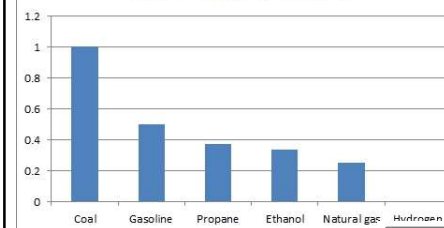


CAR REGS. BY FUEL-TYPE 2000-2017

EUROPE-26

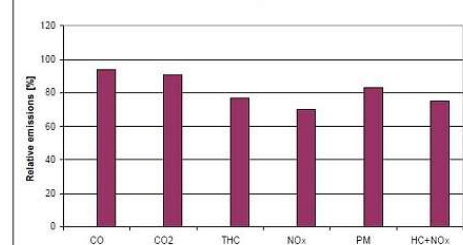


Carbon/Hydrogen Ratio



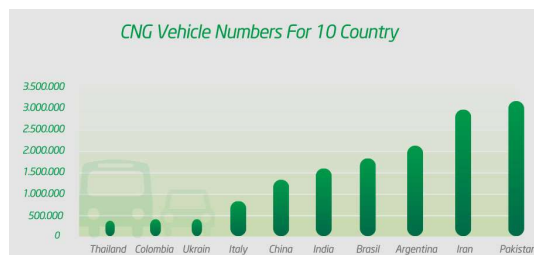
LPG-G3 relative emissions LD

Petrol = 100%

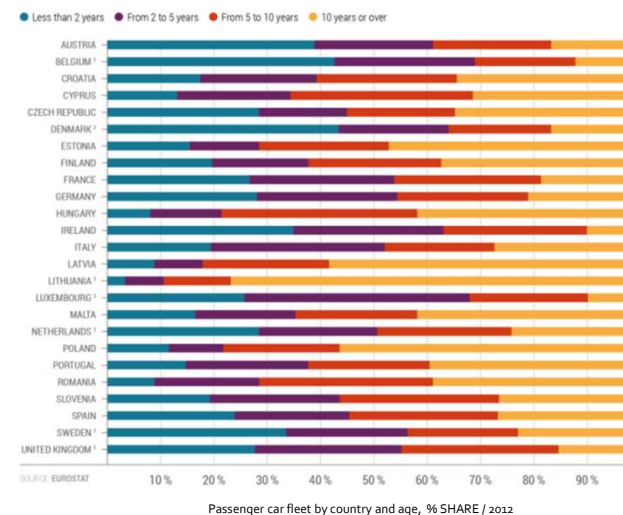




LARGEST LPG FLEETS BY COUNTRY 2013



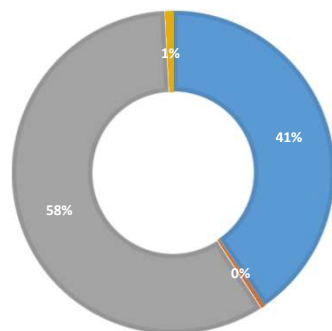
EU passenger car fleet age



Passenger car fleet by country and age, % SHARE / 2012

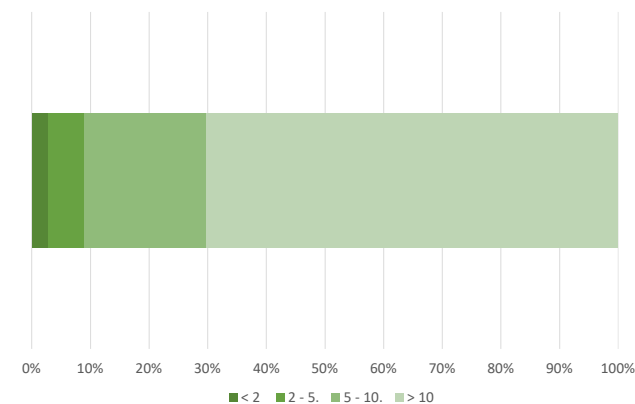
Montenegrin vehicle fleet by fuel type

Eurosuper 95 Eurosuper 98 Eurodizel Auto Gas



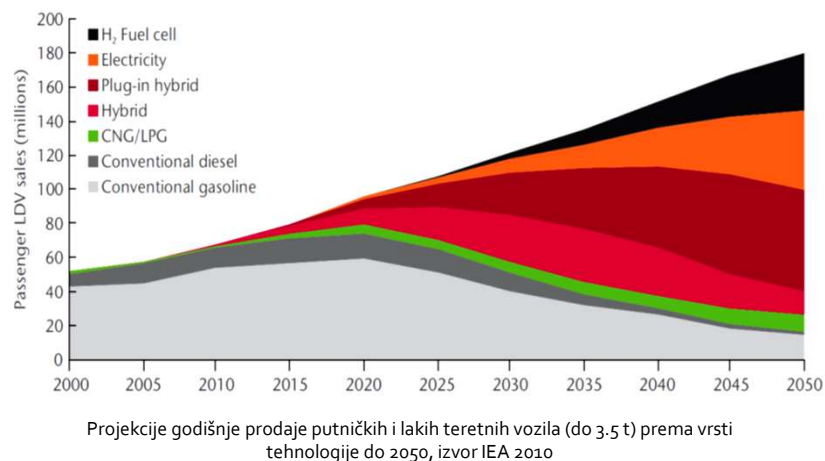
Potrošnja energenata u drumskom saobraćaju Crnoj Gori, 2013

Montenegro passenger car fleet age



Passenger car fleet age in Montenegro % SHARE / 2013

New registrations projections



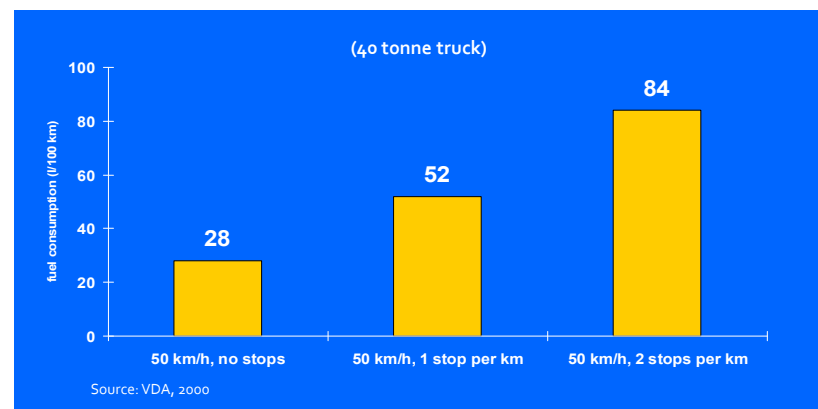
POLICY MAKING - INFRASTRUCTURE

- Road congestion increases CO₂ emissions by 300%.
- Congestion is responsible for 100 billion litres of wasted fuel in the United States alone and is a source of unnecessary CO₂ emissions!

Possible solutions to lower CO₂ in Montenegro regarding vehicle technology

- Renewing old car fleet (EURO 6 standard instead of EURO 5)
- Promoting alternative renewable fuels / biofuels through implementation of EU fuel standards EN 590 and EN 228
- Promoting alternative powertrains

Road congestion increases fuel consumption



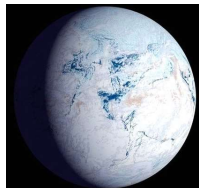
DRIVER BEHAVIOUR

- Driver behaviour – eco driving
 - Anticipate traffic flow
 - Maintain a steady speed at low RPM
 - Shift up early
 - Check tyre pressures frequently at least once a month and before driving at high speed
 - Consider any extra energy required costs fuel and money
- Additional tips – eco driving
 - Turn off engine at short stops
 - Do not increase vehicle weight
 - Do not worsen the aerodynamics of vehicles
 - Rarely used assistive devices in the vehicle that consume fuel

- Pod prirodnim djelovanjem gasova sa efektom staklene bašte podrazumijeva se prirodni proces zahvaljujući kojem se na Zemlji zadržava dovoljno toplote, što čini život na njoj mogućim.
 - Zahvaljujući gasovima sa efektom staklene bašte (gasovi koji "kontroliraju energiju koja prolazi kroz atmosferu apsorbujući infracrveni dio spektra") temperatura na Zemlji se zadržava na nivou na kojem je ona sada. Da nije ovih gasova, temperatura na Zemlji bi bila niža za oko 30-40 °C.
 - Problemi nastaju zbog naglog povećanja koncentracije ovih gasova usljed čega se na Zemlji zadržava veća količina toplote u odnosu na raniji period.
 - Najznačajnije posljedice klimatskih promjena su:
 - ☐ porast globalne temperature,
 - ☐ porast nivoa mora,
 - ☐ promjene u padavinama.
- a što ima za posljedicu
- ☐ uticaj na populaciju, ekosisteme, poljoprivredu, šume, vodne resurse i dr.

Efekat staklene bašte ...

The Earth without the greenhouse effect



Average temperature -18 °C

The Earth thanks to the greenhouse effect



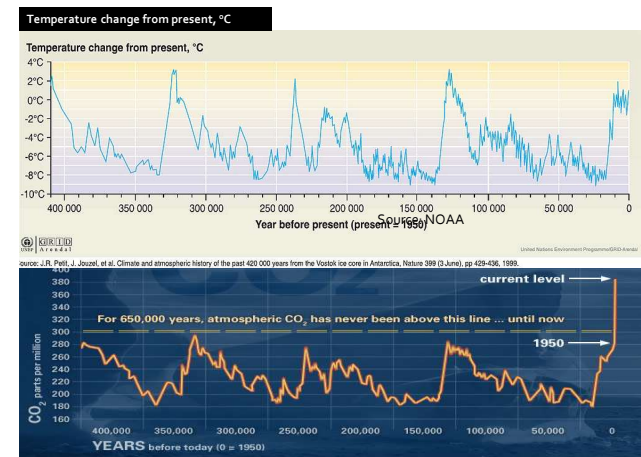
Average temperature 14 °C

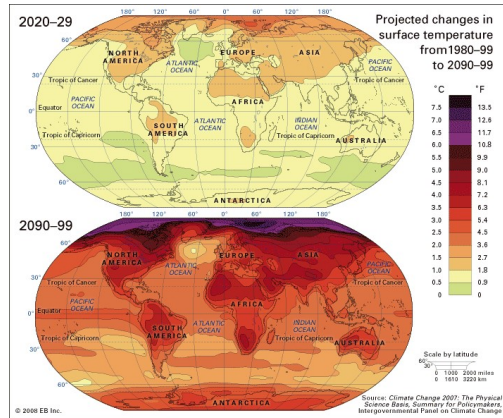


The Earth with enhanced greenhouse effect
Average temperature >14.5 °C
(so far...)

34

Klima se neprestano mijenja tokom vremena usljed prirodnih varijeteta...



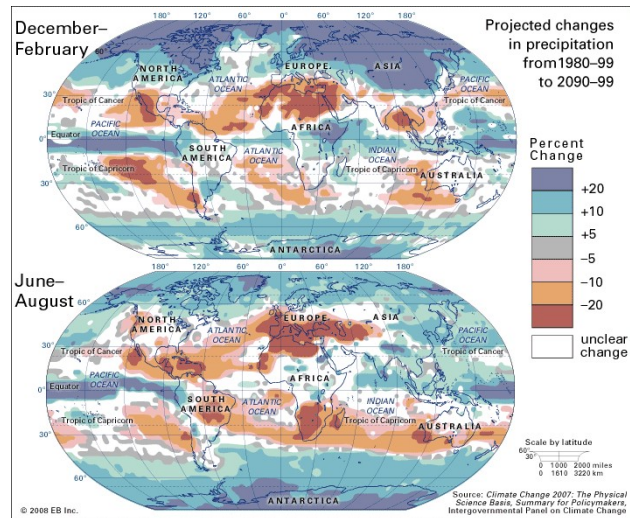
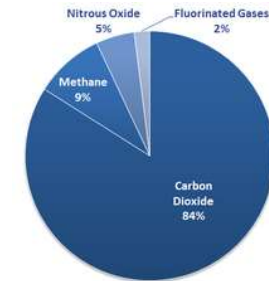


37

Man-made GHG emissions

- Kyoto Protocol has identified six main gases as:

- Carbon dioxide (CO₂);
- Methane (CH₄);
- Nitrous oxide (N₂O);
- Hydrofluorocarbons (HFCs);
- Perfluorocarbons (PFCs);
- Sulphur hexafluoride (SF₆).

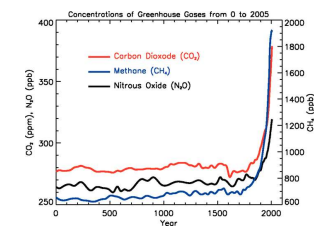


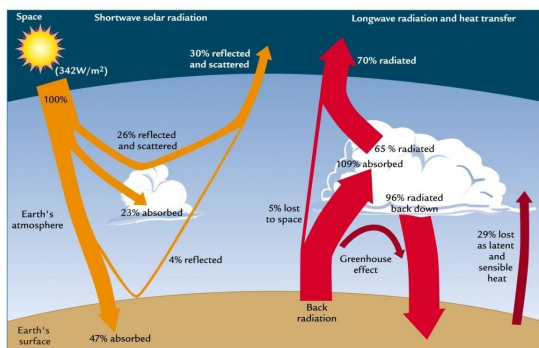
38

Antropogeno povećanje koncentracija GHG

Source: World Meteorological Organization (WMO)

Greenhouse gases	Concentration (1750)	Concentration (2009)	Increase	Warming potential	RF
Carbon Dioxide (CO ₂)	280 ppm	386.8 ppm	38%	1	63.6%
Methane (CH ₄)	700 ppb	1803 ppb	158%	21	18.1%
Nitrous Oxide (N ₂ O)	270 ppb	322.5 ppb	19%	310	6.3%
F-gases (CFCs, HFCs, SF ₆)	-	900 ppt	-	140 - 23900	12%





1896. godine, naučnik Arhenijus je prvi upotrijebio izraz "efekat staklene bašte" i predvidio je da će se sagorijevanjem fosilnih goriva povećati koncentraciju CO_2 u atmosferi što će dovesti do povećanja temperature zemljine površine, tj. do globalnog zagrijavanja.

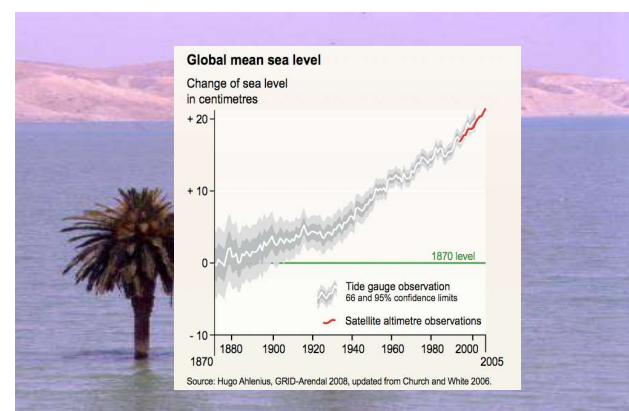
41

- Prema Konvenciji o klimatskim promjenama (1992) pod klimatskim promjenama se podrazumijeva "promjena klime koja je direktno ili indirektno uslovljena ljudskim aktivnostima koje izazivaju promjene u sastavu globalne atmosfere zbog čega dolazi do kolebanja klime osmotrene tokom uporedivih vremenskih perioda".
- Smatra se da klimatske promjene nastaju kao posljedica djelovanja gasova sa efektom staklene bašte.
- Prema odredbama Kjoto protokola gasovi sa efektom staklene bašte, čije ograničenje je predmet regulisanja ovog dokumenta, jesu:
 - ugljen-dioksid (CO_2), (ukupni efekt 53%)
 - metan (CH_4), 13%
 - azot-suboksid (N_2O), 6-7%
 - fluorougljovodonici: (20%)
 - a) vodonikfluorougljovodonici (HFCs)
 - b) perfluorougljovodonici (PFCs)
 - c) sumporheksafluorid (SF_6).
 - Vodena para, H_2O
 - Ozon, O_3

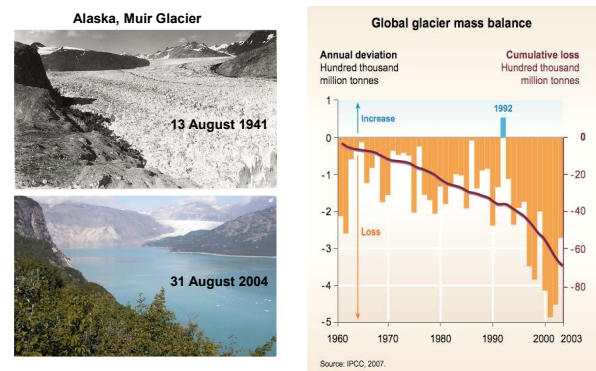
- Većina energije koje sunce zrači je u obliku vidljivog i blizu-vidljivog (ultraljubičasta i infracrvena) zračenja.
- Oko dvije trećine dolazećeg sunčevog zračenja zagrijava površinu i atmosferu zemlje, dok se ostali dio reflektuje od površine zemlje (snijeg i led) i atmosfere (oblaci) i vraća nazad u kosmos.
- Absorbovana svjetlost se pretvara u toplotu i reemituje u obliku nevidljivog infracrvenog zračenja.
- Ovo zračenje djelimično napušta atmosferu, ali se značajan dio absorbuje u njoj od strane gasova staklene bašte.
- Toplota koja se absorbuje ovim gasovima se reemituje u svim pravcima.
- Dio infracrvenog zračenja koji se vraća na površinu zemlje ima za posljedicu njeno usporeno hlađenje.
- U zadnjih 100 godina prosječna temperatura na zemlji je porasla za o.6°C.

42

Topljenje glečera, podizanje nivoa mora ...



Topljenje glečera, podizanje nivoa mora ...



45

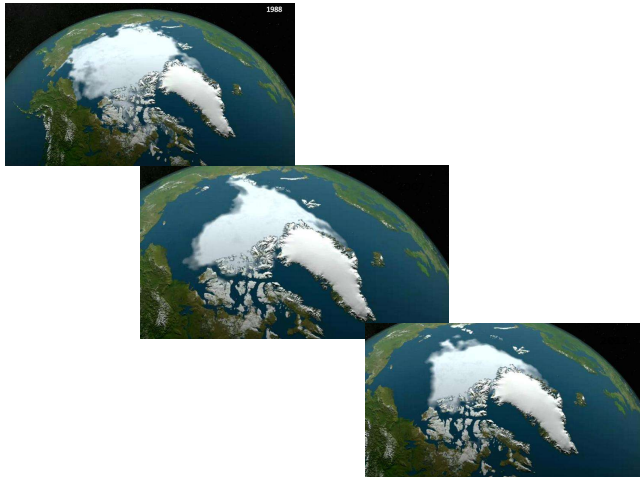
Changes in distribution and behavior of animal and plant species
across the globe

- This can interfere with timing of interlinked biological processes
- Species decline or may even become extinct



Photo credits: Donna Dewhurst, US Fish and Wildlife Service / Peter van der Wolf, Ecomare / Kathy Crane, NOAA Arctic Research Program

47



46

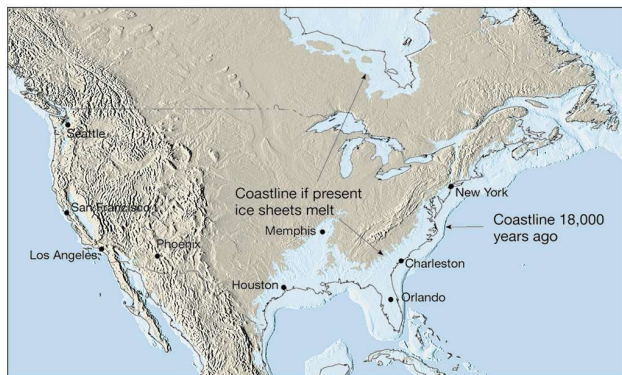
Flooding of land-areas



Estimates for 2081-2100 range from
0.26-0.98 meter (IPCC)
(relative to 1986-2005)

48

Sea Level Changes due to Ice Ages and Ice Cap Melting



Copyright © 2002 by Tasia Graphic Arts, Inc.

Azot monoksid, NO

- NO je bezbojan, bezukusan i relativno netoksičan gas. Molarna masa mu je 30.006 g/mol.
- U prirodi se stvara u zemljištu, kao i rezultat sagorijevanja biomase, električnog pražnjenja u atmosferi (munje) i oksidacijom NH_3 putem fotohemijских procesa.
- Antropogeni NO nastaje usljed procesa sagorijevanja na visokim temperaturama:



- Glavni antropogeni izvori uključuju motorna vozila, termoelektrane, industrijski kotlovi, gradske spalionice i zagrijavanje domaćinstava.
- Kada prilikom sagorijevanja NO ne oksidira u NO_2 , on odlazi sa produktima sagorijevanja u atmosferu, gdje oksidacijom sa kiseonikom u roku od devet dana nastaje NO_2 .



- NO u vazduhu može pretvoriti u azotnu kiselinu, koja dalje utiče na stvaranje kiselih kiša. NO i NO_2 oba utiču na smanjenje ozonskog omotača.

NO_x

Oksidi azota
(NO+NO₂)

Azot dioksid, NO₂

- NO_2 je gas sa bojom koja varira od žute do braon u zavisnosti od koncentracije u atmosferi. Molekularna masa je 46.0055 g/mol.



- Oporog i oštrog je mirisa, a zbog velike brzine oksidiranja je toksičan i korozivan.
- NO_2 se može proizvesti nizom atmosferskih procesa koji uključuju relativno sporu oksidaciju,
 - $2 \text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_2$
- Kao i ubrzane fotohemijske reakcije sa ozonom O_3 i jedinjenjima vodonika.

- NO₂ se formira usljed procesa sagorijevanja. Na visokim temperaturama N₂ se kombinuje sa O₂ stvarajući NO:



- NO₂ je osnovni uzročnik nastanka fotohemijskog smoga – troposferskog ozona.
- Prilikom hemijskih reakcija u atmosferi može nastati aerosol smeđe boje kao i azotna kiselina HNO₃ (sa H₂O gradi jaku azotnu kiselinu HNO₃), koji se talože na zemlju ili koje u vidu kiselih kiša zagađuju zemljište i vode.
- Kod ljudi NO₂ djeluje razdražljivo na oči i disajne puteve, i dovode do širenja krvnih sudova.

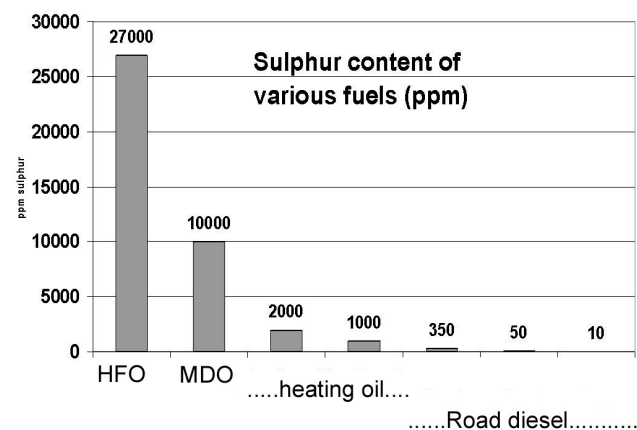
Sumpor dioksid, SO₂

- Sumpor dioksid SO₂ je preovlađujuće jedinjenje sumpora stvoreno sagorijevanjem u brodskim motorima.
- SO₂ je bezbojan gas, nezapaljiv, oštrog mirisa i kiselog ukusa. Molarna masa mu je 64.07 g/mol.
- U prirodi se javlja kao posljedica vulkanskih aktivnosti.
- SO₂ nastaje pretežno kod sagorijevanja uglja i produkata nafte čiji se sadržaj sumpora kreće u granicama od 0,5% (5000 ppm ili mg/kg) pa na više. Pri sagorijevanju nastaje i SO₃ u relativno maloj količini (od 3 do 8 % od ukupnih količina sumpornih jedinjenja).
- Sa stanovišta aerizacije važne su reakcije SO₂ pri kojima nastaje SO₃, H₂SO₄. Reakcije su katalitičke ili fotohemijske.
- SO₂ u atmosferi oksidira u SO₃, vrijeme transformacije zavisi od vlažnosti vazduha i prisustva čvrstih čestica, ubrzavajući katalitički oksidaciju. U granicama 2 do 4 dana (u suvom i čistom vazduhu) ili za 10 minuta (na vlažnom i prašnjavom vazduhu), oksidacijom pređe više od 50 % iz SO₂ u SO₃. Oksidaciju SO₂ u SO₃ potpomaže UV zračenje.
- SO₃ reaguje sa H₂O obrazujući agresivnu sumpornu kiselinu H₂SO₄ (kisele kiše).
- SO₂ se može hemijskim promjenama u atmosferi transformisati i u aerosol ili čestice SO₄ (sulfati).

SO_x

Oksidi sumpora

SO_x emisija je direktno zavisna od sadržaja sumpora u gorivu



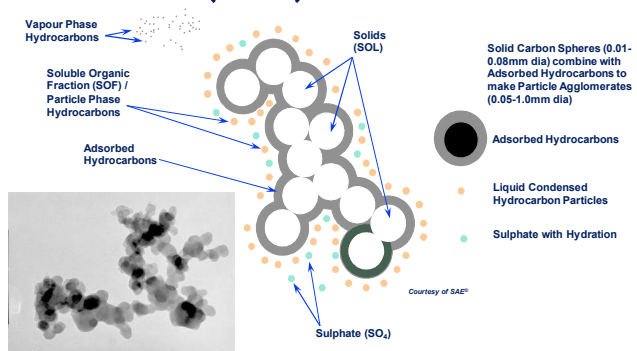
PM

Particulate Matter

Čestice

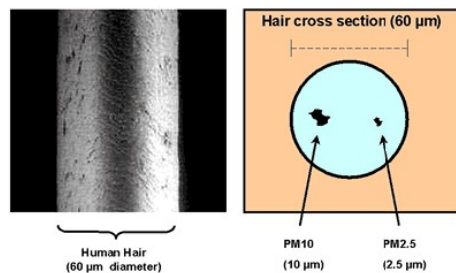
57

Diesel Particulate Matter (PM)



- Lebdeće čestice: PM₁₀–PM_{2,5}
- Mixture of sulphur, ash, metals, unburnt fuel, ...

HOW SMALL IS PM?



Povezani problemi sa emisijom NO_x, SO_x, PM

1. Kisele kiše
2. Troposferski ili prizemni ozon (smog)
3. Pogoršanje kvaliteta vazduha

Glavni impakti – acidification (Kisele kiše)

- NO_x , SO_2 u vazduhu reaguju sa vodom i stvaraju kiseline
- Kisele kiše ili suva depozicija
- Zakiseljavanje životne sredine (zemljišta i mirnih vodenih površina)
- Geteborg protokol

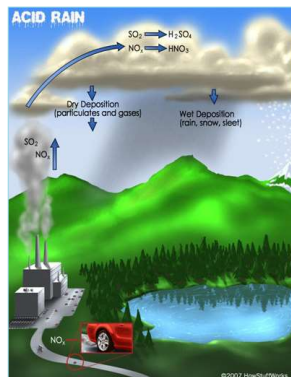
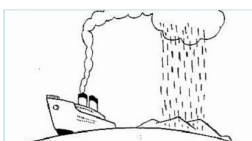
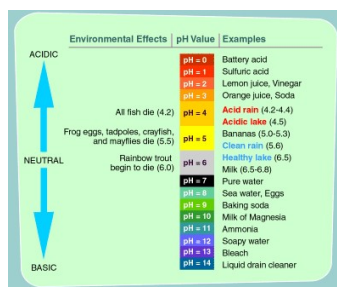


Illustration credits: Air Pollution and Climate Secretariat/Science – How Stuff Works

- Izraz 'kisele kiše' je prvi spomenuo 1856. godine britanski hemičar Robert Smit kada je posmatrajući dim nastao ljudskom aktivnošću ustanovio da može uticati na kiselost padavina.
- Proces nastanka kiselih kiša (padavina) odvija se tako što se emitovani sumpor-dioksid i azotni oksidi pod dejstvom vode u atmosferi pretvaraju u sumporastu (H_2SO_3) ili azotnu kiselinu (HNO_3) i kao takvi dopijevaju na zemlju.
- Osnovna karakteristika kiselih kiša (padavina) je da je pH vrijednost ovakve vode kada dopiye na zemlju znatno ispod normalne (između 5 i 6, a nekada i niže), dakle znatno veće kiselosti od normalne.
- Zato se ovi procesi u vezi sa kiselim kišama najčešće označavaju kao "zakiseljavanje" ili "acidifikacija".
- Posljedice - kada dopiju na zemlju, u vodu, na biljni i životinjski svet ili građevine.

- Voda može biti kisela, neutralna ili bazna, što se određuje na osnovu "pH" skale.
- Čista voda ima pH 7.0.
- Prirodna kiša je blago kisela jer se u njoj rastvara CO_2 stvarajući karbonsku kiselinu, dajući joj pH od oko 5.6.
- Kisela kiša ima kiselost od oko 4.2



Prirodni fenomen

- Glavni prirodni fenomen koji doprinosi stvaranju gasova od kojih nastaju kisele kiše jesu vulkani i pojedini biološki procesi koji se odigravaju na kopnu, okeanima, močvarama i dr. Glavni biološki izvor sumpornih jedinjenja jeste dimethyl sulfide ($\text{CH}_3)_2\text{S}$.
- Kiseli talozi su otkriveni u ledenoj kori koja potiče od prije par hiljada godina.

Ljudske aktivnosti

- Glavni uzročnik sumpornih i azotnih jedinjenja jesu termoelektrane, fabrike i motorna vozila.
- Ove supstance, kada se jednom ispuste u atmosferu, tamo mogu da ostanu po nekoliko dana, pri čemu najčešće bivaju transportovane daleko do mjesta emitovanja.

Posljedice kiselih kiša

- Niže vrijednosti pH u površinskim vodama koje su posljedica kiselih kiša mogu da naprave velike štete po ribe i ostale vodene životinje. Sa povećanjem kiselosti rijeka i jezera biodiverzitet se smanjuje.
- Biologija i hemija zemljišta se može oštetiti usljed kiselih kiša. Pojedini mikrobi ne mogu da tolerišu smanjenje pH.
- Šume su veoma osjetljive na kisele kiše, pogotovo one na visokim planinama jer su često okružene oblacima i maglom koje su kiseliye od kiše.
- Kisele kiše oštećuju i objekte na zemlji koji su napravljeni od pojedinih materijala. Ovo nastaje kada sumporna kiselina u kiseloj kiši hemijski reaguje sa kalcijumovim jedinjenjima u kamenu stvarajući gips, koji se lako raspršuje.
- Kisele kiše povećavaju brzinu oksidacije metala, posebno bakra i bronzе. Dolazi i do smanjenja vidljivosti usljed sulfatnih i nitratnih čestica u atmosferi.
- Postoji direktna zavisnost ljudskog zdravlja od kiselih padavina. Sulfatne i nitratne čestice mogu biti uzročnik raznih bolesti i prijevremene smrtnosti kao što su kancer i dr.

Glavni impact – kvalitet vazduha (troposferski ozon)

- NO_x, SO_x, VOC i PM emisije doprinose stvaranju smoga
- Glavna komponenta je ozon (O₃)
- Prizemni ozon je toksičan:

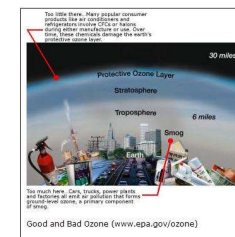
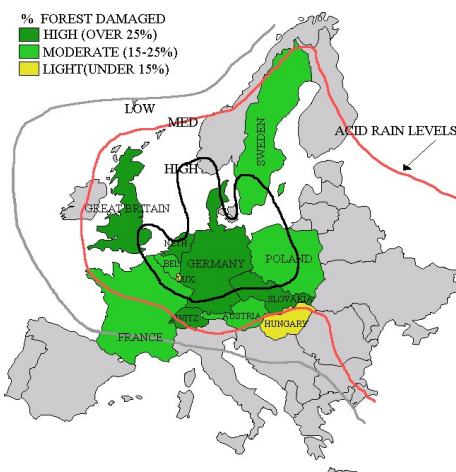
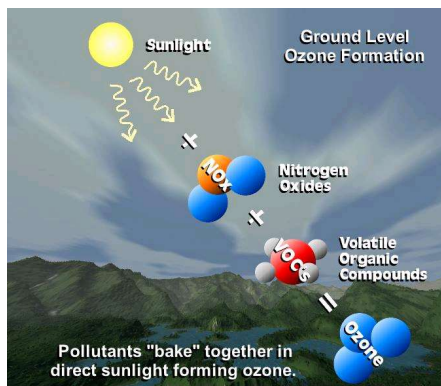


Photo credits: NOAA's National Weather Service Collection John Neander/ EPA



- Troposferski ozon se naziva "lošim" jer je sastavni dio fotohemijskog smoga. Pojavljuje se u dnevnim ciklusima.
- Fotohemijski smog je braonkasto-siva sumaglica koja nastaje kao posljedica djelovanja sunčevog ultraljubičastog zračenja na atmosferu koja je zagađena sa ugljovodonicima i oksidima azota. Sastoji se iz antropogenih zagađivača vazduha, uglavnom ozona, azotnih kiselina i organskih jedinjenja (manji dio je iz stratosferskog sloja)
- Ozon je sekundarna zagađujuća supstanca koja nastaje usljed djelovanja sunčeve svetlosti na NO_x i VOC. Proces počinje sa nagomilavanjem primarnih zagađivača u atmosferi: NO_x i VOC. Ozon se postepeno stvara putem kompleksnih hemijskih i fotohemijskih reakcija između NO_x, O₂, VOC i sunčeve svetlosti.
- Najveće koncentracije ozona se javljaju tokom toplih ljetnjih dana, pri čemu jako sunce i visoke temperature daju puni doprinos.
- Mnoge gradske i prigradske oblasti imaju visoke nivoe lošeg ozona.
- Životni vijek ozona u troposferi je oko 22 dana.



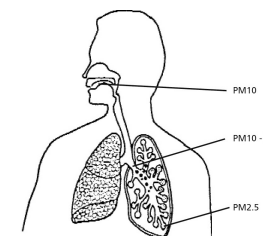
Glavni uticaj – kvalitet vazduha (PM)

PM₁₀ i manje:

- Naša pluća ih ne mogu otkriti
- ostaju u respiratornom sistemu
- prelaze u krvotok

Posljedice po ljudsko zdravlje uključuju:

- preranu smrt
- smetnje pri funkcionisanju srca i pluća
- astma
- (hronični) bronhitis
- rak



- Najznačajnije posljedice porasta koncentracija troposferskog ozona su štetne po zdravlje ljudi i to prije svega po respiratorni trakt, sluzokožu i imunitet.
- Utvrđene su štete po ekosisteme, oštećivanje različitih materijala i doprinos klimatskim promjenama
- Troposferski ozon može da smanji prinose poljoprivrenih proizvoda i da ošteti šume i ostalu vegetaciju.
- Troposferski ozon u kombinaciji sa sumpor dioksidom, SO₂, može da izazove ozbiljnije probleme po ljudsko zdravlje nego oni sami pojedinačno.
- Jedina efikasna strategija smanjenja nivoa ozona je kontrola primarnih zagađivača koji stvaraju smog: VOC (HC) i NO_x.

Pitanja ?