



Vesna Đuričić, načelnica Odjela kemijski laboratorij
Državni hidrometeorološki zavod, Služba za kvalitetu zraka

KVALITETA ZRAKA ILI ATMOSFERSKO ONEČIŠĆENJE ?

Vesna Đuričić

dipl. ing. fizike - meteorolog



SADRŽAJ

- 1. Uvod (općenito o onečišćenju, što je i kako nastaje)**
- 2. Atmosferski procesi kojima je podvrgnuto**
- 3. Utjecaj onečišćenja na ljude i okoliš**
- 4. Strategija smanjenja onečišćenja (održivi razvoj)**
- 5. Praćenje kvalitete zraka u Hrvatskoj**



Uvod - definicije

zrak - smjesa plinova

atmosfera - omotač oko Zemlje (plinovi+čestice+vodena para)

osnovni sastojci atmosfere su dušik (79 vol. %) i kisik (20 vol. %), te određena količina vode i CO₂.

onečišćujuća tvar svaka tvar prisutna u okolnom zraku koja može imati štetan učinak na ljudsko zdravlje i/ili okoliš u cijelosti (Zakon o zaštiti zraka, NN. br. 130, 2011.)

najčešće onečišćujuće tvari su sumporni dioksid (SO₂), dušikovi oksidi (NO_x), ozon (O₃), ugljikov monoksid (CO), ugljikov dioksid (CO₂), čestice aerosola (PM), policiklički aromatski ugljikovodici (PAU)



Uvod - definicije

onečišćen zrak je zrak čija je kvaliteta takva da može narušiti zdravlje, kvalitetu življenja i/ili štetno utjecati na bilo koju sastavnicu okoliša,

atmosferska kemija je znanost koja se bavi proučavanjem

- a) emisije iz prizemnih izvora
- b) kemijskim i fizičkim transformacijama u atmosferi i
- c) procesima odstranjivanja iz atmosfere plinova, čestica aerosola i ostalih primjesa otopljenih u kapljicama vode u atmosferi



Uvod – povijesni pregled

Onečišćenje atmosfere pojavilo se kao problem najprije u gradskim i industrijskim sredinama.

Još u 16. st. u Londonu se uočila povezanost povećanih koncentracija SO₂ i dima u zraku s povećanom potrošnjom ugljena kao goriva, a vezano s rastom, proširenjem grada. 1863. godine u Engleskoj su počeli razmišljati o kontroli onečišćenja zraka.

Prva mjerenja kvalitete oborine - početkom 17. st.

Ozbiljnost problema - štetne posljedice (1950. g. u jezerima južne Skandinavije pomor ribe) – nepoznat razlog

Nakon 1960. g. - uzrok onečišćenje atmosfere na velikoj udaljenosti – razvoj atmosferske kemije



Uvod – povijesni pregled

Atmosfera – medij koji se sam obnavlja
prekomjerna emisija onečišćenja → narušavanje prirodne
ravnoteže, poremećaj ciklusa razmjene tvari u okolišu.

Poremećaji postaju mjerljivi na lokalnoj, regionalnoj, globalnoj
skali.

- meteorologija (WMO)
- zdravstvo (WHO)
- nacionalne mreže za praćenje kvalitete zraka
- međunarodni znanstveno-istraživački programi (GAW, EMEP, MED POL, NEU, ECLAIRE)



Uvod – povijesni pregled

Jako onečišćenje koje traje nekoliko dana atmosfera nije u mogućnosti sama pročistiti, pa štetne posljedice osjete i ljudi.

1930. – Meuse Valley (Belgija) – zbog nepovoljnih meteoroloških uvjeta visoke konc. onečišćenja u zraku trajale su preko tjedan dana – problemi s disanjem, 60 mrtvih

1948. – Donora (Pensilvanija, SAD) – zbog visokih konc. onečišćenja u zraku – gotovo 7000 ljudi - problemi s disanjem, 20 mrtvih

1950. – London (Velika Britanija) – četverodnevna epizoda “ubojite magle” – 4000 mrtvih



Zagreb

18.12.2006.

NO_x

Uv

U p
je b
Og
pro
ula

Šte

- or
 - su
 - ta
- pov
u o
• pr
obj

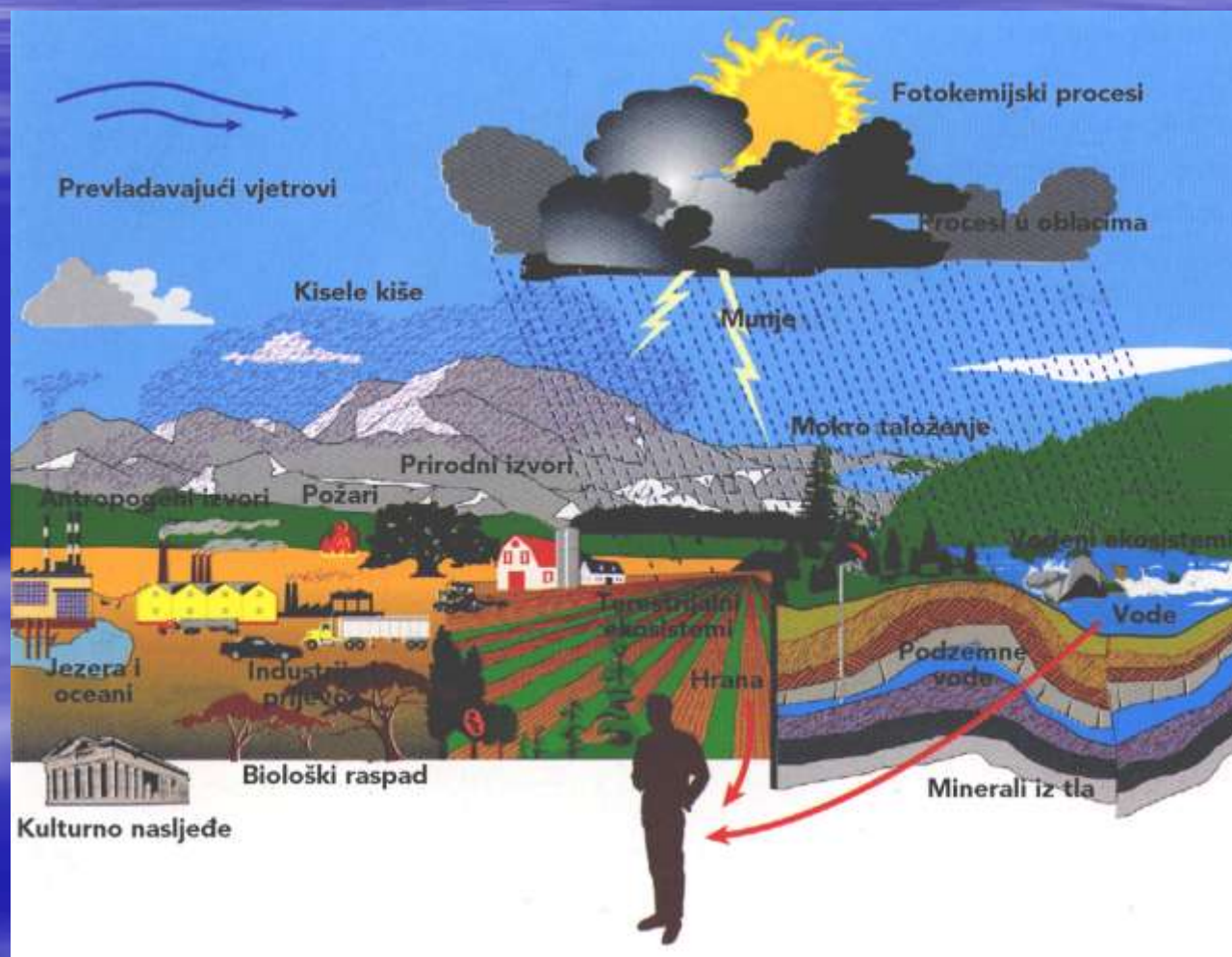


naviji
rodu
čana

edne
tvari
nskih

Kruženje onečišćenja u atmosferi

IZVORI ONEČIŠĆENJA (EMISIJA) ⇒ ATMOSFERA ⇒ RECEPTORI (IMISIJA)





IZVORI ONEČIŠĆENJA (EMISIJA) ⇒ ATMOSFERA ⇒ RECEPTORI (IMISIJA)

Izvori onečišćenja

prema tipu:

prirodni (morska prašina, čestice soli, prašina podignuta vjetrom, šumski požari (čada, NO_2), raspad organskih tvari (CO_2 , CO , NO_2 , CH_4 , dimetilsulfid i dr.), vulkanske erupcije (SO_2 , čestice), kozmičke zrake, radionuklidi iz stijena i kamenja)

antropogeni (industrija, promet, spaljivanje smeća (CO_2 , CO , NO_x , SO_2 , čestice), talionice, tvornice bakra, sekundarni pogoni za preradu željeza, toplane na ugljen (teški metali), poljoprivredne aktivnosti (NO_x , NH_4 , pesticidi, herbicidi), kemijski pogoni (PAU, BTX), nuklearni reaktori i pokusne eksplozije bombi (radionuklidi).....)

obzirom na lokaciju:

blizu zemljine površine (lokalni (gradovi i industrijska područja), regionalni (500-1000 km), globalni (> 1000 km))

stratosfera (O_3 , meteorska prašina)



Izvori onečišćenja

obzirom na efekte na ljudsko zdravlje:

respiratorni organi (upala pluća, astma) (čestice, SO_2 , NO_x , poleni)

unutarnji organi (teški metali, pesticidi)

razgradnja hemoglobina (CO)

iritacija sluznica i kože (O_3)

njuh (H_2S , merkaptani)

utjecaj na okoliš:

štete na vegetaciji, hranidbeni lanac (SO_2 , NO_x , O_3 , fluoridi)

korozija metala (SO_2 , H_2S)

kulturni spomenici, fasade (NO_x , O_3 , H_2S)

klimatske promjene (CO_2 , CFC, plinovi staklenika, čestice)

ozonske rupe (CFC, NO_x , N_2O , CH_3Cl)

kisele oborine (SO_2 , NO_x , čestice sulfata i nitrata)



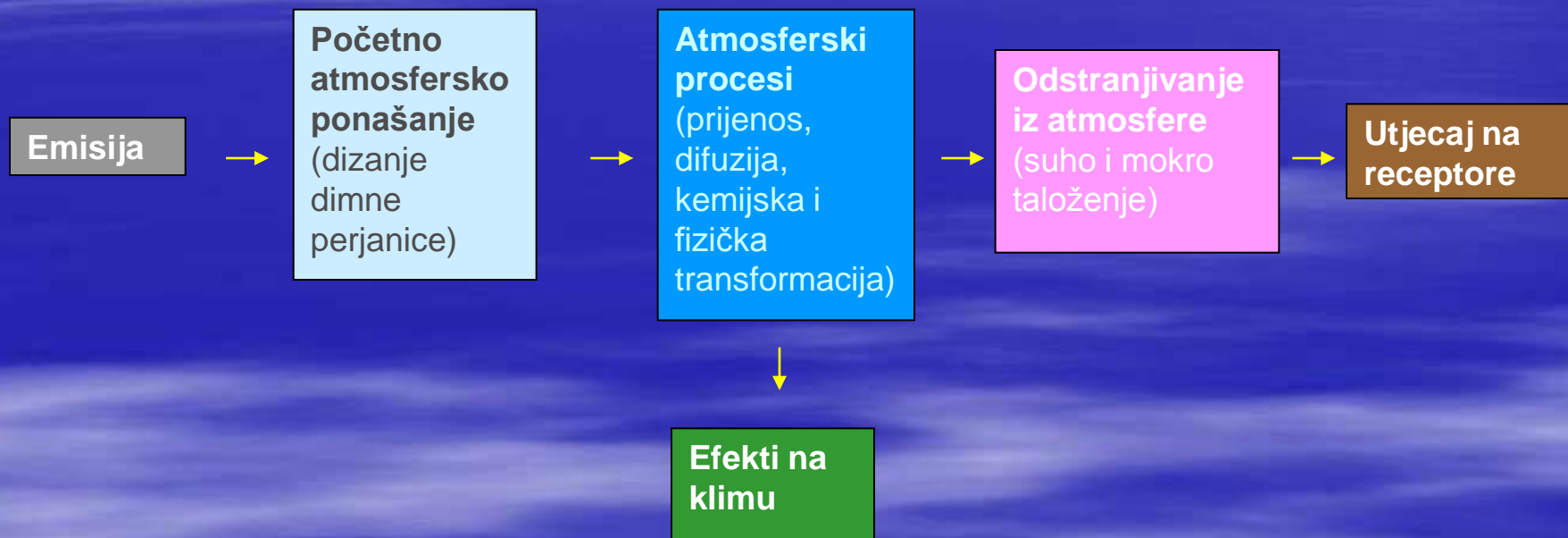
Vesna Đuričić, načelnica Odjela kemijski laboratorij
Državni hidrometeorološki zavod, Služba za kvalitetu zraka

Izvori onečišćenja

primarno i sekundarno onečišćenje (ozon, kisele kiše)

utjecaj ovisi o: vrsti onečišćenja, vremenskim prilikama, karakteristikama eko-sustava

Kruženje onečišćenja u atmosferi





Kruženje onečišćenja u atmosferi

Emisija

Količina tvari koja se izbacuje iz izvora; količina tvari po jedinici mase zraka (g/kg)

Katastar emisije – popis svih izvora s karakteristikama (direktno i indirektno)

Potencijal područja – bazno onečišćenje



Kruženje onečišćenja u atmosferi

Početno atmosfersko ponašanje (dizanje dimne perjanice)

ovisi o vrsti izvora i načinu ispuštanja u atmosferu

vrste izvora:

točkasti,

površinski,

linijski

načini ispuštanja:

emisija pod pritiskom

emisija zagrijanih plinova

emisija teških plinova

emisija koja sadrži vodenu paru

emisija iz pokretnih izvora

emisija iz cijevi zgrada (aerodinamični efekti zbog

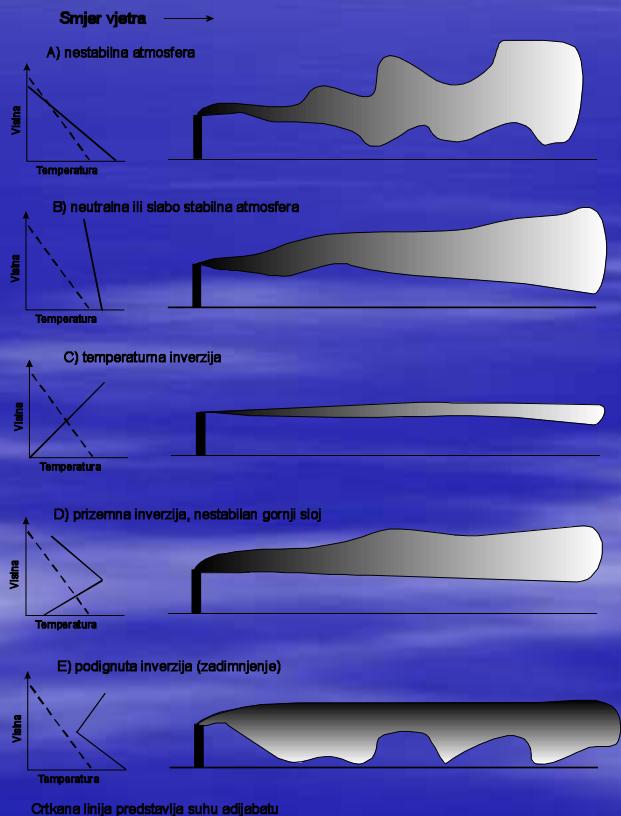
lokalne geometrije

Kruženje onečišćenja u atmosferi

Atmosferski procesi (difuzija, prijenos, kemijska i fizička transformacija)

Nakon početnog atm. ponašanja, nakon što je perjanica izgubila uzgon, počinje se širiti po fizičkim zakonima atmosfere. Putuje u smjeru vjetra (x os), širi se okomito na smjer gibanja (y i z os)

Relativna sposobnost atm. da rasprši primjese zove se **potencijal onečišćenja**. Vrlo promjenjiv u prostoru i vremenu, ima izražen dnevni hod, određuje se s 2 meteorološke veličine: visinom sloja miješanja i stabilnošću.



Slika 1. Shematski prikaz ponašanja dimne perjanice u različitim uvjetima stabilnosti (Slade, 1968)

Kruženje onečišćenja u atmosferi

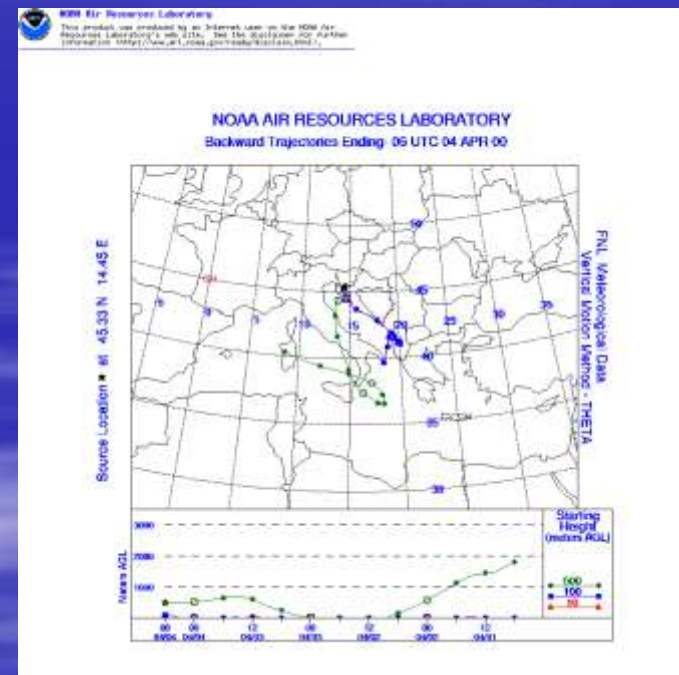
Atmosferski procesi (prijenos, difuzija, kemijska i fizička transformacija)

numerički modeli

Gaussovski model difuzije (< 50 km)

Analiza trajektorija (> 50 km)

> 100 km uniformno onečišćenje u cijelom sloju miješanja, značajne kemijske transformacije i taloženje.
Kemijske inertne tvari – primarno oneč.
Sekundarno oneč. – fotokemijski smog, kisela oborina, fotokemijske reakcije u stratosferi.



Kruženje onečišćenja u atmosferi

Odstranjivanje iz atmosfere (suho i mokro taloženje)

čestice aerosola



oborina



bulk



wet-only

Kruženje onečišćenja u atmosferi

Utjecaj na ljude i okoliš

zdravlje ljudi: (naročito u gradovima)

- **SO₂, aerosoli** → respiratorni i kardiovaskularni sistem, astma, alergije
- **NO_x, O₃** → respiratorni sistem, upale, iritacija sluznica i kože, glavobolja, rak kože
- **teški metali i pesticidi** → unutarnji organi
- **CO** → razgradnja hemoglobina, oslabljen imunitet, neurološka oštećenja
- **Fe (aerosoli)** → razgradnja hemoglobina, smanjenje funkcije jetre i bubrega, neurološka oštećenja
- **Mn** → kontrola finih pokreta i mimike lica
- **Hg** → živčani sustav, drhtanje
- **Cd** → oštećenje bubrega, rak pluća
- **Ni, As, Cr** → kancerogeni

(WMO/GAW Report, 1996)

Kruženje onečišćenja u atmosferi

Utjecaj na ljude i okoliš

okoliš općenito:

- NO_x , PO_x (nutrijenti) → poremećaj bio-geokemijskog ciklusa mora (cvjetanje mora, alge, pomor školjaka i riba) - eutrofikacija
- kisele kiše → biljni i životinjski svijet u slatkim vodama
- SO_2 , H_2S , kisele kiše → korozija metala, kulturnih spomenika
- CFC, NO_x → razaranje stratosferskog O_3 , povećanje konc. troposferskog O_3
- teški metali → poremećaj hranidbenog lanca



Split, 22.6.2002

Kruženje onečišćenja u atmosferi

Utjecaj na ljude i okoliš

utjecaj na klimu

- **CO₂** → "efekt staklenika", povećanje temperature i vlage → jači prijenos latentne topline → smanjenje globalne cirkulacije → razdioba temperature i oborine → produktivnost u poljoprivredi, opskrba vodom i energijom
- **čestice** → radijacijski režim, smanjenje konvekcije, albedo, povećanje mutnoće atmosfere, smanjenje vidljivosti, povećanje naoblake,

Kruženje onečišćenja u atmosferi

Utjecaj na ljude i okoliš

utjecaj na vegetaciju:

- SO_2 , NO_x , O_3 , kisele kiše, fluoridi → sušenje i propadanje šuma, sinergističko djelovanje onečišćenja, štetnika, bolesti i suše



štete: Hrvatska,
u klasi 2–4 (defolijacija >25%)

1996. 30%,

1997. 33%,

1998. 26%

(Stanje šuma u Europi, Acid News, 4, 1999.)

najugroženiji u Europi: bor, omorika,
hrast, bukva

najoštećeniji u Europi: Češka, Slovačka,
južna Poljska, južna Bjelorusija

Strategija smanjenja onečišćenja – održivi razvoj

Zaštita i smanjenje štetnog utjecaja onečišćenja na okoliš osnovni je cilj istraživanja kvalitete zraka.

Onečišćenje je multidisciplinarni problem.

Najefikasnije: nema emisije

Smanjiti emisiju, dobro upravljati:

- smanjena potrošnja goriva
- kvalitetnije sagorijevanje fosilnih goriva
- ugradnja filtera na izvore onečišćenja
- kemijska antikorozivna zaštita materijala
- razvoj biljaka otpornijih na onečišćenje
- izgradnja visokih dimnjaka
- meteorološka kontrola (redukcija emisije u nepovoljnim meteorološkim uvjetima)



Strategija smanjenja onečišćenja – održivi razvoj

Kontrola emisije

Zakonske norme – granična vrijednost emisije, značajan meteorološki problem

Zakonske norme – granična vrijednost emisije, inženjerski i ekonomski problem

Planirana izgradnja – studije utjecaja na okoliš, važna uloga meteorologije



Strategija smanjenja onečišćenja – održivi razvoj

Uloga meteorologa u kontroli onečišćenja atmosfere

- mogu definirati izvore onečišćenja na nekom području, područje utjecaja poznatog izvora onečišćenja
- pomažu kod određivanja visine dimnjaka velikih izvora
- pomažu u urbanističkom planiranju predlaganjem lokacija izvora tako da oni imaju najmanji mogući utjecaj
- definiraju epizode nepovoljnih meteoroloških uvjeta u kojima treba smanjiti emisiju
- definiraju lokaciju postaja za mjerenje kvalitete zraka
- osiguravaju i interpretiraju meteorološke i klimatološke baze podataka
- izrađuju meteorološke analize podataka kvalitete zraka

Praćenje kvalitete zraka u Hrvatskoj

Državna mreža za trajno praćenje kvalitete zraka

Automatske mjerne postaje

36 velikim gradovima i
industrijskim područjima

25 lokalnih 11 državnih gradskih
postaja

12 pozadinskih (PHARE 2006)

Ukupno 48 automatskih mjernih
postaja za trajno praćenje kvalitete
zraka s ciljem zaštite ljudskog
zdravlja i eko-sistema od štetnog
utjecaja onečišćenja



Praćenje kvalitete zraka u Hrvatskoj

Državna mreža za trajno praćenje kvalitete zraka

Program mjerenja

Postaja	O ₃	SO ₂	NO/NO _x	CO	PM-Grimm	PM uzork.	BTX	UV-B	Meteo	VOC	H ₂ S	NH ₃
Delta Neretve	X					X			X			
Desinić	X	X	X	X		X	X	X	X			
Dugi otok					X			X	X			
Komiža	X				X				X			
Kopački rit	X				X		X	X	X			
Ravni kotari	X				X	X			X			
Risnjak/Parg					X	X		X	X			
Plitvička jezera	X	X	X	X	X	X			X	X		
Višnjan	X				X	X		X	X	X		
Žarkovica	X				X			X	X			
Bilogora						X			X			
Zavižan						X			X			
Zagreb-1		X	X	X	X	X	X	X	X			
Zagreb-2		X	X	X	X				X			
Zagreb-3	X	X	X	X	X				X			
Osijek		X	X	X			X		X			
Sisak		X	X	X	X	X	X		X		X	
Kutina		X	X	X	X				X		X	X
Rijeka-1		X	X	X	X	X	X		X		X	
Rijeka-2	X	X	X	X	X			X	X			
Slavonski Brod-1	X	X	X			X			X		X	



Praćenje kvalitete zraka u Hrvatskoj

Mreža DHMZ za praćenje mokrog taloženja

21 postaja, dnevni bulk uzorci oborine

**glavni ioni (pH, el. provodljivost, SO_4^{2-} -S, NO_3^- -N, NH_4^+ -N, Cl^- ,
 Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+})**

Služba za kvalitetu zraka:

Odjel kemijski laboratorij

**Odjel upravljanja sustavom za praćenje promjena kemijskog
sastava atmosfere**

**Odjel za istraživanje kvalitete zraka (modeliranje, studije
utjecaja na okoliš, istraživanje)**



Praćenje kvalitete zraka u Hrvatskoj

na 2 razine:

- **“hot-spot” – ZZZ, IMI, medicinske ustanove – utjecaj na ljude**
- **pozadinsko, regionalno, prekogranično onečišćenje - DHMZ**



Zaključak

Život na Zemlji je nemoguć bez atmosfere, medija u kojem se sve odvija.

Treba ga dobro poznavati.

Fizika atmosfere – meteorolozi

Onečišćenje atmosfere – kemičari, biolozi, geolozi, tehnolozi, stručnjaci drugih profila.

Kontrola i smanjenje onečišćenja atmosfere mogući su zajedničkim radom stručnjaka i običnih ljudi.

Kvaliteta zraka ili atmosfersko onečišćenje?



Gradinsko jezero prije čišćenja makrovegetacije
(www.np-pitvicka-jezera.hr)



Gradinsko jezero nakon čišćenja makrovegetacije
(www.np-pitvicka-jezera.hr)

HVALA NA PAŽNJI!