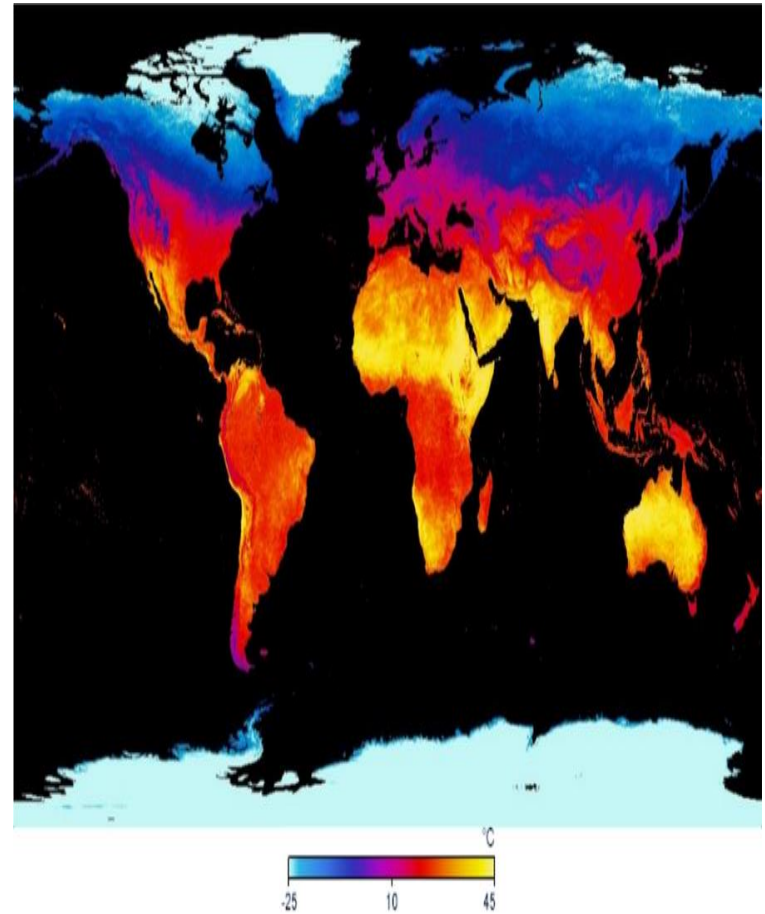
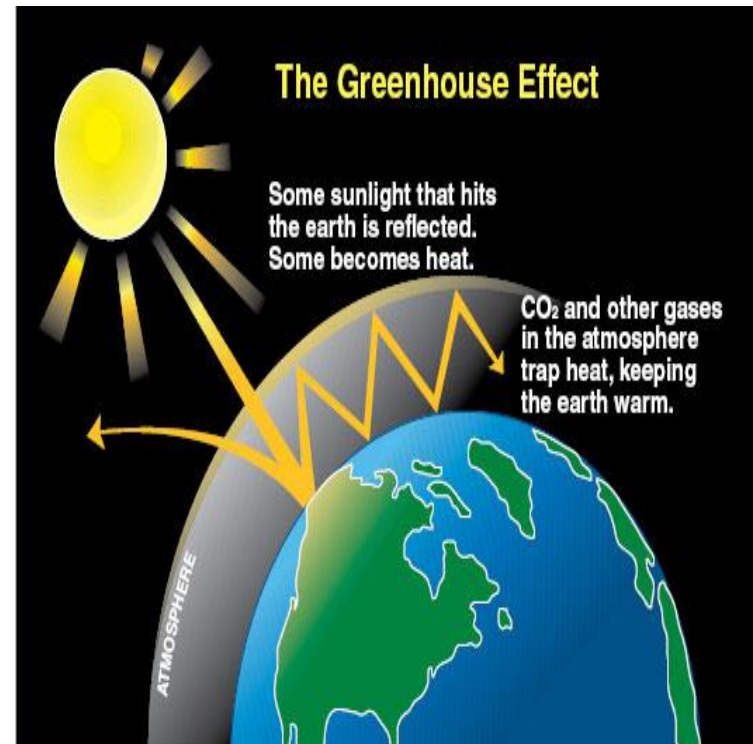


## Ефекат стаклене баште

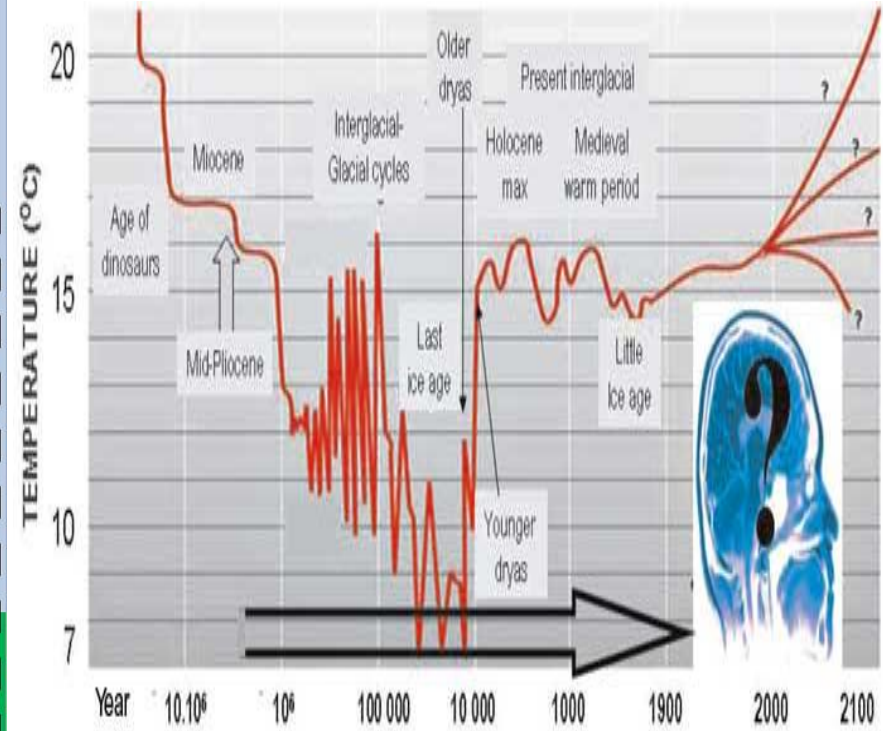
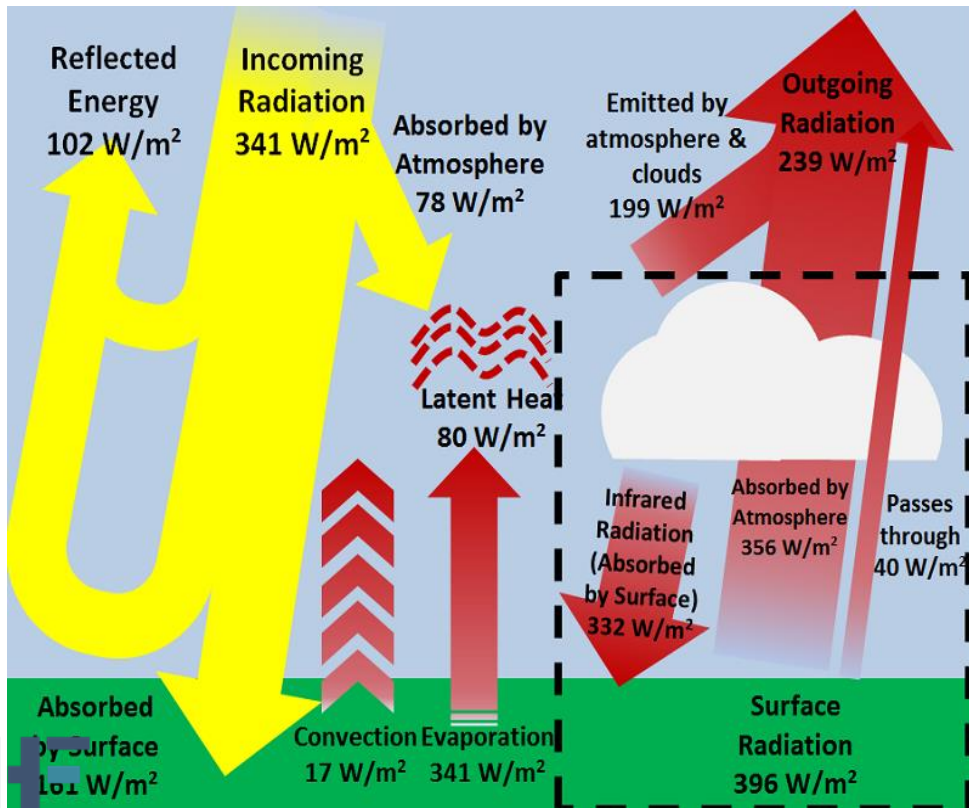
- ↑ [] гасова стаклене баште у тропосфери-ефекат који забрињава
- у ваздуху постоји неколико гасова који јако апсорбују зрачење из IR области и доводе до повећања температуре ваздуха
- CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, фреони, N<sub>2</sub>O
- што је више ових гасова у ваздуху, виша је и температура ваздуха
- CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O су производи сагоревања горива- неизбежни су, проблем!
- CO<sub>2</sub> настаје и дисањем
- CH<sub>4</sub> се емитује из биогених, геохемијских, антропогених извора, а у ваздуху може да се оксидује до CO<sub>2</sub>
- фреони- проблем за себе, њихова употреба се смањује



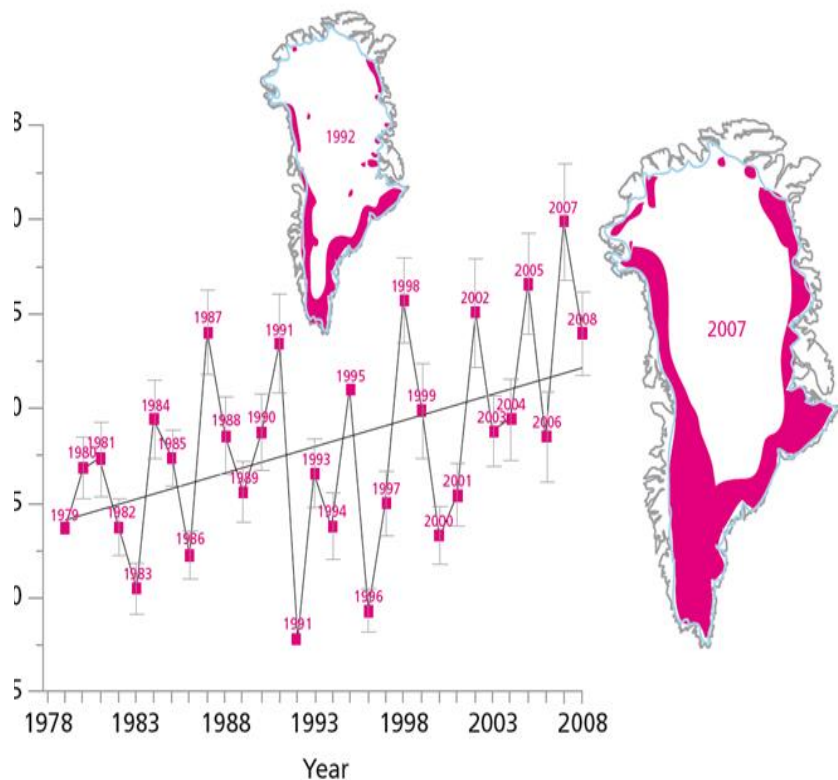
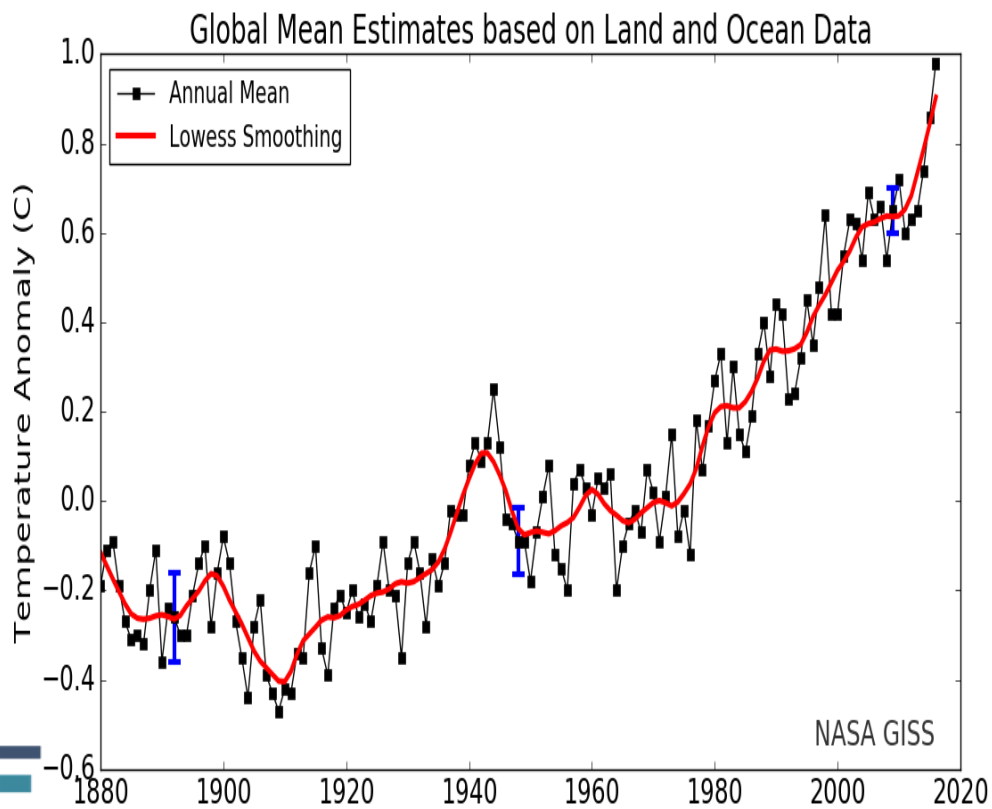
- ефекат ових гасова у атмосфери је као ефекат стакла у стакленој башти
- температура у башти је виша него ван ње, пре стакла
- када сунчево зрачење дође до гасова стаклене баште...  
...део зрачења се апсорбује и тиме акумулује топлота у слоју гасова  
...део зрачења прође кроз слој гасова и стигне до Земљине површине
- Земља апсорбује део топлоте,  
део зрачења и топлоте одбија
- ово зрачење поново, рефлектовано од Земље, долази у слој гасова
- део се поново акумулира, део пролази
- акумулирана топлота зрачења остаје у доњем слоју атмосфере- тамо велика [] гасова стаклене баште
- гасови стаклене баште сорбују енергију, она су која задржава топлоту



- сваки гас може да сорбује енергију, гасови стаклене баште изузетни зато што сорбују релативно велике количине
- због овог ефекта расте температура и мења се клима на целој Земљи
- због раста температуре се топи лед на половима
- губи се бела боја која одбија зрачење, Земља “тамни”



- због топљења леда се диже и ниво светског океана
- многа ostrva и градови могу да буду поплавлени
- од набројаних гасова  $\text{CO}_2$  је најзначајнији гас стаклене баште
- настаје из великог броја извора и има компликован циклус
- наука се концентрисала на проналажење везе између  $[\text{CO}_2]$  и раста температуре у доњем слоју тропосфере, тј. на Земљи





1982



2007



National Snow and Ice Data Center, 2007



2010 - 2030

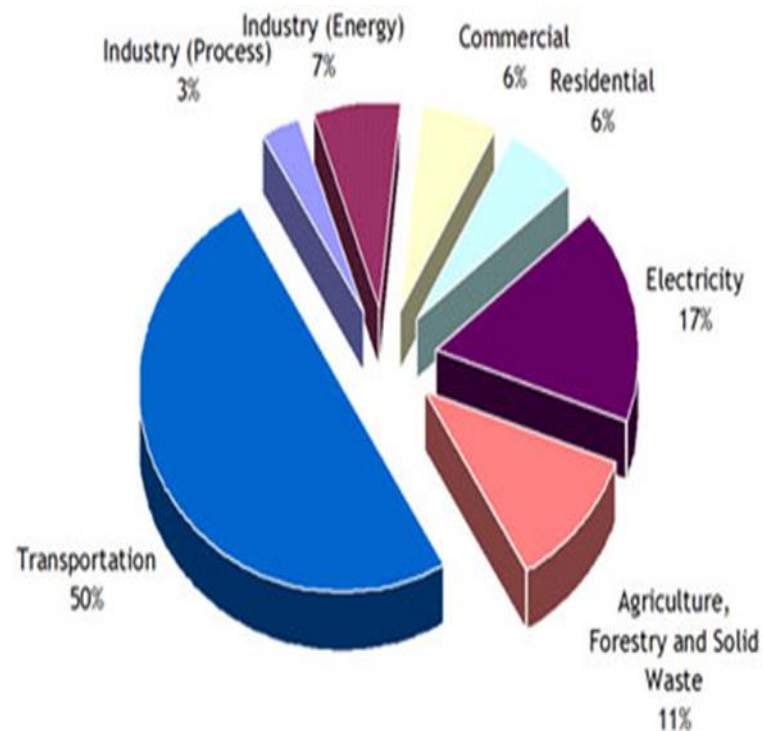


2040 - 2060



2070 - 2090

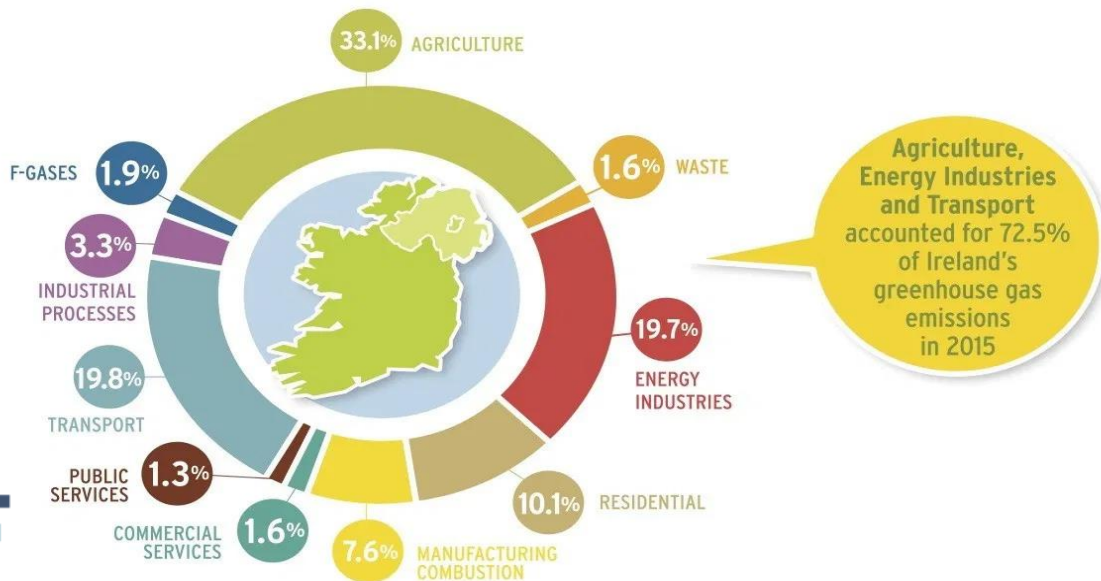
Arctic Climate Impact Assessment, 2004



- генерално, истраживања која се тичу Земље интензивирана 1957.
- то је била тзв. “Прва геофизичка година”
- те се године почело и са систематским праћењем [CO<sub>2</sub>] у ваздуху
- на 270 места дуж целе планете отпочела мерења (не само [CO<sub>2</sub>])

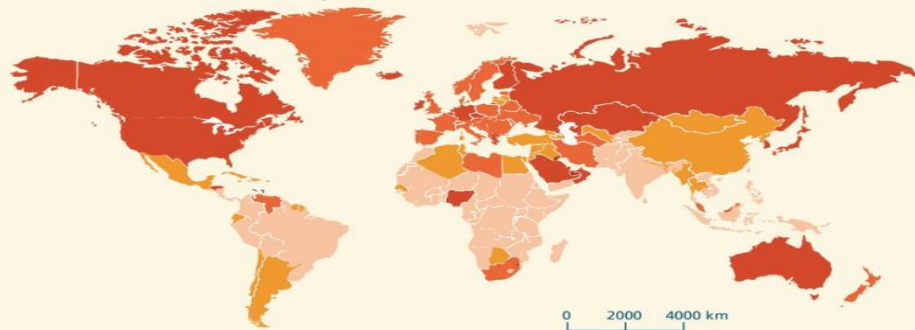
- веома много експерименталних података до сада
- три станице посебно важне: Хаваји, Антарктик, Швајцарски Алпи
- издвојене су, налазе се у релативно чистој животној средини
- на станици Мауна Лоа (Хаваји), мерењем [CO<sub>2</sub>] дошло се до податка да са протоком времена долази до раста [CO<sub>2</sub>]
- мерења свакодневна, сваког месеца се узима средња вредност
- без обзира на повремене осцилације, константан раст, благо закривљена линија

## SOURCES OF GREENHOUSE GASES

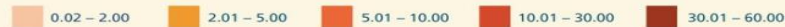


# World Greenhouse Gas Emissions

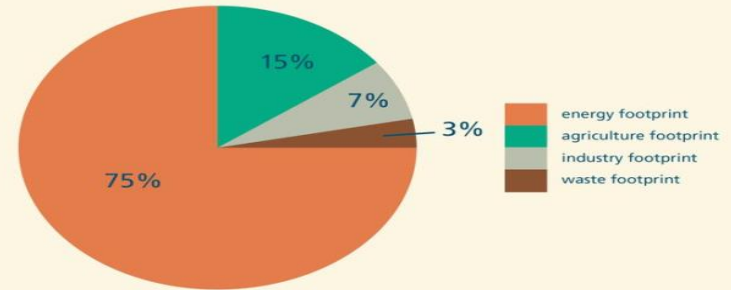
CO<sub>2</sub> emissions per capita in 2007



Unit tonnes of CO<sub>2</sub>



Breakdown of Australia's carbon footprint



Highest carbon footprint per capita



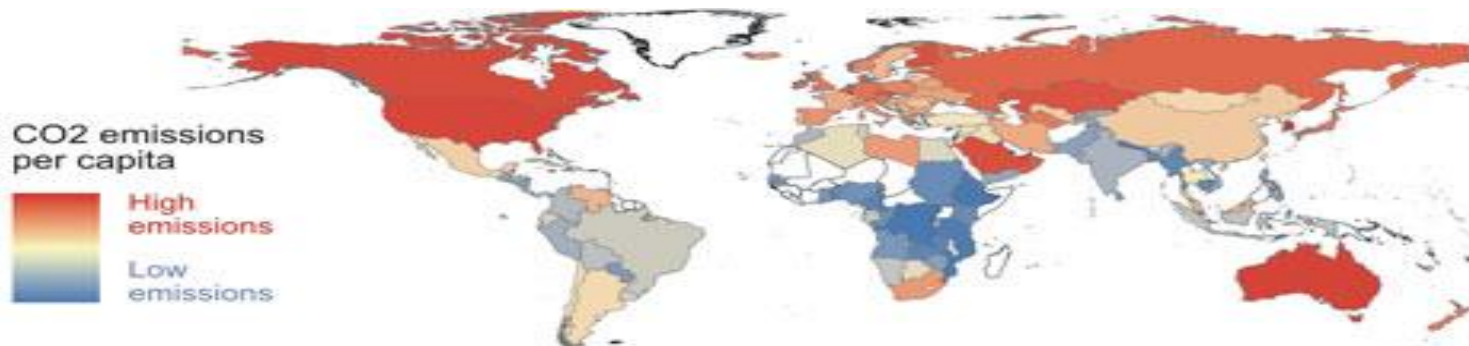
Carbon footprint of different foods



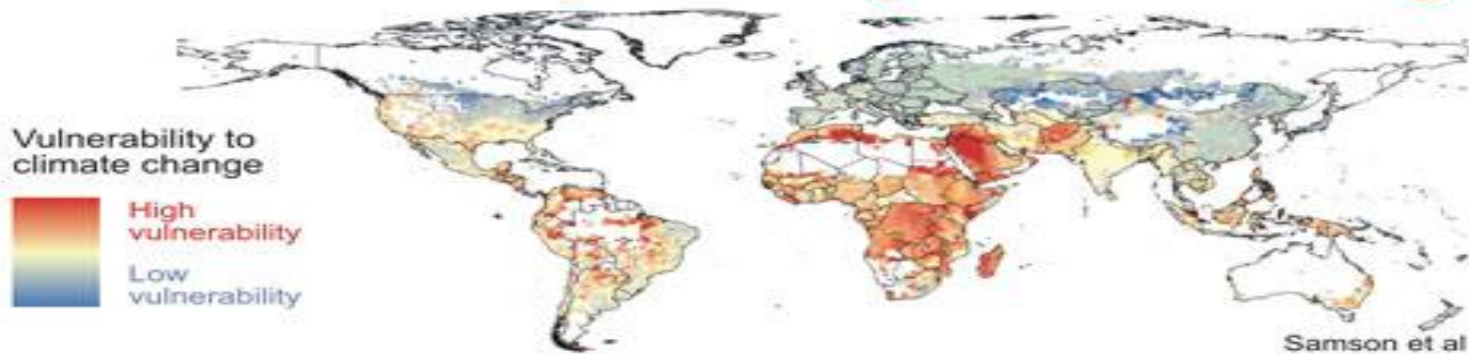
Museum2you



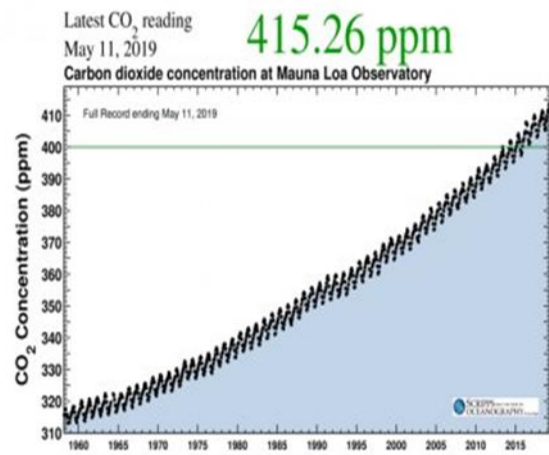
- сличан дијаграм добијен и на Антарктику
- мање осцилације, генерално раст исти
- на местима где се мерења врше од почетка 20. века (њих неколико) анализа показала тренд раста [CO<sub>2</sub>]



Those who contribute the least greenhouse gases will be most impacted by climate change

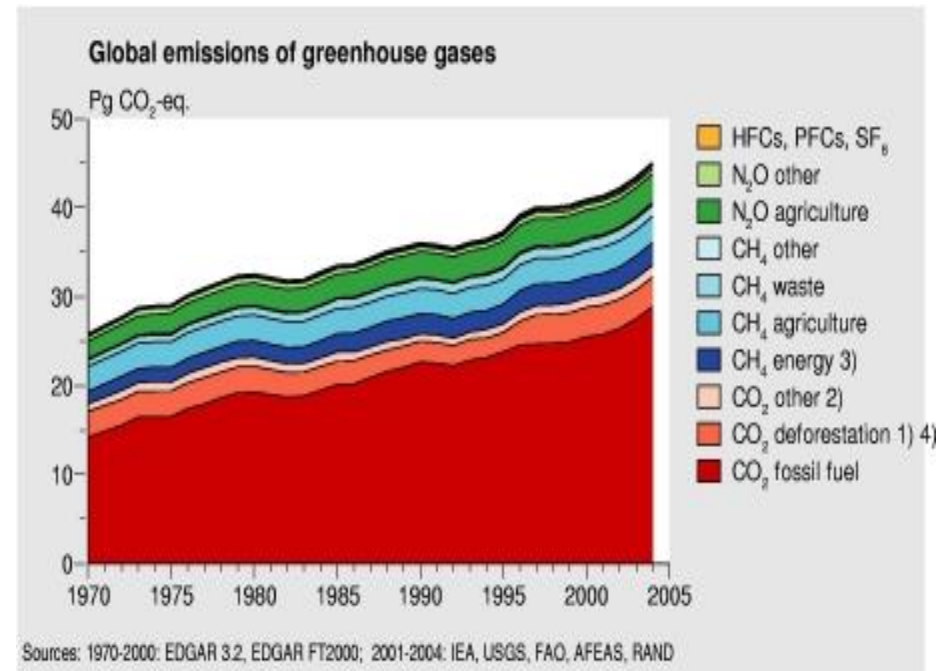
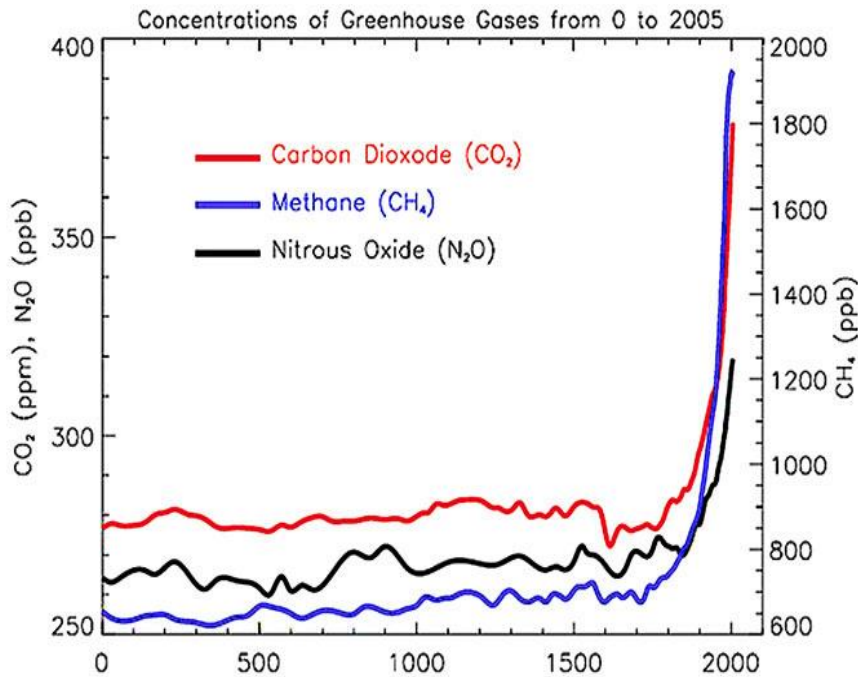


Samson et al 2011

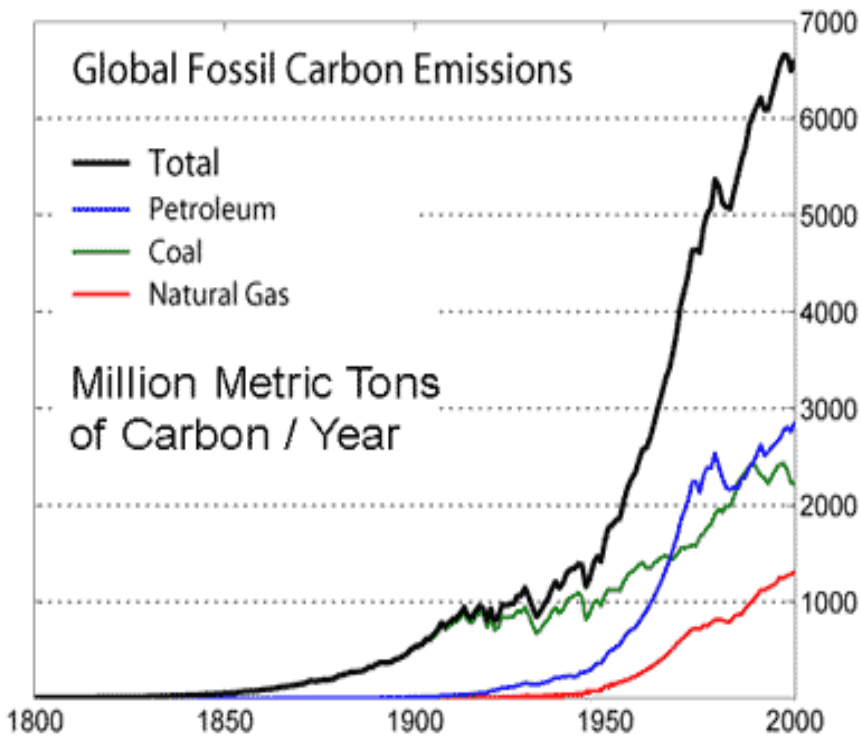




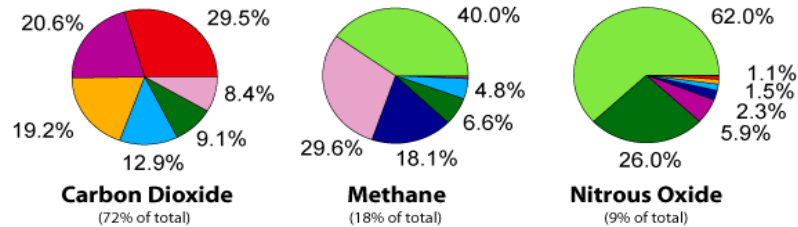
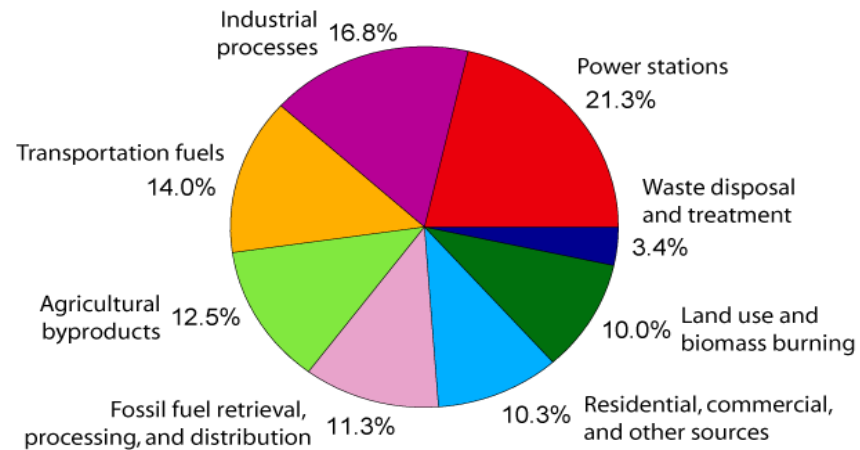
- закључак је да је раст  $[\text{CO}_2]$  неспоран
- питање је да ли је овај раст природан или га изазива човек
- Грасл и сарадници 1994. године конструисали дијаграм
- на исти дијаграм поставили зависност  $[\text{CO}_2]$  и количине произведеног  $\text{CO}_2$  сагоревањем фосилних горива од година
- када се ове две линије математички обраде, добијају се праве са истим нагибом
- закључак: између пораста  $[\text{CO}_2]$  у ваздуху и сагоревања фосилних горива постоји веза
- → пораст  $[\text{CO}_2]$  у ваздуху је узрокован антропогеним утицајем
- прецизније: раст сагоревања фосилних горива доводи до раста  $[\text{CO}_2]$
- астрофизичар Тромбли 1986. критиковао дотадашње моделе који приказују  $\text{CO}_2$  у атмосфери



- рекао да расподела CO<sub>2</sub> у ваздуху није равномерна, тј. да постоје места где се ствара више и где се ствара мање CO<sub>2</sub>
- указао да због неравномерног стварања и расподеле CO<sub>2</sub> постоје делови Земље који се више и који се мање загревају
- тамо где је [CO<sub>2</sub>] виша, виша је и T°, где је [CO<sub>2</sub>] нижа, нижа је и T°

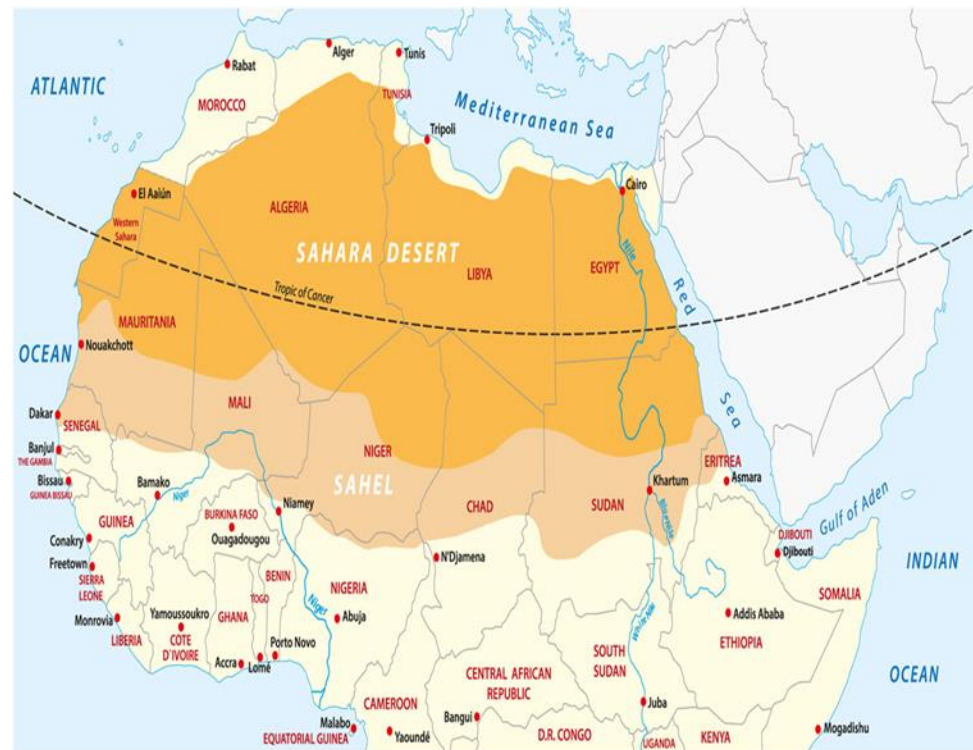
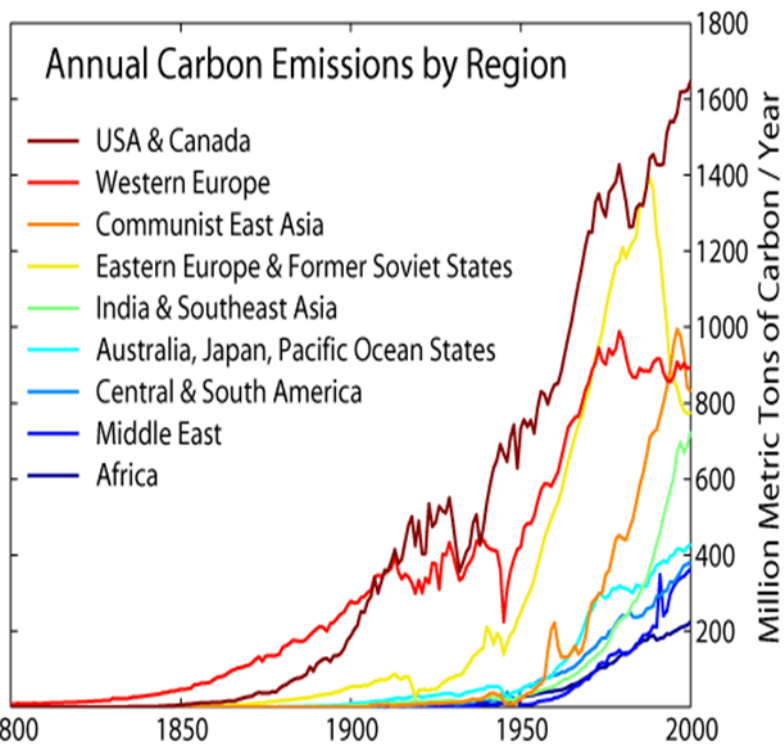


### Annual Greenhouse Gas Emissions by Sector



- да би дошло због изједначавања притиска CO<sub>2</sub>, хоризонтални ветрови померају CO<sub>2</sub> са севера, где се више ствара, ка југу
- коначни ефекат се види изнад Сахаре
- до граница Сахаре CO<sub>2</sub> може да путује, на њеној граници наилази на топлотну препреку

- стога се на границама Сахаре  $\text{CO}_2$  нагомилава
- нема биљног света који би нагомилани  $\text{CO}_2$  трошио
- због нагомилавања расте  $T^\circ$ , људи се селе, нестаје живот
- пустиња се шири, а људи који су се одселили у новим стаништима крче шуме чиме омогућавају даље ширење пустиње
- на овај начин Сахара може да на крају заузме целу Африку
- честице аеросола имају супротно дејство од  $\text{CO}_2$





- понашају се као и друге честице, део зрачења пропуштају, део одбијају, део апсорбују
- захваљујући одбијању (рефлексији), део зрачења се враћа у космос
- са повећањем [аеросол] смањује се количина зрачења коју гасови стаклене баште, па и атмосфера, могу да апсорбују
- са растом [аеросол], дакле, пада температура
- сагоревањем фосилних горива стварају се  $\text{CO}_2$  и аеросол, они потпуно супротно делују
- ипак ствара се више  $\text{CO}_2$ , а аеросол пада на Земљу пре или касније

## Интеракција гасова и воденог аеросола

- водена пара – једна од компоненти ваздуха
- тропосферски ваздух → до 4% воде у облику паре и воденог аеросола
- технички, и пара и аеросол се обично сматрају паром
- [] паре зависи од  $T^\circ$ , на вишим  $T^\circ$  већа је [] водене паре у ваздуху
- при хлађењу долази до кондензације водене паре до равнотежне []
- да би дошло до кондензације, мора постојати и чврсти аеросол тј. кондензационо језгро око кога се ствара кап која има тежину
- зато лети, после топлог дана, увече, иако захладни нема увек кише, ако нема и кондензационих језгара у ваздуху
- када олуја нанесе честице прашине- језгра- пада јака олујна киша
- само када је [] паре у ваздуху јако висока, језгра нису потребна
- долази до директне кондензације



- влажност ваздуха се не изражава апсолутном величином
- користи се релативна величина, релативна влажност ваздуха
- добија се када се стварни напон водене паре подели са теоријски максимално могућим напоном паре за дату температуру

$$\text{релативна влажност ваздуха (\%)} = (p_{\text{(H}_2\text{O)}} / p_{\text{(H}_2\text{O теоријски)}}) * 100$$

- вредности релативне влажности су готово увек мање од 100%
- ако је ваздух засићен воденом паром, вредност је 100%
- релативна влажност важна за метеорологију
- не само да показује влажност, већ и разлику до стања засићености, тј. граничне концентрације за падање кише
- важна је и са техничког становишта, од ње зависи начин рада неких инструмената и уређаја за пречишћавање ваздуха
- важна и за хемијске реакције у ваздуху, са растом [] водене паре, расте вероватноћа за одигравање неких реакција
- многе реакције се одвијају само у присуству воде

- разноврсност и интензитет реакција су већи у влажном ваздуху, рецимо, непосредно пре кише
- зато је лети више реакција него зими
- ове реакције могу да утичу и на људски организам
- вода је саставни део аеросола
- према врсти воде коју садрже, аеросолне честице се класификују у четири групе:
  1. чврсте честице разних материјала које собом носе неку количину воде у сорбованом стању
  2. аеросолне капи воде код којих превладава водена фаза, а код којих је евентуално присутан чврсти суспендован материјал
  3. аеросолне облачне капи (врста магле)
  4. крупне кишне капи
- прави аеросоли су 1, 2 и 3, док су кишне капи аеросол само кратко

t



- у магли постоје веће [] суспендованог материјала, магла може да буде и у 2. и у 3. групи
- у ваздуху долази до интеракција међу честицама и фазама
- долази и до интеракција воде у течном стању и околних гасова
- није битна величина капи, али је важан њен садржај
- вода у капи интерагује са ваздухом на исти начин као и вода у реци или океану, интеракције су универзалне- долази до растварања
- растворљивост гасова у води зависи од четири фактора:
  1. од парцијалног притиска гаса
  2. од температуре
  3. од садржаји соли у води
  4. од хемијске природе гаса
- зависност од парцијалног  $p$  гаса је у складу са Хенријевим

законом

$$C_{\text{РАВНОТЕЖНО}} = K_H \times p$$



- $K_H$  је Хенријева константа, таблична вредност за одређени гас на датој температури, обично се изражава у  $\text{mol}/(\text{dm}^3 \times \text{atm})$ ,
- правилније у  $\text{mol}/(\text{dm}^3 \times \text{Pa})$
- Хенријева константа представља [] гаса у једном литру воде када је његов парцијални притисак 1 атм
- атмосферски ваздух је смеша гасова, његов укупан притисак је 1 атм
- сваки гас, састојак ваздуха, има парцијални притисак, тј. свој удео у ваздуху
- гасови који имају већи удео (и парцијални притисак), имају, према Хенријевом закону, и већу растворљивост у води, тј. равнотежну концентрацију
- равнотежна концентрација зависи и од Хенријеве константе, што је она мања, мања је и концентрација, без обзира на  $p$
- дакле, у води не мора да се највише раствара гас са највећим парцијалним притиском из ваздуха

- Неки гасови имају, на 15 °C, следеће  $K_H$  (у mol/(dm<sup>3</sup>х atm):

NH<sub>3</sub> (90), N<sub>2</sub> (0,001), CH<sub>4</sub> (0,0017), O<sub>2</sub> (0,0015), O<sub>3</sub> (0,02), CO<sub>2</sub> (0,045),  
DDT (28), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0,00002)

- захваљујући ниској вредности Хенријеве константе, азот, на пример, није онолико заступљен у води колико би се, на основу његове заступљености у ваздуху, очекивало

- аеросол се креће кроз ваздух и улази у области са различитим  $p$

- састав аеросола се стално мења

- поготово је то случај са кишним капима које падају са великих висина

- њихов састав се мења, а на тло стижу са неким коначним саставом

- растворљивост гасова у води је обрнуто пропорционална  $T^\circ$

- са повећањем  $T^\circ$  смањује се растворљивост гасова у води ( $\downarrow$  и  $K_H$ )

- разлог је кластерска структура воде

- вода се у течном стању састоји од кластера, агломерата променљиве величине
- кластери су шупљи, тј. имају празан простор
- што су кластери већи, то су веће шупљине у њима
- што су веће шупљине, више гаса може да се раствори
- са растом  $T^{\circ}$  пада величина кластера и величина празног простора у њима, па и мање гаса може да се раствори
- добар пример је растворљивост азота ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) у води која је у контакту са чистим азотом
- опада са растом температуре
- $0^{\circ}\text{C}$ - 28,8,  $10^{\circ}\text{C}$ - 22,6,  $20^{\circ}\text{C}$ - 18,6,  $30^{\circ}\text{C}$ - 15,9
- попут азота се понашају сви гасови
- растворљивост гасова са температуром пада не линеарно, већ благо закривљено
- капи кише при паду пролазе кроз различите температурне зоне



- зато се мења састав капи и концентрација гасова у њима
- ако при паду кап иде из хладнијих кроз топлије слојеве, гасови излазе из ње
- растворљивост гасова у води је обрнуто пропорционална садржају соли, тј. концентрацији јона у води
- што је већи садржај јона у води, гасови се мање растварају
- узрок поново кластерска структура
- јони при растварању у води хидролизују, привлаче молекуле воде
- услед тога се разбијају кластери, па је мањи простор за гасове
- зато је у морском аеросолу мања [] гасова, него у континенталном
- у магли далеко од мора може бити нимало соли, а много раствореног гаса
- промене [] гасова са променом [] соли нису драстичне
- $[\text{NaCl}] 0,05 \text{ mol/dm}^3 \rightarrow 0,5 \text{ mol/dm}^3$      $[\text{O}_2] 10 \text{ mg/dm}^3 \rightarrow 8 \text{ mg/dm}^3$
- фактор хемијске природе гаса је најкомпликованији



- тешко класификовати гасове на основу везе хемијске природе и растворљивости гаса
- ипак, разликујемо три групе гасова:
  1. гасови са малом  $K_H$  и малом растворљивошћу у води који не граде једињења са водом ( $H_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2$ )
  2. гасови са релативно великом  $K_H$  и великом растворљивошћу у води који реагују са водом ( $NO_x$ ,  $NH_3$ ,  $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $H_2S$ ,  $Cl_2$ , генерално анхидриди киселина и база)
- при њиховом растварању догађају се физичко растварање и хемијска реакција гаса са водом при чему се гради једињење
- нпр.  $H_2O + CO_2 \rightarrow H_2CO_3$
- због уклањања гаса на овај начин, његова растворљивост је већа него што предвиђа Хенријев закон, он узима у обзир само физичко растварање
- Хенријев закон важи за слабо растворљиве гасове са ниским р

3. гасови са малом  $K_H$  и великом растворљивошћу у води који не граде једињења са водом

- пример за ову групу једињења је  $O_3$

- на  $15\text{ }^\circ\text{C}$  равнотежна концентрација је  $1000\text{ mg/dm}^3$

- нема доброг објашњења за овакво понашање

## CO<sub>2</sub>/CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> равнотежа

- CO<sub>2</sub> се равнотежно раствара у води



- део CO<sub>2</sub> раствореног у води реагује са водом градећи угљену киселину



- ова једначина представља угљен-диоксид-карбонатну равнотежу, једну од најбитнијих равнотежа у природним водама

- и у хидросфери и у атмосфери

- H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> је слаба киселина, дисосује два ступња



-  $k_1 = [\text{H}^+_{(\text{P})}] \times [\text{HCO}_3^-_{(\text{P})}] / [\text{H}_2\text{CO}_{3(\text{P})}]$ ,  $k_2 = [\text{H}^+_{(\text{P})}] \times [\text{CO}_3^{2-}_{(\text{P})}] / [\text{HCO}_3^-_{(\text{P})}]$

- на 15° C:  $k_1 = 3,8 \times 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$ ,  $k_2 = 3,7 \times 10^{-11} \text{ mol/dm}^3$

- у природним водама,  $\text{CO}_2$  је присутан у различитим облицима

$$\Sigma [\text{CO}_2] = [\text{CO}_{2(\text{P})}] + [\text{H}_2\text{CO}_{3(\text{P})}] + [\text{HCO}_3^-(\text{P})] + [\text{CO}_3^{2-}(\text{P})]$$

- у загађеној атмосфери цео систем може да се поједностави
- остали гасови који слично реагују су присутни у веома малој []
- може се сматрати да  $[\text{H}^+]$  јони потичу само од дисоцијације  $\text{H}_2\text{CO}_3$
- $\text{CO}_2$  је најобилнија компонента загађеног ваздуха која може да успостави рН равнотежу
- $\text{H}_2\text{CO}_3$  је јача киселина од воде
- пошто је друга дисоцијација врло слаба,  $[\text{CO}_3^{2-}]$  може да се занемари
- $[\text{H}_2\text{CO}_3]$  у раствору може да се изједначи са  $[\text{CO}_2]$

$$[\text{H}_2\text{CO}_{3(\text{P})}] \approx [\text{CO}_2]$$

- то није сасвим тачно јер  $\text{H}_2\text{CO}_3$  делом одлази из система, дисосује
- како је слаба киселина, дисоцијација може да се занемари
- строго гледано, правилно је написати  $[\text{H}_2\text{CO}_{3(\text{P})}] < [\text{CO}_2]$



- $[\text{CO}_2]$  раствореног у води на датој  $T^\circ$  добија се применом Хенријевог закона

$$[\text{H}_2\text{CO}_{3(\text{P})}] \approx [\text{CO}_{2(\text{P})}] = K_{\text{H}} \times p_{\text{CO}_2}$$

- на основу ових апроксимација, добија се израз практично употребљив за ситуације у незагађеном ваздуху:

$$k_1' = [\text{H}^+_{(\text{P})}] \times [\text{HCO}_3^-_{(\text{P})}] / K_{\text{H}} \times p_{\text{CO}_2}, \text{ односно}$$

$$[\text{HCO}_3^-_{(\text{P})}] = k_1' \times K_{\text{H}} \times p_{\text{CO}_2} / [\text{H}^+_{(\text{P})}]$$

- теоријски, наравно, уместо концентрација треба узети активитете
- јонска сила је слаба, кофицијенти активитета теже јединици, па је активитет приближно једнак концентрацији
- из прве дисоцијационе једначине  $\text{H}_2\text{CO}_3$  следи да, имајући у виду да се друга дисоцијациона реакција, као слаба, занемарује



$[H^+_{(P)}] \approx [HCO_3^-_{(P)}]$ , тј.  $[H^+_{(P)}]^2 = k_1' \times K_H \times p_{CO_2}$ , односно

$[H^+_{(P)}] \approx [HCO_3^-_{(P)}] = (k_1' \times K_H \times p_{CO_2})^{1/2}$

- на 15° C,  $k_1' = 3,8 \times 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$ ,  $K_H = 0,045 \text{ mol}/(\text{dm}^3 \times \text{atm})$ ,  $p_{CO_2} = 0,35 \times 10^{-3} \text{ atm}$ , па је

$[H^+_{(P)}] = (3,8 \times 10^{-7} \text{ mol/dm}^3 \times 0,045 \text{ mol}/(\text{dm}^3 \times \text{atm}) \times 0,35 \times 10^{-3} \text{ atm})^{1/2}$

$[H^+_{(P)}] = 2,4 \times 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$ ,

$pH = -\log [H^+_{(P)}] = 5,6$

- дакле, незагађен ваздух је слабо кисела средина

- pH незагађеног ваздуха је 5,6 и представља критеријумску вредност

- индикација да нема загађивања киселим или алкалним гасовима

- око pH незагађене атмосфере постоје и несугласице

- неки научници сматрају да је тај pH 5,4, неки и да је 5,0

- CO<sub>2</sub> се добро раствара на граничној површини воде и ваздуха

- $\text{CO}_2$  у води настаје распадањем карбоната, али и аеробним и анаеробним распадањем органских материја
- у води може бити слободан, као гас, али и везан као  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{CO}_3^{2-}$



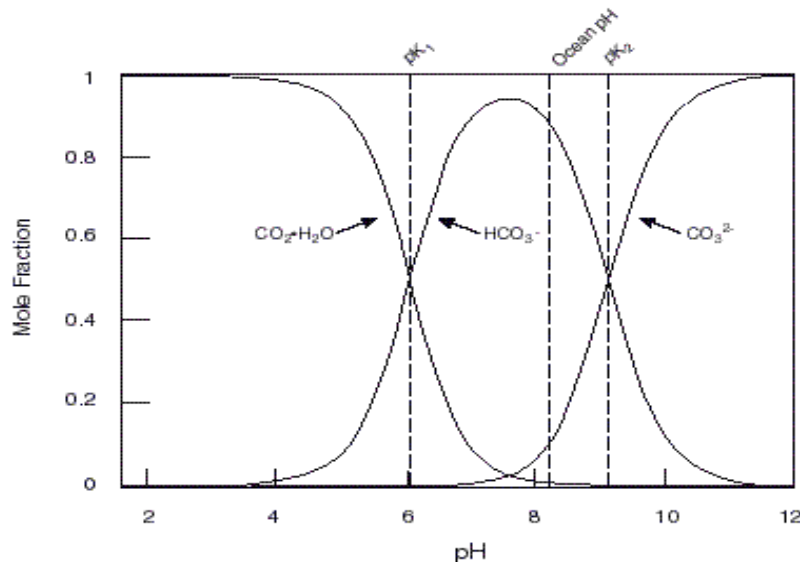
- слободан угљен-диоксид може бити равнотежни и агресивни

$$[\text{CO}_2]_{\text{укупни}} = [\text{CO}_2]_{\text{равнотежни}} + [\text{CO}_2]_{\text{агресивни}}$$

- онај део  $\text{CO}_2$  који је у равнотежи са  $\text{CO}_3^{2-}$  јесте равнотежни
- сваки вишак преко равнотежне количине је агресивни  $\text{CO}_2$
- агресивни  $\text{CO}_2$  раствара  $\text{CO}_3^{2-}$ , због чега настаје вишак  $\text{HCO}_3^-$  у води
- нагриза грађевински материјал и заштитни слој у водоводним цевима
- када је  $[\text{CO}_2]_{\text{агресивни}} > 0$ , вода је нестабилна и агресивна према металима и карбонатима
- услед мањка  $\text{CO}_2$  у води стварају се  $\text{CO}_3^{2-}$  у води и таложи каменац, тј.  $\text{CaCO}_3$ , вода је нестабилна



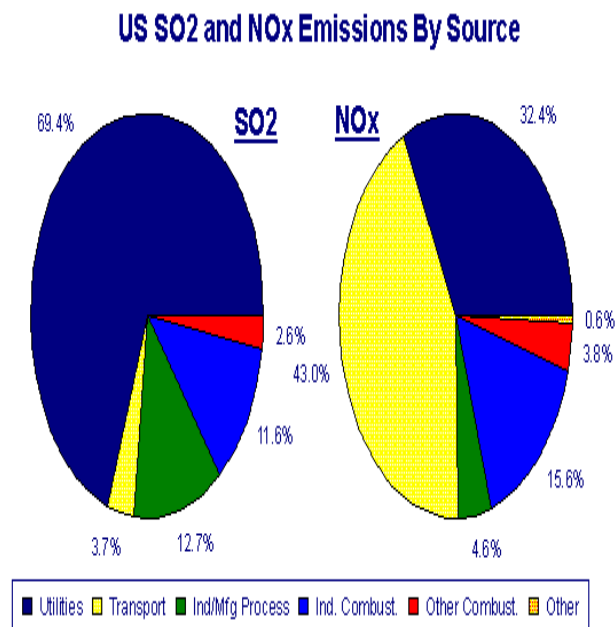
- $\text{CO}_2/\text{CO}_3^{2-}$  равнотежа показује степен zasiћености воде  $\text{CO}_3^{2-}$ , посебно  $\text{CaCO}_3$
- растворљивост зависи од  $T^\circ$ ,  $[\text{CO}_2]_{\text{укупни}}$ ,  $[\text{CO}_2]_{(г)}$ , и од присуства других јонских врста
- од pH вредности зависи присутни доминантни облик  $\text{CO}_2$
- до око pH 6 у води има највише угљене киселине (угљен-диоксида)
- на pH 6-9 (неутрална и слабо кисела и базна средина каква доминира у природним водама) доминирају бикарбонати

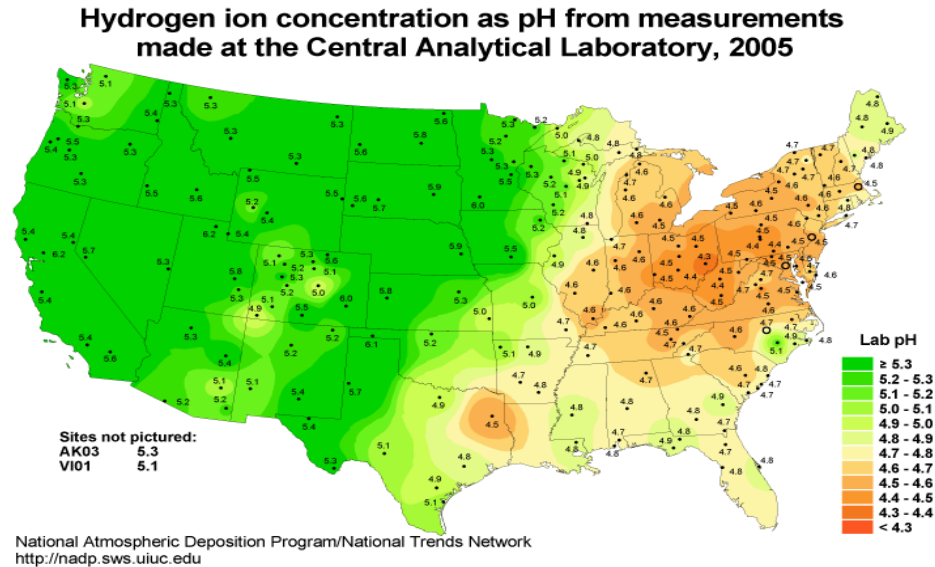
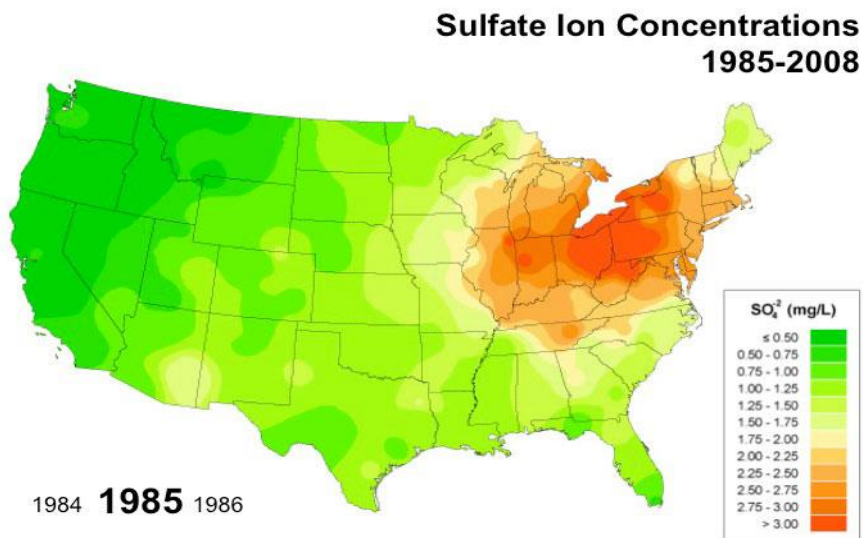


- на  $\text{pH} > 9$  доминирају карбонати
- у природним површинским водама  $\text{Ca}^{2+}$  је главни катјон
- реагује с бикарбонатима градећи слабо растворну со
- због тога је у рекама и језерима до  $250 \text{ mg/dm}^3$  бикарбоната
- постоје и такозване содне, алкалне воде, садрже мало калцијума и магнезијума, па су бикарбонати и карбонати везани за натријум
- карбонатне стене (кречњаци, лапорци, доломит) су главни извор карбоната и бикарбоната, а атмосферски и подземни ваздух-  
 $\text{CO}_2$

## Киселе кише

- киселе кише представљају један од феномена који је глобалан, а последица је загађивања ваздуха
- киселе кише- кише чија је  $pH < 5,6$
- закишељавање је последица повећаног садржаја, тј. [] киселина које су јаче од  $H_2CO_3$  ( $H_2SO_3$ ,  $H_2SO_4$ ,  $HNO_2$ ,  $HNO_3$ ,  $HCl$ )
- то значи да је и састав гасова у загађеном ваздуху неприродан
- повећан је садржај гасова који се добро растварају у води и граде киселине ( $SO_2$ ,  $SO_3$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $HCl$ )
- проблем постао актуелан '70-тих година прошлог века
- први спор се водио између САД и Канаде
- имају дугу заједничку границу, развијену металургију, индустрију, обе сагоревају велике количине фосилних горива

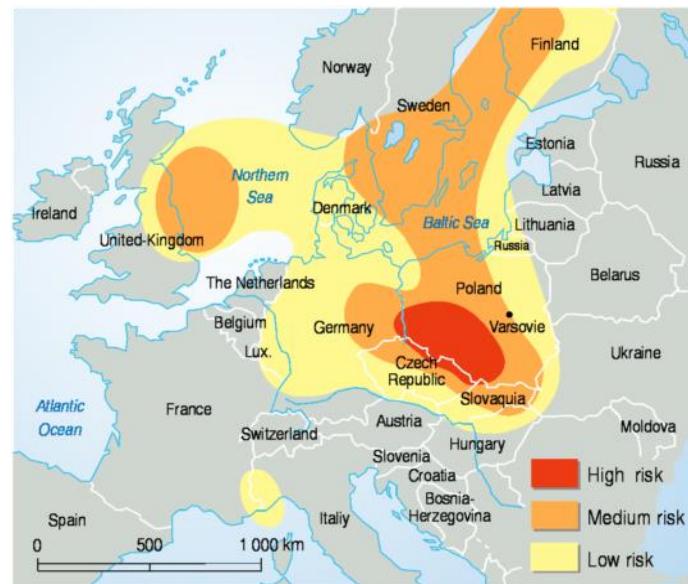


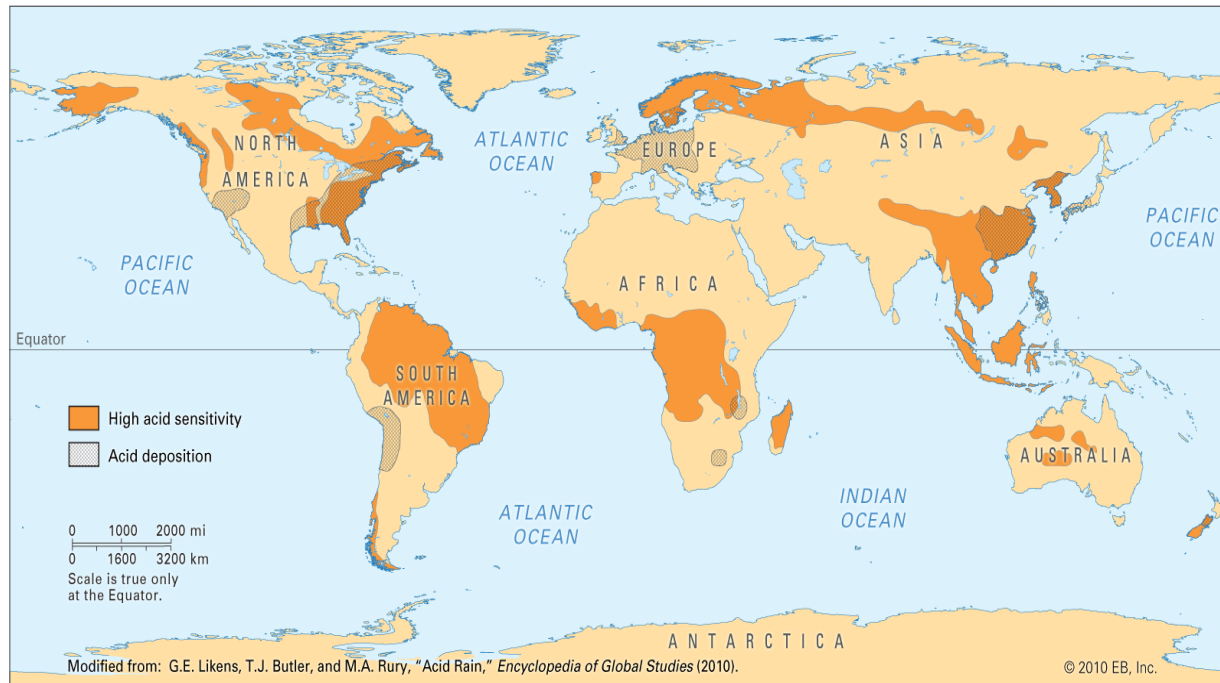


- нарочито развијени југ Канаде и север САД, област уз границу
- ветар носи емитоване оксиде час на једну, час на другу страну заједничке границе
- две земље се међусобно оптуживале за уништавање биљног света и лоше жетве као последице “увезене” киселе кише
- у време хладног рата, у Европи, спор између скандинавских земаља, пре свега Норвешке, и земаља средње Европе (Пољске, некадашњих Чехословачке и ДР Немачке)



- норвешко земљиште има мало карбоната, лако му је променити рН вредност, има веома низак пуферски капацитет
- дејство киселих киша се, стога, тамо јако осећало
- неке државе, рецимо СР Немачка, су правиле сопствене билансе, колико  $\text{SO}_2$  саме праве, а колико им стиже из других земаља
- то им служило као основа за преговоре о евентуалној надокнади штете
- постоји неколико главних ефеката киселих киша:
  1. Негативно дејство на земљиште
  2. Негативно дејство на водена тела
  3. Негативно дејство на вегетацију
  4. Негативно дејство на грађевинске материјале
- дејство на земљиште је једно од најкомплекснијих





- падањем киселих киша у земљиште стално стижу  $\text{H}_3\text{O}^+$  јони
- иако је земљиште пуферски систем, временом пада његов рН
- када падају киселе кише, разарају се, пре свега, карбонати
- док има карбоната, вредност рН земљишта је константна
- у земљишту се, приликом падања киселих киша, јављају анјони  
киселина и ослобађа  $\text{Ca}^{2+}$



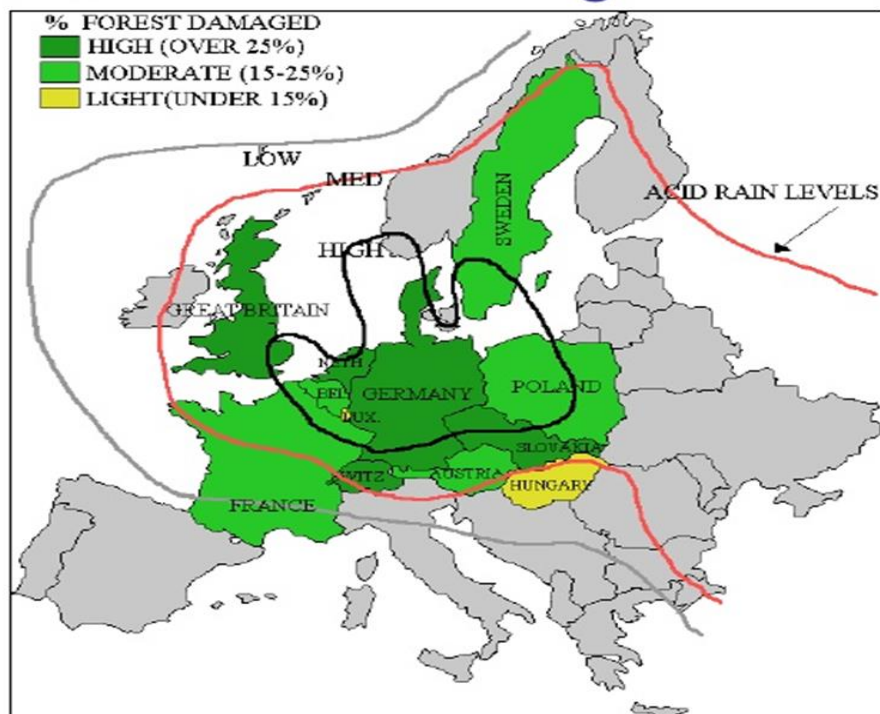
- повећава се I земљишне воде, то утиче на све процесе у земљишту
- ова промена није безазлена, мењају се равнотеже у којима учествују други електролити
- земљиште добија други карактер
- доласком јаких киселина сузбија се дисоцијација слабих киселина у земљишту, а тиме смањује и њихова способност комплексирања
- ово је јако лоше за исхрану биљака

- класичан пример: хуминске киселине
- смањена моћ дисоцијације, самим тим и комплексирања, пада њихов, а и агрохемијски значај земљишта
- јаке киселине испирају разне метале са јонских измењивача из земљишта, па расте [ ] катјона, међу њима и штетних тешких метала
- у земљишту се налазе мале количине разних оксида, међу њима и оксида гвожђа
- под дејством јаких киселина, нпр. азотне, честице хидратисаног гвожђе (III) оксида лагано кородирају, расте  $[Fe^{3+}]$   
$$Fe(OH)_3 + 3HNO_3 \rightarrow Fe^{3+} + 3NO_3^- + 3H_2O$$
- због ослобађања  $Fe^{3+}$  мења се редокс-потенцијал земљишта, то утиче на све реакције код којих је редокс-потенцијал важан
- расте и концентрација нитрата у земљишту, што је добро
- како оксиди гвожђа нису чисти, и све што је преципитовано са њима се раствара, то су често тешки метали

- штетно за вегетацију
- киселе кише утичу на  $[Al^{3+}]$  у земљишту
- $[Al^{3+}]$  у земљишту је веома ниска, јер  $Al(OH)_3$  има мали производ растворљивости
- зато се алуминијум у земљишту налази углавном у нерастворном стању, као хидроксид или оксид
- под утицајем киселих киша се повећава  $[Al^{3+}]$  у земљишту
- код растворног алуминијума је веома мала разлика између природне [] и оне која је токсична за живи свет
- често управо киселе кише доведу до тога да се та разлика надокнади
- верује се да је раст  $[Al^{3+}]$  у земљишту услед киселих киша главни разлог одумирања шума
- дејством киселих киша се загађују и водена тела, реке и језера
- посебно су угрожена нека језера (реке су мање угрожене, јер су текуће воде), која имају мали пуферски капацитет

- најчешће су угрожена алпска језера
- у њих се, да би се спречило закишељавање, повремено сипа креч
- одумирање шума је један од првих видљивих ефеката који је последица киселих киша
- разлози: раст  $[Al^{3+}]$  и других токсичних тешких метала (растворних) у земљишту

## Acid Rain affecting our forests



Because rain travels over long distances in clouds, acid rain is a global problem. This map shows just how much of a problem it is across Europe:

•Which countries are affected the most in Europe?



- кисела киша делом улази у организам биљака директно кроз листове
- мења рН, ремети разне равнотеже
- на деловима биљака, нарочито кори, који су изложени дејству киселе кише, стварају се ацидофилне плесни
- оне разарају кору, уништавају дрво

## Природни извори загађивања ваздуха

- природни извори загађивања одувек постоје
- свет и поред њих милионима година ефикасно функционисао, зато и нису озбиљно узимани у обзир
- укупна количина загађивача ваздуха сваке године све већа (све више извора загађивања, а и време задржавања супстанци дуже од године)
- почело да се води рачуна и о природним изворима загађивања, пошто се загађивања, независно од извора, сабирају
- више природних извора загађивања
- из васионе стижу зрачења различите енергије и космичка прашина настала распадом небеских тела
- зрачења ослабе током пролаза кроз атмосферу, космичка прашина добрим делом сагорева
- преостале крупније честице падну на Земљу, ситније лебде

- годишње око 10.000.000 тона космичке прашине падне на Земљу
- интересантнија када је у ваздуху, него када је на површини
- концентрација углавном повећава годишњу количину аеросола у ваздуху
- “космички” материјал садржи Ni, Mn, Fe и Si
- виши слојеви атмосфере су извор јаких оксидационих средстава (озона, хидрокси-радикала) и електрона
- непожељна једињења у тропосфери
- вулканске ерупције су значајни извори низа штетних гасова
- халогеноводоници, оксиди сумпора, водоник-сулфид, металне паре
- такође и вулкански пепео и прашина (честице метала, силиката, оксида)
- вулкани на Хавајима избацују велике количине Hg паре, а вулкан Хекла на Исланду велике количине F<sup>-</sup>

- F<sup>-</sup> у ваздуху узрок помора стоке у Северној Америци 1976. године
- вулкани избацују у атмосферу велике количине пепела и прашине које ситни ветар и носи релативно високо у тропосферу
- такав, допунски, аеросол може да годинама и деценијама кружи
- еолска ерозија је важан извор загађења атмосфере
- ветар са површине земље скида растресити материјал, ситни га, носи са собом
- створени материјал струже стене, стварајући нове количине потенцијалног аеросола
- поготово значајни пустињски ветрови
- дижу велике количине песка и преносе га на велике даљине
- чак и на друге континенте → црвено обојени киша и снег у Европи
- шумски и степски пожари- изазива их удар грома
- убрајају се у најштетније природне појаве
- непотпуно сагорева велика количина биомасе, осим H<sub>2</sub>O и CO<sub>2</sub>...



- ...добија се и велики број органских једињења, резултата краковања биљног материјала
- ова једињења често отровна или канцерогена, настају услед непотпуног сагоревања, због недостатка  $O_2$  или недовољне  $T^\circ$
- чађ - кондензована и поликондензована органска једињења
- природни радиоактивни процеси су значајни процеси који се свуда одвијају, јер су радиоактивни материјали свуда присутни
- најчешће у минималној, понекад у већој концентрацији
- у овим процесима се ствара низ штетних радионуклида који могу да дођу у атмосферу и представљају проблем
- природни радиоактивни процеси не би били важни да нису у спрези са антропогеним активностима
- ако се, приликом градње зграда, користе бетон или гранит који садрже радиоактивне елементе, стално зрачење унутар четири зида

- океани и мора дају природни, морински аеросол
- биосфера ствара читав низ супстанци које учествују у укупном дејству загађивача
- стварање  $\text{NO}_x$  нитрификацијом, микробиолошка редукција азотових једињења у  $\text{NH}_3$ , анаеробно настајање  $\text{H}_2\text{S}$  редукцијом  $\text{SO}_4^{2-}$ , анаеробно настајање  $\text{CH}_4$ , испаравање терпена...
- посебну категорију представља прашина-цветни прах помоћу кога се биљке размножавају
- јавља се од пролећа до јесени, одређено тиме када која биљка цвета
- полен је фини прах присутан у ваздуху у великој количини
- представља допунски аеросол, не загађује атмосферу али учествује у многим реакцијама у ваздуху и има алергено дејство на човека
- дејство свих природних загађивача ваздуха се сабира са дејством антропогених загађивача ваздуха



## Самопречишћавање ваздуха

- постоје процеси у природи који омогућавају да се ваздух сам пречисти, тзв. процеси “самопречишћавања”
- иако се на њих раније није обраћала пажња, данас су у њеном центру, пошто су најефикаснији и најјефтинији начин пречишћавања
- најважнији начин самопречишћавања је кроз атмосферске падавине
- нарочито је киша важна
- свака кап кише долази у контакт са састојцима ваздуха, укључујући загађиваче (гасове, аеросол, честице прашине)
- кап кише их апсорбује, углавном до равнотежне концентрације
- загађивачи одлазе у земљиште, остаје чист стуб ваздуха
- исто важи и за пахуље снега и честице града, оне адсорбују на површини
- киселе кише су производ самопречишћавања ваздуха који има негативне последице на земљиште и материјале

- човек не може глобално да утиче на атмосферске падавине
- може, додуше, да их изазива вештачки убацавањем аеросола који ће послужити као кондензационо језгро
- тиме, међутим, ремети систем, и додатно загађује ваздух
- ваздух се пречишћава и везивањем прашине и аеросола за лепљиве површине
- нпр. влажне површине биљака, земљишта
- битна улога шума, као ваздушног филтера- честице се лепе на биљни материјал, из шуме излази пречишћен ваздух
- један од разлога због кога се строго регулише сечење шума
- таложeње (седиментација) такође доводи до пречишћавања ваздуха
- под дејством силе теже таложe се прашина и аеросол
- један од процеса самопречишћавања је и процес кондензације пара и других састојака ваздуха на хладним површинама...
- ...биљкама, земљишту, воденим телима, хладним крововима...

- на хладним површинама долази до кондензације водене паре и кокондензације
- са паром се кондензују и паре других састојака, па и загађивача чија концентрација није довољно висока да би спонтано кондензовали
- адсорпцијом на било ком порозном материјалу такође се пречишћава ваздух
- земљиште је порозно, има велику површину, самим тим и велику адсорпциону моћ
- у добро уређеним парковима су, осим дејства дрвећа, могући и други процеси, ако постоји довољно слободног земљишта
- неки земљишни микроорганизми су у стању да користе штетне гасове из ваздуха (СО, на пример)
- тако се, уз адсорпцију земљиштем, ваздух додатно пречишћава
- асфалт је, за разлику од земљишта, хидрофобан и компактан

- увек је, дакле, боље имати макар и запуштену башту од лепо поплочаног тротоара
- вода има важну способност да раствара гасове из ваздуха
- нарочито је важна морска вода, која је слабо алкална, и има веома велику површину → значајно регулише киселе оксиде ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ )
- осим што делује стабилизујуће на киселе оксиде, апсорбује и аеросол
- ветрови су такође важан фактор самопречишћавања
- разблажују загађиваче, важно је да се код планирања насеља остави довољно простора за нормално струјање ваздуха
- за самопречишћавање су важне и неке реакције разарања загађивача које се одвијају у самом ваздуху
- оксидационе, неутрализационе и фотохемијске реакције
- нпр. оксидација хидрокси-радикалом, јаким оксидационим средством, пожељним при малим [] јер оксидује и одстрањује неке загађиваче



- на тај начин се од отровног CO добија неотровни CO<sub>2</sub>, који је, додуше, гас стаклене баште
- неке врло непожељне супстанце, аеросоли (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, на пример) уклањају се помоћу инертних честица прашине



- и паре неких органских загађивача (хлороформа, на пример) могу да се оксидују хидрокси-радикалом, уз добијање производа који се даље трансформишу



- ако се пажљиво анализирају процеси самопречишћавања ваздуха види се да на неке човек не може да утиче...
- ...на атмосферске падавине, дејство земљине теже, дејство морске воде

- на неке факторе, пре свега, просторно уређење - може
- оно мора бити такво да фаворизује самопречишћавање ваздуха

## Принципи заштите ваздуха од загађивања

- процеси самопречишћавања важни, на њих се, ипак, не смемо ослонити
- трају извесно време, при томе немају довољан капацитет
- проблеми настали загађивањем су акутни и морају се брзо решавати
- траже се решења која омогућавају, барем за кратак период времена, заштиту ваздуха од загађивања
- постоје и супстанце које не подлежу процесима самопречишћавања, па се не могу да на тај начин одстранити из ваздуха- пример, фреони
- због свега наведеног је присутна тежња да се ваздух заштити од загађивања, а не да се делује када је ваздух већ загађен
- постоје четири принципа, стратегије заштите ваздуха

## 1. Избор технологије која не загађује

ово је најбољи и најефикаснији начин заштите ваздуха

поента је да се у свакој производњи изабере технологија која ће, осим што ће бити технолошки погодна, минимално загађивати ваздух

није једноставно, велики проблем за данашње хемичаре

ипак могуће да се нађу технологије код којих се чак и отпадни материјал прерађује- тзв. безотпадне технологије

отпада увек има, адекватан би назив био малоотпадне технологије

највећа количина отпада који настаје код оваквих технологија се рециклира

## 2. Пречишћавање отпадних гасова и загађеног ваздуха

пречишћавање отпадних гасова је по свом квалитету нижег ступња од избора технологије која не загађује

представља практично усавршени процес производње, где се свесно ствара отпад, али се не шаље у животну средину



димни гас,загађени ваздух, се пре слања у животну средину  
пречишћава

дакле, отклањају се последице, а не делује се превентивно  
поступци пречишћавања преовлађују у односу на избор чистих  
технологија

користе се сви класични поступци пречишћавања, са малим  
модификацијама

технологија пречишћавања гасова генерално једноставнија и  
успешнија у односу на пречишћавање вода

### 3. Разблаживање загађеног ваздуха

метод који се примењује дуже од века, данас се сматра да је “зreo” за  
укидање

заснива се на разблаживању загађеног ваздуха великом количином  
чистог ваздуха

лоше, јер се тако цео ваздушни омотач пуни отпадом

технички, разблаживање загађеног ваздуха се врши градњом високих димњака

загађени гас се доводи на висину, разблажује се јаким струјањима непосредна околина димњака је заштићена

постојање заштићене зоне је пропорционално висини димњака, што је виши, већа је површина заштићена

могуће израчунати на основу висине димњака заштићену површину загађивачи у овој методи ипак доспевају у атмосферу

тежња да термоелектране и друге фабрике увек имају високе димњаке

чак се и пречишћен ваздух из њих шаље кроз високе димњаке разлог- ублажавање дејства  $\text{CO}_2$

4. Унапређење моћи самопречишћавања

на неке процесе самопречишћавања човек може да утиче

такве процесе треба да посматра као средство у борби против загађења

- организована заштита ваздуха се спроводи законским прописима
- унутар закона и уредби које из њих произилазе постоје прецизне, табеларне, вредности колико ког загађивача сме да буде у ваздуху
- такође се утврђују и методе којим се одређује присуство одређених загађујућих супстанци и њихова количина
- основна ставка у свим прописима који се баве заштитом ваздуха је ограничавање емисије и ограничавање имисије
- некада се комбиновано ограничавају емисија и имисија, тада је заштита ефикаснија
- нпр. код димњака се емисија мери постављањем мерног инструмента на излазу, на врху димњака

- мери се количина гаса који протекне и концентрација загађивача, тако се добије укупна количина загађивача који доспева у ваздух
- сваки објекат има своје ограничење за емисију
- ограничење емисије се ређе примењује, само за одређене супстанце
- имисија представља максимално дозвољену концентрацију неке супстанце на датом месту, на одређеној удаљености од извора
- измерена имисија је адитивна величина
- зависи од свих извора појединог загађивача
- такође, прецизније од емисије описује количине загађивача са којима се жива бића суочавају
- ограничавање имисије је једноставније и чешће се примењује