

Za čišći okoliš, zdraviju sadašnjost i budućnost građana Hrvatske



Moderan sustav mjerjenja i kontrole kvalitete  
zraka za očuvanje zdravlja ljudi i okoliša

Proširenje i modernizacija državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka

Za čišći okoliš, zdraviju sadašnjost i budućnost  
građana Hrvatske

## **AIRQ: Moderan sustav mjerenja i kontrole kvalitete zraka za očuvanje zdravlja ljudi i okoliša**

Proširenje i modernizacija državne mreže za trajno praćenje  
kvalitete zraka

Državni hidrometeorološki zavod  
Zagreb, 2023.



Europska unija  
Zajedno do fondova EU



**Izdavač:**  
Državni hidrometeorološki zavod

**Odgovorna urednica:**  
Jadranka Škevin-Sović

**Glavne urednice:**  
Kornelija Špoler Čanić i Ivana Grljak

**Naklada:**  
200 primjeraka

**Dizajn:**  
LM Komunikacije



Naziv korisnika:



Partner na projektu:



Institut za  
medicinska  
istraživanja  
i medicinu  
rada

Razdoblje provedbe projekta:  
**1.5.2017. – 30.9.2023.**

Ukupna vrijednost projekta:  
**16.606.742,32 € (125.123.500,00 kn)**

Europski fond za regionalni razvoj:  
**14.115.730,97 € (106.354.975,00 kn)**

Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost:  
**2.491.011,35 € (18.768.525,00 kn)**

**Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj te Republika Hrvatska iz Fonda za zaštitu okoliša i energetsku učikovitost.**

**Više informacija o EU fondovima možete naći na stranicama Ministarstva regionalnog razvoja i fondova Europske unije: [www.strukturnifondovi.hr](http://www.strukturnifondovi.hr)**



**dr. sc. Branka Ivančan-Picek**

glavna ravnateljica DHMZ-a

Najveća modernizacija u povijesti DHMZ-a završava se ove godine. Modernizacija meteorološke, hidrološke, te mreže za praćenje kvalitete zraka važan su dio u transformacije Hrvatske u klimatski neutralnu zajednicu. Realizacijom projekta AIRQ, koji smo proveli u partnerstvu s Institutom za medicinska istraživanja i medicinu rada, potvrdili smo svoju aktivnu podršku u zaštiti zdravlja naših sugrađana i očuvanju okoliša. Projektom je izgrađen cijelovit sustav mjerjenja i kontrole kvalitete zraka te osigurana 100 % pokrivenost stanovnika Hrvatske podacima o kvaliteti zraka u realnom vremenu. Unaprijeđena je dijagnoza stanja kvalitete zraka, postavljena osnova za izradu projekcija, određivanje porijekla onečišćenja te provođenje odgovarajućih mjera zaštite i poboljšanja kvalitete zraka. Rezultati projekta AIRQ preduvjet su zdravijeg i čišćeg zraka za sadašnje i buduće generacije.

**Jadranka Škevin-Sović**

voditeljica projekta AIRQ i načelnica  
Sektora za kvalitetu zraka DHMZ-a

Projektom su izgrađene ili modernizirane 24 postaje za praćenje kvalitete zraka diljem Hrvatske. Modernizirana je oprema kemijskog i umjernog laboratorija DHMZ-a, kao i oprema kemijskog laboratorija IMI-ja instrumentima potrebnima za analizu uzoraka oborine, lebdećih čestica i zraka, te osiguranje sljedivosti i kvalitete mjerjenja. Unaprijeđena je računalna infrastruktura DHMZ-a kao i model za procjenu prizemnih koncentracija onečišćujućih tvari na onim područjima Hrvatske na kojima nema mjernih postaja. AIRQ je osigurao više informacija o kvaliteti zraka kako bi se mogle donositi što učinkovitije mjere za kvalitetniji i zdraviji život svih nas.

**dr. sc. Gordana Pehnec**

koordinatorica projekta za Institut  
za medicinska istraživanja i medicinu rada

Oprema osigurana projektom korist će se za fizikalno-kemijske analize lebdećih čestica na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka. Suvremena oprema omogućiće mjerjenja kemijskog sastava lebdećih čestica u skladu sa zakonskim okvirom EU i najnovijim spoznajama o njihovom utjecaju na zdravlje i okoliš. Također, povećanjem broja postaja na kojima se mjeri lebdeće čestice  $PM_{10}$  i  $PM_{2.5}$  dobit će se bolji uvid u njihovu prostornu i vremensku raspodjelu, kao i relevantne informacije o izloženosti građana Hrvatske.



## Modernizacijom 18 postojećih i izgradnjom 6 novih postaja

za praćenje kvalitete zraka, AIRQ je dvostruko povećao broj stanovnika Hrvatske obuhvaćenih relevantnim podacima o kvaliteti zraka, posebno u urbanim područjima.



## AIRQ je unaprijedio računalni model

za procjenu prizemnih koncentracija onečišćujućih tvari na područjima Hrvatske bez mjernih postaja.



## AIRQ je modernizirao opremu kemijskog laboratorija DHMZ-a

za analizu oborine i zraka, kemijskog laboratorija IMI-a za analizu lebdećih čestica te umjernog laboratorija DHMZ-a za osiguranje preciznih mjerena kvalitete zraka.



## AIRQ je unaprijedio računalnu infrastrukturu DHMZ-a

omogućujući veću dostupnost informacija o kvaliteti zraka i pravodobno informiranje javnosti i državnih institucija.



## AIRQ je osigurao podršku provođenju Zakona o zaštiti zraka

i razvoju održivih strategija ključnih za planiranje i provođenje mjera za unapređenje nadzora te smanjenja onečišćenja koja negativno utječu na klimu i zdravlje ljudi.

**Čisti zrak je naša izvorna potreba,  
a njegovo onečišćenje  
ne poznaje granice.**



Modernizirana postaja



Nova postaja



# Modernizacija i izgradnja mjernih postaja za praćenje kvalitete zraka

Modernizacijom 18 postojećih i izgradnjom šest novih mjernih postaja u državnoj mreži za trajno praćenje kvalitete zraka omogućeno je kontinuirano mjerjenje kvalitete zraka na području Republike Hrvatske.



Modernizacija mjernih postaja za mjerjenje kvalitete zraka je osigurala nabavu nove mjerne opreme (tipski odobrenе opreme za određene onečišćujuće tvari) i uključivanje šest novih postaja u program mjerjenja u državnoj mreži za trajno praćenje kvalitete zraka.

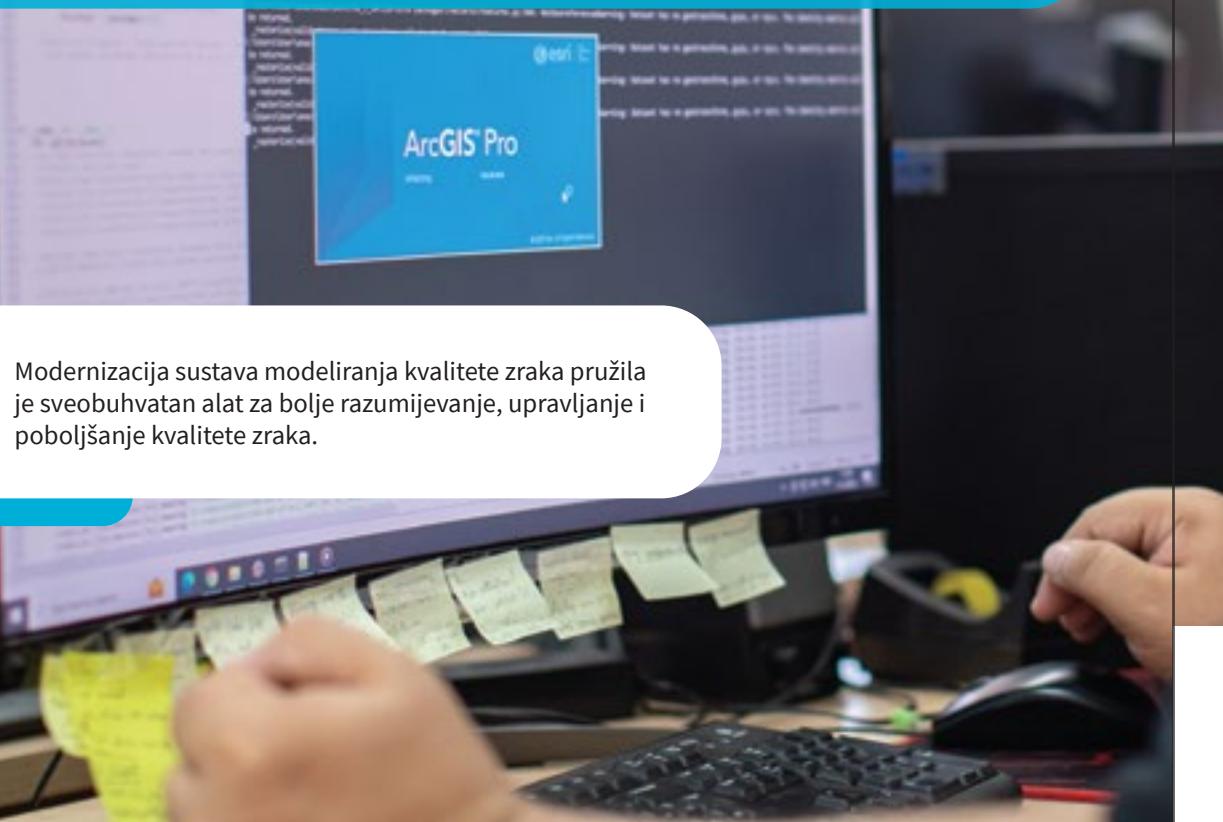
Tijekom modernizacije mjernih postaja provedeni su građevinski radovi na lokacijama zajedno s instalacijom novih kontejnera za smještaj mjerne opreme (mjerni uređaji) i pomoćne opreme (kao što su, protuprovalni i protupožarni sustavi, klima uređaji i ormari za smještaj opreme).

- Postojeći program mjerjenja kvalitete zraka (onečišćujuće tvari: sumporov dioksid, dušikovi oksidi, ugljikov monoksid, prizemni ozon, sumporovodik, amonijak, benzen i lebdeće čestice PM<sub>10</sub>/PM<sub>2,5</sub>) u državnoj mreži za trajno praćenje kvalitete zraka proširen je uspostavom novih mjerjenja koncentracija crnog ugljika (na osam mjernih postaja u različitim dijelovima Hrvatske), ukupne elementarne i reaktivne žive (automatskom metodom na jednoj mjerenoj postaji) i hlapljivih organskih spojeva. Na dvije mjerne postaje za mjerjenje kvalitete zraka su postavljeni i analizatori CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> i H<sub>2</sub>O.
- Na mjernim postajama za mjerjenje kvalitete zraka je moderniziran i program meteoroloških mjerjenja (temperatura zraka, relativna vлага, brzina i smjer vjetra, količina oborine i tlak zraka).

Modernizacija postaja u državnoj mreži za trajno praćenje kvalitete zraka osigurala je veću količinu podataka mjerjenja na proširenom opsegu mjernih postaja u državnoj mreži za trajno praćenje kvalitete zraka u Hrvatskoj.

Podaci mjerjenja kvalitete zraka mogući će provedbu statističke analize mjerjenja kvalitete zraka radi ocjene kvalitete te osigurati znanstvenicima provedbu stručnih analiza i istraživanje atmosferskih procesa u vanjskom zraku.

# Uspostava sustava za modeliranje kvalitete zraka i izrada modela za procjenu prizemnih koncentracija onečišćujućih tvari



Modernizacija sustava modeliranja kvalitete zraka pružila je sveobuhvatan alat za bolje razumijevanje, upravljanje i poboljšanje kvalitete zraka.

Unaprijedeni modelarski sustav kombinira različite tipove numeričkih analiza i prognoze kemijskog sastava atmosfere na različitim razinama osiguravajući precizne podatke za različite svrhe, poput razvoja planova i mjera za upravljanje kvalitetom zraka s ciljem poboljšanja kvalitete zraka. Nadalje, omogućava utvrđivanje uzroka i uvjeta nastanka prekoračenja propisanih ciljanih vrijednosti onečišćujućih tvari, kao i prognoziranje razina onečišćenja kako bi se na vrijeme informirala javnost i nadležne institucije i time pravovremeno zaštitilo zdravlje građana.

- Projektom AIRQ osigurani su modeli (LOTOS-EUROS i ADMS-Urban) za proračune prizemnih koncentracija onečišćujućih tvari u zraku kako bi se osigurali podaci za procjenu razina onečišćenja na onim područjima Hrvatske gdje nema mjernih postaja. Modelarski sustav je temeljen na međunarodno priznatom kemijskom transportnom modelu LOTOS-EUROS koji se u Europi i svijetu koristi za procjenu onečišćenja zraka te izradu podloga za akcijske planove.
- Pomoću LOTOS-EUROS modela moguće je procijeniti koji izvori emisija najviše doprinose koncentracijama onečišćujućih tvari na određenom području.
- ADMS-Urban sustav za modeliranje kvalitete zraka zbog mogućnosti visoke prostorne rezolucije omogućuje detekciju izvora onečišćenja za pojedini dio grada.
- Najveći doprinos koncentracijama dušikovog dioksida u vanjskom zraku na području Hrvatske dolazi iz sektora prometa, malih kućnih ložišta i industriji.
- Onečišćenje zraka ne poznaje granice. Uz lokalni postoji i prekograničan doprinos onečišćenju zraka kojeg se može procijeniti modeliranjem.
- Najveći doprinos koncentracijama čestica PM<sub>10</sub> u vanjskom zraku na području Hrvatske dolazi iz sektora malih kućnih ložišta, pogotovo u gušće naseljenim kontinentalnim dijelovima Republike Hrvatske. U obalnim područjima primjećuje se utjecaj prirodnih izvora, prije svega morske soli nošene vjetrom.

Modeli za procjenu koncentracija onečišćujućih tvari u zraku pomažu razumjeti kako se koncentracije onečišćenja tijekom vremena mijenjaju na različitim mjestima zbog promjena u emisijama, vremenskim uvjetima i klimi. Pomažu procijeniti koliko je stanovništvo izloženo onečišćenju koje, ovisno o koncentracijama i trajanju, može utjecati na zdravlje. Primjena ovih modela već je vidljiva kroz izradu Ocjene kvalitete zraka na području RH u razdoblju od 2016. do 2020. godine.

## Suvremena laboratorijska oprema za analizu kemijskog sastava atmosfere, aerosola i oborine

Integracijom novih uređaja u kemijske laboratorije DHMZ-a i IMI-ja unaprijeđeni su njihovi analitički kapaciteti za praćenje kvalitete zraka i oborine.

Opremanje laboratorija suvremenim instrumentima predstavlja važan element sveobuhvatnog sustava kontrole kvalitete zraka, kako bi se zadovoljili europski i nacionalni kriteriji u području očuvanja zdravlja ljudi i okoliša.



## Kemijski laboratorij DHMZ-a

Osnovan je 1965. godine te obavlja poslove vezane za kvalitetu oborine i zraka na 20 postaja - 14 na meteorološkim postajama DHMZ-a i šest u sklopu državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka. Postaje na meteorološkim postajama Puntijarka i Zavižan ujedno su EMEP postaje.

Metode analize koje koristi Kemijski laboratorij DHMZ-a akreditirane su prema normi HRN EN ISO/IEC 17025, od 2013. godine.

Opremanje laboratorija uključivalo je nabavku novih uređaja i edukaciju stručnjaka u rukovanju tim uređajima kako bi kvantitativno i kvalitativno analizirati uzorke zraka i oborine s mjernih postaja.



Opremanje kemijskog laboratorija  
DHMZ-a uključilo je nabavu  
analitičkih instrumenata:

**Plinski kromatograf (GC-MSMS):**  
koristi se za kvantitativno određivanje policikličkih aromatskih ugljikovodika iz uzorka oborine i zraka

**Ionski kromatograf (IC):**  
koristi se za kvantitativno određivanje glavnih iona u uzorcima oborine i anorganskih komponenata iz uzorka oborine i zraka

**kao i laboratorijske opreme:**

Uređaja za automatiziranu ekstrakciju uzorka oborine

Uređaja za automatiziranu ekstrakciju krutih uzorka

Centrifuge, tresilice, perilice laboratorijskog posuđa, klimakomore, sušionika, ultrazvučne kupelji i laboratorijskih hladnjaka

Nabavljeni su i uzorkivači zraka i oborine; sekvenčnalni uzorkivač zraka i uzorkivač zraka velikog volumena te wet-only i bulk uzorkivač oborine. Instalirani su na šest pozadinskih (ruralnih) postaja državne mreže s kojih pristižu u kemijski laboratorij tjedni i mjesечni uzorci oborine i zraka. Analiza tih uzorka obavlja se u svrhu praćenja prekograničnog prijenosa onečišćujućih tvari, taloženja onečišćenja i proračuna kritičnog opterećenja okoliša.

## Što su to policiklički aromatski ugljikovodici ili PAU?

PAU - policiklički aromatski ugljikovodici (Zakon o zaštiti zraka) ili engl. PAH - polycyclic aromatic hydrocarbons.

PAU je skupina spojeva s dva ili više benzenskih prstena. Nalaze se u ispušnim plinovima automobila, nastaju tijekom šumskih požara, vulkanskih erupcija, nedovoljnim sagorijevanjem drveta, te industrijskim procesima. PAH-ovi mogu onečistiti vode, zrak i tlo.

## Glavni ioni u oborini i anorganske komponente koje pratimo u zraku

### Anorganske komponente u zraku su:

sumporov dioksid  $\text{SO}_2$   
amonijak  $\text{NH}_3$   
sulfati  $\text{SO}_4^{2-}$   
nitrati  $\text{NO}_3^-$   
kloridi  $\text{Cl}^-$   
amonij  $\text{NH}_4^+$   
natrij  $\text{Na}^+$   
kalij  $\text{K}^+$   
kalcij  $\text{Ca}^{2+}$   
magnezij  $\text{Mg}^{2+}$

### Glavni ioni u oborini su:

sulfati  $\text{SO}_4^{2-}$   
nitrati  $\text{NO}_3^-$   
kloridi  $\text{Cl}^-$   
amonij  $\text{NH}_4^+$   
natrij  $\text{Na}^+$   
kalij  $\text{K}^+$   
kalcij  $\text{Ca}^{2+}$   
magnezij  $\text{Mg}^{2+}$



## Kemijski laboratorij IMI-ja

Kemijski laboratorij IMI-ja djeluje u okviru Jedinice za higijenu okoline koja se istraživanjem vanjskog zraka bavi već više od 60 godina i koja je akreditirana prema normi HRN EN ISO/IEC 17025 od 2010. godine.

Kemijski laboratorij provodi uzorkovanje i fizikalno-kemijske analize lebdećih čestica PM<sub>10</sub> i PM<sub>2,5</sub> te ekvivalenciju nereferentnih metoda za određivanje masenih koncentracija lebdećih čestica PM<sub>10</sub> i PM<sub>2,5</sub>.

### Što su lebdeće čestice?

Lebdeće čestice ili PM (engl. "particulate matter") su vrlo sitne i golum oku nevidljive čestice koje lebde u zraku. Složena su smjesa raznih krutih i tekućih tvari, od kojih neke mogu vrlo štetno djelovati na ljudsko zdravlje i/ili okoliš. Broj razine PM (npr. PM<sub>10</sub>; PM<sub>2,5</sub>) označava njihovu veličinu tj. promjer u mikrometrima (µm). Što su čestice sitnije, odnosnog manjeg promjera, opasnije su za zdravlje jer mogu lakše i dublje prodrijeti u dišni sustav. Izvori ovih čestica su prirodni (npr. šumski požari, pustinjski pijesak, čestice tla, morski aerosol) i ljudski (npr. industrijski procesi, sagorijevanje fosilnih goriva, promet).

### Rezultati analiza koriste se za:

- ocjenu kvalitete zraka (kategorizacije)
- procjenu mogućeg povećanja razina onečišćenosti
- za potporu analiza raspodjele izvora onečišćenja
- modeliranje
- bolje razumijevanje atmosferskih lebdećih čestica.

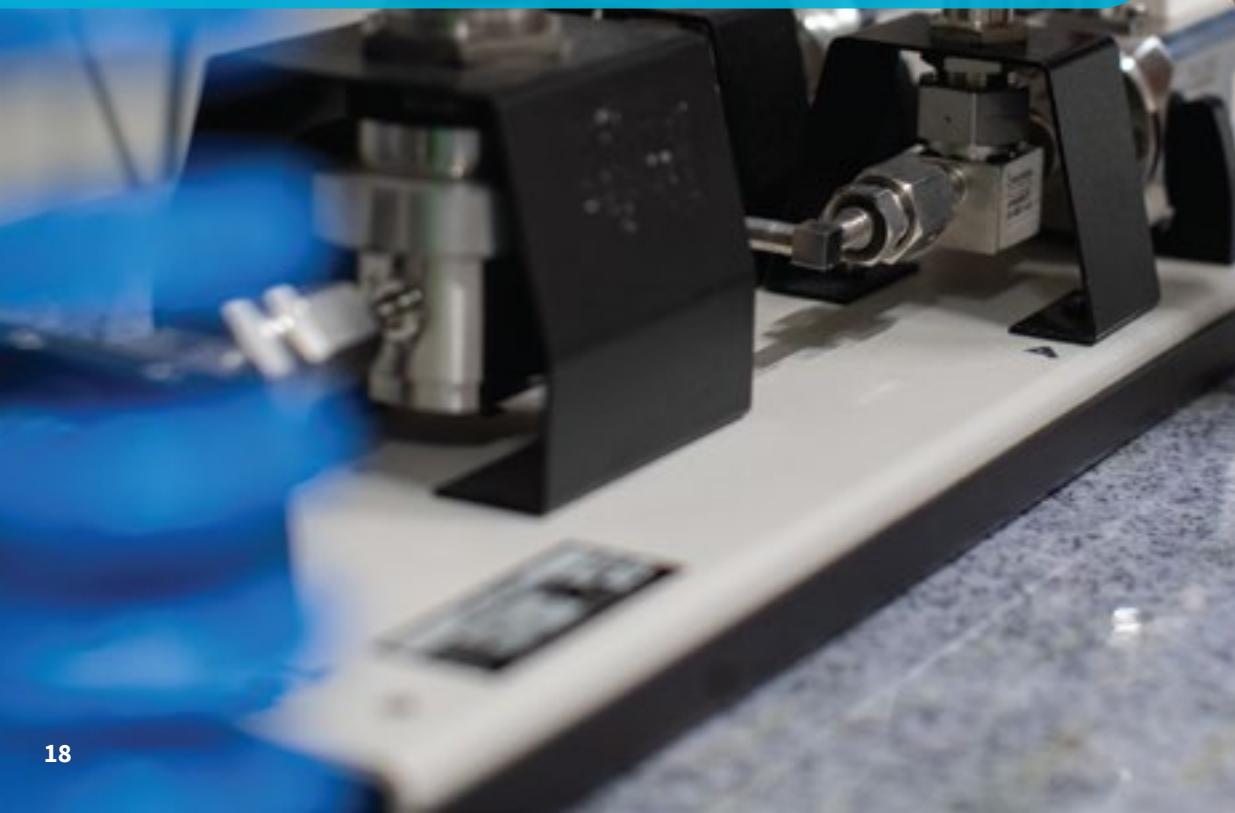
Suvremena oprema osigurava praćenje većeg broja kemijskih tvari u zraku u odnosu na trenutne mogućnosti što će rezultirati učinkovitijim mjenjima, unapređenjem sustava upravljanja kvalitetom zraka, te provedbom zakonodavnog okvira zaštite zraka i okoliša za dobrobit svakog pojedinca i društva u cjelini.

## Nova oprema kemijskog laboratorija IMI-ja:

- **Maseni spektrometar induktivno spregnute plazme (ICP-MS)** koristi se za određivanje metala na lebdećim česticama PM<sub>10</sub>
- **Rendgenski spektrometar (XRF)** omogućava istovremeno određivanje većeg broja kemijskih elemenata u lebdećim česticama u zraku
- **Tekućinski kromatograf visoke djelotvornosti** koristi se za određivanje policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAU) u lebdećim česticama
- **Ionski kromatograf za određivanje molekularnih markera organskog ugljika**  
Molekulske markere organskog ugljika predstavljaju anhidridi šećera čije prisustvo u lebdećim česticama u zraku upućuje na gorenje biomase
- **Dvokanalni ionski kromatograf opremljen spektrometrom masa i konduktometrijskim detektorom**  
Koristi se za određivanje anorganskih komponenti u lebdećim česticama: iona Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> i Ca<sup>2+</sup>.
- **Analizator organskog i elementarnog ugljika**  
Organski i elementarni ugljik određuju se u PM<sub>2,5</sub> česticama

Određivanje kemijskog sastava lebdećih čestica bitno je sa zdravstvenog stanovišta, ali i zato što nam daje vrijedne podatke za procjenu glavnih izvora onečišćenja zraka lebdećim česticama, što je važno za buduće planove poboljšanja kvalitete zraka.

# Opremanje umjernog laboratorija DHMZ-a za osiguranje sljedivosti i kvalitete mjerjenja kvalitete zraka



Kako bi podaci kvalitete zraka bili homogeni i pouzdani od iznimne je važnosti redovito umjeravanje svih mjerila i osiguranje mjeriteljske sljedivosti do međunarodnih etalona.

Opremanje umjernog laboratorij DHMZ-a nabavom i modernizacijom instrumenata te mjerne opreme potrebne za umjeravanje mjerila kvalitete zraka i vezanih mjernih veličina osigurava sljedivosti navedenih mjerjenja do međunarodnih etalona. Tehničku bazu laboratorija čine analizatori i instrumenti nabavljeni projektom.

# Umjerni laboratorij DHMZ-a

Samostalna služba za umjerni laboratorij (SOUL) uspostavlja, umjerava, održava, kontinuirano razvija i modernizira etalonsku bazu DHMZ-a, osigurava sljedivost mjerjenja DHMZ-a do nacionalnih, međunarodnih etalonata i SI sustava. SOUL je 22. listopada 2020. uvršten u bazu Međunarodnog ureda za utege i mjerne (BIPM). Time je umjerni laboratorij potvrdio svoj status državnog etalona za koncentraciju prizemnog ozona, a DHMZ se upisao na svjetsku kartu umjeravanja mjerila s etalonom najveće točnosti za ovaj parametar.

**Referentnim analizatorima** onečišćujućih tvari u zraku kontrolira se etalonski sustav kako bi generirao točno zadano koncentraciju onečišćujuće tvari koju mjeri analizator koji se umjerava.



## Instrument osiguran AIRQ projektom

generator čistog zraka

## Svrha

razrjeđivanje visokih koncentracija referentnih plinova (onečišćujućih tvari) iz plinskih cilindara unutar jedinica za razrjeđivanje

referentne jedinice za razrjeđivanje

generiranje umjernog plina referentnih koncentracija svih onečišćujućih tvari izuzev ozona

referentni sustav za mjerjenje protoka

umjeravanje mjerila protoka koji se nalaze u referentnim jedinicama za razrjeđivanje plinova kroz koje prolaze čisti zrak i onečišćujuća tvar visoke koncentracije iz plinskog cilindra

Analizator osiguran AIRQ projektom	Onečišćujuća tvar
analizator	ozon
analizator	sumporov dioksid $\text{SO}_2$
analizator	dušikovi oksidi $\text{NO}$ , $\text{NO}_2$
analizator	ugljikov monoksid $\text{CO}$
analizator VOC	aromatski ugljikovodici: benzen, toulen, etil-benzen, ksilen (o, m, p)
analizator VOC C2-C6	hlapivi organski spojevi (VOC)

### Što su to aromatski ugljikovodici?

Aromatski ugljikovodici ili ARENI čine posebnu skupinu prstenastih ugljikovodika jer imaju karakterističnu građu i svojstva. Prvi aromatski ugljikovodici izolirani su iz aromatičnih smola pa su po tome dobili ime (grč. aroma – mirisna trava).

### Što su to hlapivi organski spojevi (VOC)?

Hlapivi organski spojevi (engl. volatile organic compounds, VOC) kemikalije su na bazi ugljika koje lako isparavaju na sobnoj temperaturi, npr. formaldehid, toulen, aceton i etil alkohol.



Redovito umjeravanje svih instrumenata i osiguranje mjeriteljske sljedivosti prema međunarodnim standardima ključno je za postizanje preciznih i pouzdanih rezultata mjerjenja. To osigurava relevantne informacije o kvaliteti zraka, što je od suštinskog značaja za zaštitu okoliša i zdravlje ljudi.

# Nadogradnja računalne infrastrukture DHMZ-a

Nabavkom i stavljanjem u funkciju superračunala BullSequana XH2000 znatno su povećani računalni kapaciteti što je omogućilo veću brzinu izrade prognoza, analiza i obrade podataka mjerenja.



Projektom AIRQ nadograđena je i računalna infrastruktura DHMZ-a kako bi se unaprijedila dostupnost informacija o kvaliteti zraka s ciljem pravodobnog i potpunog informiranja javnosti i državnih institucija.

**Uz superračunalo, AIRQ je osigurao i nabavu druge dvije bitne komponente računalnog sustava DHMZ-a:**

- 1.** Nadogradnju računalne infrastrukture kroz proširenje sustava za pohranu i arhiviranje podataka te izgradnju novog sustava za sigurnosnu pohranu
- 2.** Učinkovito i fleksibilno upravljanje infrastrukturom i opremom kroz primjenu virtualnog okruženja.

Nabava računalne opreme i nadogradnja infrastrukture DHMZ-a pruža još kvalitetniju podršku primarnoj djelatnosti DHMZ-a, a to je osiguravanje kvalitetnih, pravovremenih i pouzdanih meteoroloških i hidroloških informacija, obradu informacija o kvaliteti zraka te upozorenja na opasne pojave. Meteorološke, hidrološke informacije te informacije o kvaliteti zraka koriste se pri donošenju strateških odluka u društvu i u raznim granama gospodarstva, proizvodnji hrane, zaštiti života i okoliša koji su sve više izloženi rizicima od katastrofa.

# Kako realizacije projekta AIRQ utječe na kvalitetu života svakog od nas?

- AIRQ je uspostavio cijelovit sustav mjeranja i kontrole kvalitete zraka u Hrvatskoj u svrhu očuvanja okoliša i zdravlja ljudi. Navedeno podrazumijeva zaštitu zdravlja svih naših sugrađana, ali i pomoći u zaštiti zdravstveno ugroženih osoba, zaštitu ekosustava uz podršku učinkovitoj i održivoj poljoprivredi te gospodarskom razvoju i potrebnu podršku u prilagodbi klimatskim promjenama kojima svakodnevno svjedočimo.
- AIRQ je dvostruko povećao udio stanovništva Hrvatske obuhvaćen relevantnim podacima o kvaliteti zraka u urbanim područjima. Kako bi se to postiglo izgrađeno je šest novih (Osijek-2, Zagreb-4, Omišalj na otoku Krku, Split-2, Split-3, Dubrovnik) i modernizirao 18 postojećih postaja za trajno praćenje kvalitete zraka (Kopački rit, Osijek-1, Slavonski Brod-1, Kutina-1, Sisak-1, Zagreb-1, Zagreb-2, Zagreb-3, Desinić, Parg, Višnjan, Pula, Rijeka-2, Plitvička jezera, Vela straža na Dugom otoku, Polača, Hum na Visu i Opuzen).
- AIRQ je omogućio razvoj računalnog modela za procjenu prizemnih koncentracija onečišćujućih tvari za područja na kojima nema mjerena.
- AIRQ je opremio dodatnom opremom kemijski laboratorij DHMZ-a za uzorkovanje i analizu kemijskog sastava oborine i zraka, kemijski laboratorij IMI-ja za uzorkovanje i određivanje masene koncentracije i analizu kemijskog sastava lebdećih čestica te umjerni laboratorij za umjeravanje mjerila kvalitete zraka i vezanih mjernih veličina u svrhu osiguranja sljedivosti navedenih mjerena do međunarodnih etalona.
- AIRQ je osigurao nadogradnju računalne infrastrukture DHMZ-a radi brže i kvalitetnije dostupnosti informacija o kvaliteti zraka i svih ostalih usluga DHMZ-a, a u svrhu pravodobnog informiranja javnosti i državnih institucija.
- AIRQ je omogućio potrebnu podršku u provođenju Zakona o zaštiti zraka (NN 127/19, 57/22) te razvoju održivih integriranih strategija i projekata. Sve je to preduvjet za adekvatnu ocjenu, planiranje i provođenje odgovarajućih mjera za poboljšanje programa nadzora i uvođenja mjera protiv onečišćujućih tvari koje imaju utjecaja na klimu.



**Čist zrak je naša osnovna potreba,  
a njegovo onečišćenje ne poznaje granice.**

For a cleaner environment, healthier today and tomorrow for Croatian citizens



A Modern Air Quality Measurement and  
Control System for Protecting Human Health  
and the Environment

Expansion and Modernisation of the National Network for Continuous Air  
Quality Monitoring

For a cleaner environment, healthier today and tomorrow  
for Croatian citizens

# **AIRQ: A Modern Air Quality Measurement and Control System for Protecting Human Health and the Environment**

Expansion and Modernisation of the National Network for  
Continuous Air Quality Monitoring

Croatian Meteorological and Hydrological Service  
Zagreb, 2023.



**Expansion and Modernisation of the National Network  
for Continuous Air Quality Monitoring**

**Publisher:**

Croatian Meteorological and Hydrological Service

**Editor:**

Jadranka Škevin-Sović

**Chief editors:**

Kornelija Špoler Čanić and Ivana Grljak

**Circulation:**

200 copies

**Design:**

LM Komunikcije

**Beneficiary:**  
Croatian Meteorological and  
Hydrological Service



**Project Partner:**  
Institute for Medical Research and  
Occupational Health



Institut za  
medicinska  
istraživanja  
i medicinu  
rade

**Project implementation period:**  
**1 May 2017 – 30 September 2023**

**Total value of the project:**  
**EUR 16,606,742.32 / HRK 125,123,500.00**

**European Regional Development Fund:**  
**EUR 14,115,730.97 / HRK 106,354,975.00**

**Environmental Protection and Energy Efficiency Fund:**  
**EUR 2,491,011.35 / HRK 18,768,525.00**

**The project was co-financed by the European Union from the European Regional Development Fund and the Republic of Croatia from the Environmental Protection and Energy Efficiency Fund.**

**More information on EU funds can be found on the website of the Ministry of Regional Development and EU Funds: [www.struktturnifondovi.hr](http://www.struktturnifondovi.hr)**

**Branka Ivančan-Picek, PhD**

Director-General, Croatian Meteorological and Hydrological Service (DHMZ)

The largest modernisation in DHMZ history ends this year. Modernising the meteorological, hydrological and air quality monitoring networks is important to Croatia's transformation into a climate-neutral community. In implementing the AIRQ project in partnership with the Institute for Medical Research and Occupational Health, we have shown our active commitment to protecting the health of our fellow citizens and preserving the environment. The project has established a comprehensive air quality measurement and control system, ensuring 100 % coverage and acquisition of real-time air quality data on the Croatian territory where inhabitants live. The ability to diagnose air quality conditions has been improved, including the basis for making projections, determining the origin of pollution, and implementing appropriate measures to protect and improve air quality. The results of the AIRQ project set the conditions for healthier and cleaner air for the present and future generations.

**Jadranka Škevin-Sović**AIRQ Project Leader, Head of the Air Quality Sector,  
Croatian Meteorological and Hydrological Service (DHMZ)

The project has built and modernised 24 air quality monitoring stations across Croatia. The equipment at the DHMZ Chemical and Calibration Laboratory has been modernised and replaced, as well as the equipment at the IMI chemical laboratory with instruments necessary for analysing precipitation, particulate matter and air samples and to ensure traceability and measurement quality. The computer infrastructure at the DHMZ has been upgraded, as well as the model for estimating ground concentrations of pollutants in areas of Croatia where there are no measuring stations. AIRQ has provided additional information on air quality so that more effective measures can be adopted for a better and healthier life for all of us.

**Gordana Pehnec, PhD**

Project Coordinator, Institute for Medical Research and Occupational Health (IMI)

The project provides equipment for physicochemical analyses of particulate matter at national network stations for permanent air quality monitoring. The modern equipment will facilitate measuring the chemical composition of particulate matter in line with the EU legal framework and provide the latest insight into their impact on health and the environment. Increasing the number of stations where  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$  particulate matter are measured offers greater insight into their spatial and temporal distribution, as well as relevant information on the exposure of Croatian citizens.



## Modernisation of 18 existing and construction of 6 new stations

for monitoring air quality has enabled AIRQ to double the relevant data coverage on air quality in terms of the number of inhabitants, especially in urban areas.



## AIRQ has improved the computer model

for assessing ground-level concentrations of pollutants in regions of Croatia not equipped with measuring stations.



## AIRQ has modernised the equipment at the DHMZ chemical laboratory

used for analysing precipitation and the air, equipment at the IMI chemical laboratory used for analysing airborne particles and equipment at the DHMZ calibration laboratory for ensuring precise air quality measurements.



## AIRQ has upgraded the DHMZ computer infrastructure

enabling greater availability of air quality information and timely notification of the public and state institutions.



## AIRQ has ensured support for implementing the Air Protection Act

and the development of sustainable strategies, key to the planning and implementation of measures for improving monitoring and reduction of pollutants that have a negative impact on the climate and people's health.

**Clean air is our primal need, whereas polluting it knows no boundaries.**



# Modernisation and construction of air quality monitoring stations

The modernisation of 18 existing and the construction of six new monitoring stations within the National Network for Continuous Air Quality Monitoring allows continuous measuring of air quality on the territory of Croatia.



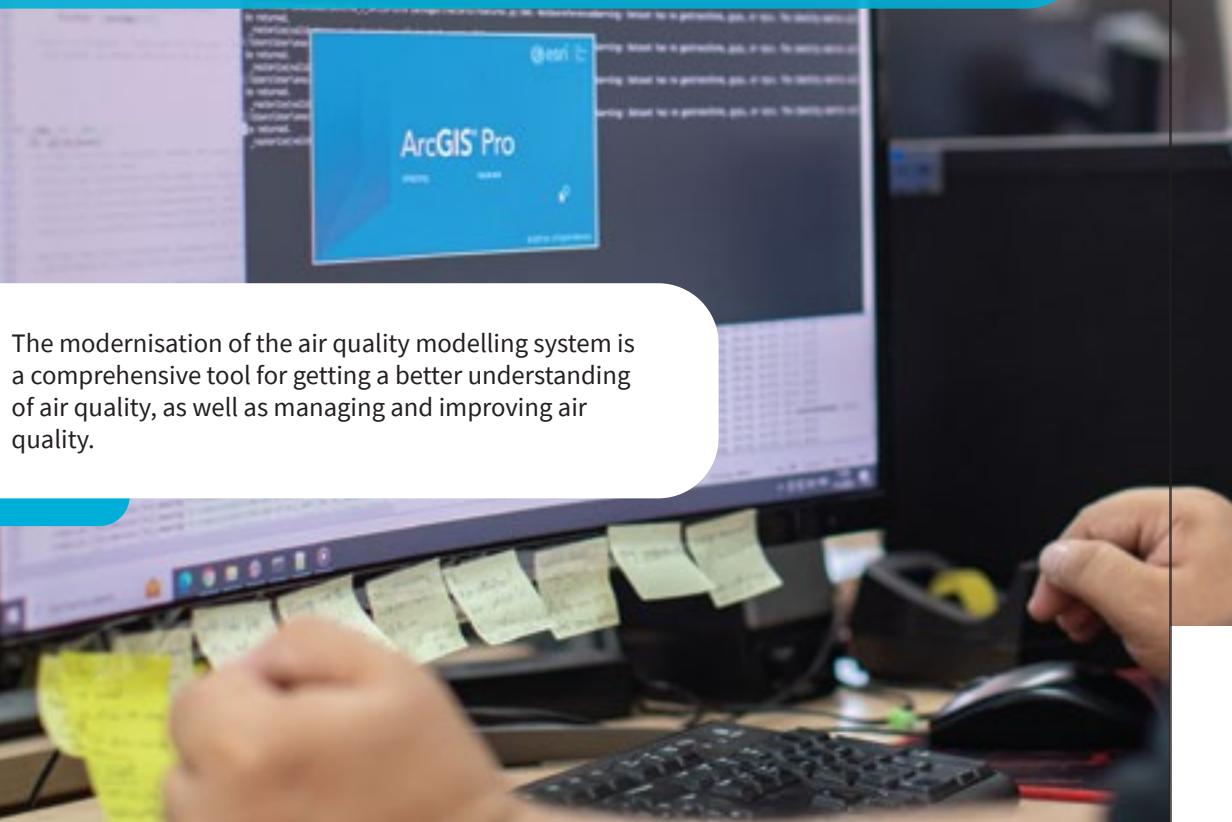
The modernisation of air quality monitoring stations has been made possible by procuring new measuring equipment (type-approved equipment for specific pollutants) and setting up six new stations for the monitoring program within the National Network for Continuous Air Quality Monitoring. This modernisation required construction works at the relevant locations and the installation of new containers for accommodating monitoring equipment (measuring devices), including auxiliary equipment (such as anti-theft and fire protection systems, air conditioning and cabinets for housing equipment).

- The existing air quality monitoring program (pollutants such as sulphur dioxide, nitrogen oxides, carbon monoxide, ground-level ozone, hydrogen sulphide, ammonia, benzene and particulate matter PM<sub>10</sub>/PM<sub>2.5</sub>) within the National Network for Continuous Air Quality Monitoring has been expanded by additionally measuring black carbon concentrations (at eight monitoring stations in different parts of Croatia), total elementary and reactive mercury (using an automatic method at one measuring station) and volatile organic compounds. Analyzers for CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, and H<sub>2</sub> have been installed at two air quality monitoring stations.
- The meteorological measurement program (air temperature, relative humidity, wind speed and direction, precipitation amount, and air pressure) has been modernised at the air quality monitoring stations.

The modernisation of stations within the National Network for Continuous Air Quality Monitoring has provided more measurement data across a wider area covered by monitoring stations within the National Network for Continuous Air Quality Monitoring.

Air quality measurement data will facilitate performing statistical analyses of air quality measurements for quality assessments and ensure expert analyses and the study of atmospheric processes in the outside air.

# Establishment of the air quality modelling system and development of models for assessing ground-level pollutant concentrations



The modernisation of the air quality modelling system is a comprehensive tool for getting a better understanding of air quality, as well as managing and improving air quality.

The improved modelling system combines different types of numerical analyses and forecasts of the chemical composition of the atmosphere at different levels, providing precise data for different purposes, such as the development of air quality management plans and measures, with the aim of improving air quality. It helps identify the underlying causes and conditions of exceeding stipulated target values, as well as forecast pollution levels to promptly inform the public and relevant institutions and thus protect the health of citizens.

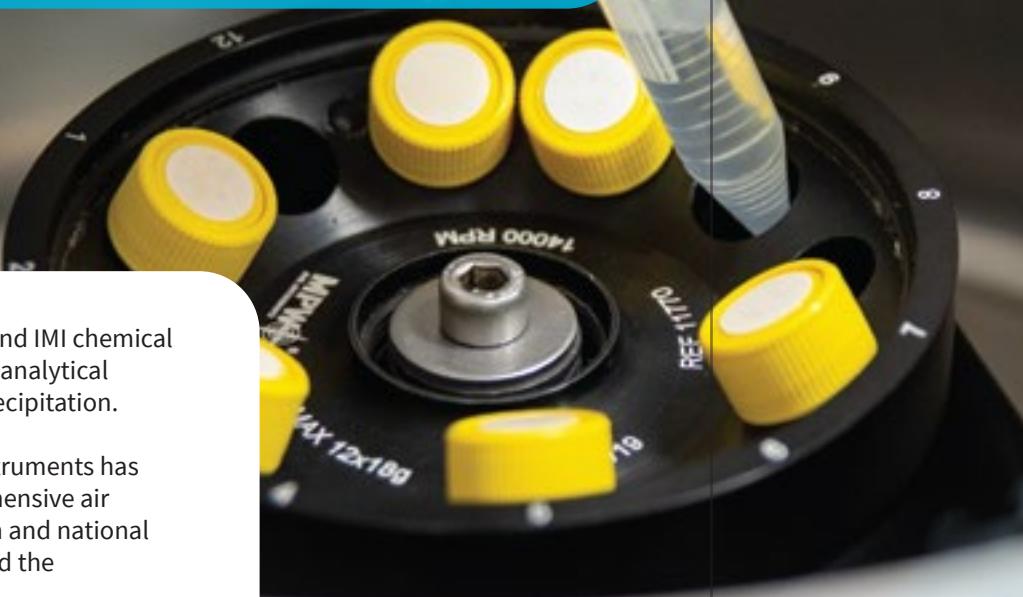
- The AIRQ project provides the models (LOTOS\_EUROS and ADMS-Urban) for calculating ground-level air pollutant concentrations to ensure data acquisition for assessing pollution levels in regions of Croatia where there are no monitoring stations. The modelling system is based on the internationally recognised chemical transport model LOTOS-EUROS, used in Europe and the world to estimate air pollution and develop baselines for action plans.
- The LOTOS-EUROS model helps identify which emission source mostly contributes to pollutant concentrations in a certain area.
- ADMS-Urban system for modelling air quality, given detailed emission information, can provide very high spatial resolution concentration maps.
- The greatest contribution to nitrogen dioxide concentrations in the outside air in the territory of Croatia comes from the transport sector, small combustion and industry.
- Air pollution knows no borders. In addition to local, there are also transboundary air pollution, which can be estimated using modelling.
- The greatest contribution to PM<sub>10</sub> particle concentrations in the outside air on the territory of Croatia comes from small combustion, especially in densely populated inland regions of the Republic of Croatia. In coastal areas, effects from natural sources are evident, foremost sea salt carried by the wind.

Models for estimating air pollutant concentrations help understand how pollution concentrations change over time in different places due to changes in emissions, weather conditions and the climate. They help assess how exposed the population is to pollution, which, depending on concentrations and the duration, can affect people's health. The use of these models is already evident in the development of the Air Quality Assessment in the Republic of Croatia in the period from 2016 to 2020.

## Modern laboratory equipment for analysing the chemical composition of the atmosphere, aerosols and precipitation

Integrating new devices into the DHMZ and IMI chemical laboratories has led to better laboratory analytical capacities for tracking air quality and precipitation.

Equipping laboratories with modern instruments has been an important factor in the comprehensive air quality control system to meet European and national criteria for protecting people's health and the environment.



## DHMZ chemical laboratory

The laboratory was founded in 1965 and performs activities related to the precipitation and air quality at 20 stations – 14 at DHMZ meteorological stations and six within the National Network of Continuous Air Quality Monitoring. The meteorological stations at Putjarka and Zavižan are also EMEP stations.

The analysis methods used at the DHMZ Chemical Laboratory have been accredited according to standard HRN EN ISO/IEC 17025 since 2013.

Equipping the laboratory included procuring new devices and training experts in handling the devices to quantitatively and qualitatively analyse air and precipitation samples sourced from measuring stations.



**Equipping the DHMZ chemical laboratory required procuring analytical instruments:**

- **Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MSMS):** used to quantitatively determine polycyclic aromatic hydrocarbons from precipitation and air samples
- **Ionic chromatography (IC):** used to quantitatively identify the major ions in samples of precipitation and inorganic components from precipitation and air samples

**As well as laboratory equipment:**

- Device for automated extraction of precipitation samples
- Device for automated extraction of solid samples
- Centrifuge, shakers, washer for laboratory vessels, climate chambers, driers, ultrasonic baths, laboratory refrigerators

Air and precipitation samples have also been procured, including sequential air samplers and large-volume air samplers, including wet-only and bulk precipitation samplers. The devices have been installed at six rural stations in the national network from which weekly and monthly precipitation and air samples arrive at the chemical laboratory. An analysis of these samples is conducted for the purpose of tracking the cross-border transmission of pollutants, sedimentation of pollution and calculating the critical environmental load.

# What are polycyclic aromatic hydrocarbons or PAHs?

Polycyclic aromatic hydrocarbons or PAHs (Trademark Act).

PAHs are a group of compounds with two or more benzene rings. They are found in car exhaust fumes, formed during forest fires, volcanic eruptions, insufficient combustion of wood, and industrial processes. PAHs can pollute water, air and soil.

## The major ions in precipitation and inorganic components which we track in the air

### Inorganic components in the air are:

sulphur dioxide  $\text{SO}_2$   
ammonia  $\text{NH}_3$   
sulphates  $\text{SO}_4^{2-}$   
nitrates  $\text{NO}_3^-$   
chlorides  $\text{Cl}^-$   
ammonium  $\text{NH}_4^+$   
sodium  $\text{Na}^+$   
potassium  $\text{K}^+$   
calcium  $\text{Ca}^{2+}$   
magnesium  $\text{Mg}^{2+}$

### The major ions in precipitation are:

sulphates  $\text{SO}_4^{2-}$   
nitrates  $\text{NO}_3^-$   
chlorides  $\text{Cl}^-$   
ammonium  $\text{NH}_4^+$   
sodium  $\text{Na}^+$   
potassium  $\text{K}^+$   
calcium  $\text{Ca}^{2+}$   
magnesium  $\text{Mg}^{2+}$



## IMI Chemical Laboratory

The IMI chemical laboratory operates within the Environmental Hygiene Unit, which has been engaged in outdoor air research for more than 60 years and has been accredited according to HRN EN ISO/IEC 17025 since 2010.

The chemical laboratory conducts sampling and physicochemical analyses of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> and the equivalence of non-referential methods for determining the mass concentrations of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>.

### What is airborne particular matter?

Airborne particulate matter or PM are very tiny particles invisible to the naked eye that float in the air. It contains a complex mixture of various solids and liquids, some harmful to human health or the environment. The number after the PM designation (e.g., PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>) indicates their size, i.e., diameter in micrometres ( $\mu$ m). The smaller the particles, the smaller the diameter, and the more dangerous they are to health due to their ability to penetrate the respiratory system more easily and deeply. The sources of these particles are natural (e.g., forest fires, desert sand, soil particles, marine aerosols) and human (e.g., industrial processes, burning fossil fuels, transport).

### The analysis results are used for:

- Assessing air quality (categorisation)
- Assessing a possible increase in pollution levels
- Facilitating analyses of the distribution of pollution sources
- Modelling
- Gaining a better understanding of atmospheric airborne particles

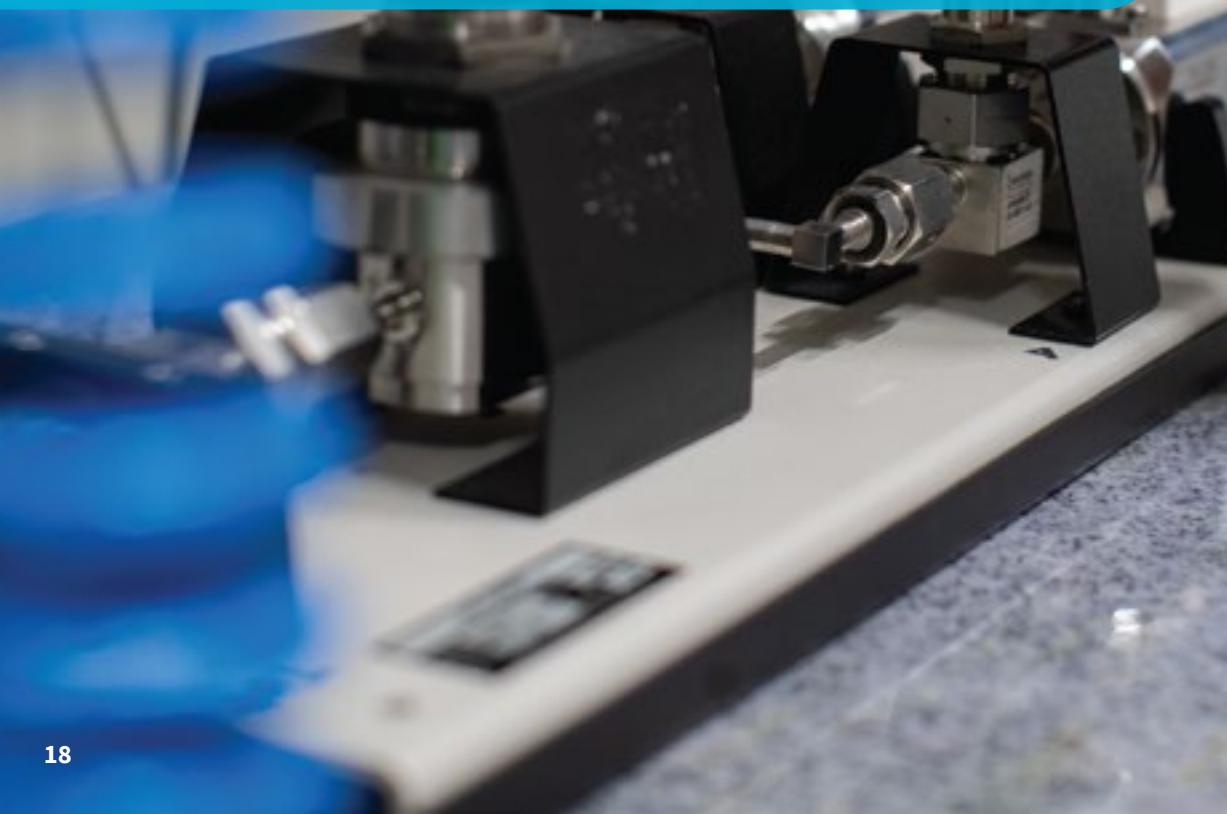
Modern equipment ensures the proper monitoring of a large number of chemical substances in the air compared to current possibilities, providing more effective measurements, a better air quality management system, and the implementation of a legislative framework for air and environmental protection for the benefit of each individual and society as a whole.

### New equipment at the IMI chemical laboratory includes:

- **Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)** is used for identifying metals in PM<sub>10</sub> airborne particulate matter.
- **X-ray fluorescence (XRF) spectrometry** enables the simultaneous identification of a larger number of chemical elements in airborne particulate matter.
- **High-performance liquid chromatograph** is used for identifying polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in airborne particulate matter.
- **Organic carbon and elemental carbon analyser** Organic and elemental carbon is determined in PM<sub>2.5</sub> particles.
- **Ionic chromatography for determining molecular markers of organic carbon** Molecular markers of organic carbon are sugar anhydrides where its presence in airborne particulate matter indicates the burning of biomass.
- **Dual-channel ion chromatography equipped with a mass spectrometer and conductometric detector** It is used for determining inorganic compounds in airborne particulate matter Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> i Ca<sup>2+</sup>. ions.

Determining the chemical composition of airborne particulate matter is essential in terms of public health. It also provides valuable data for assessing the main sources of air pollution from airborne particulate matter, which is important for plans to improve air quality.

# Equipping the DHMZ calibration laboratory to ensure traceability and proper air quality measurements



Acquiring homogenous and reliable data on air quality requires the regular calibration of all measuring devices and ensuring measuring traceability according to international standards.

Equipping the DHMZ calibration laboratory through the procurement and modernisation of instruments and measuring equipment necessary for calibrating air quality measuring devices and related measuring quantities ensures the traceability of measurements according to reference standards. The technical foundation of the laboratory consists of analysers and instruments procured by the project.

# DHMZ calibration laboratory

The Calibration Laboratory Department establishes, calibrates, maintains, continuously develops and modernises the DHMZ standard base, ensuring the traceability of DHMZ measurements to national and international standards and SI systems. On 22 October 2020, the Calibration Laboratory Department was included in the database of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM). Thus, the calibration laboratory confirmed its status as a state standard for ground-level ozone concentration, and the DHMZ gained global recognition for the calibration of scales with the highest accuracy standard for this parameter.

**Reference air pollutant analysers** validate the etalon system to generate a precisely set concentration of air pollutants measured by the analyser being calibrated.

Analyser ensured through the AIRQ project	Onečišćujuća tvar
analyser	ozone
analyser	sulfur diokside SO <sub>2</sub>
analyser	nitrogen oxides NO, NO <sub>2</sub>
analyser	carbon monoxide CO
analyser VOC	aromatic hydrocarbons: benzene, toluene, ethylbenzene, xylene (o,m,p)
analyser VOC C2-C6	volatile organic compounds (VOC)

## What are aromatic hydrocarbons?

**Aromatic hydrocarbons or ARENS** form a special group of cyclic hydrocarbons due to their characteristic structure and properties. The first aromatic hydrocarbons were isolated from aromatic resins, from where they got their name (aroma in Greek means fragrant herb).

## What are volatile organic compounds (VOC)?

**Volatile organic compounds (VOC)** are carbon-based chemicals that evaporate easily at room temperature, e.g., formaldehyde, toluene, acetone, and ethyl alcohol.



## Instrument ensured through the AIRQ project

Clear air generator

## Purpose

dilution of high concentrations of reference gases (pollutants) from gas cylinders within dilution units.

Reference units for dilution

generation of moderate gas reference concentrations of all pollutants except ozone.

Reference system for flow measurement

calibration of flow meters located within reference units for the dilution of gases through which clean air and highly concentrated pollutants pass from the gas cylinder.



Regular calibration of all instruments and ensuring metrological traceability according to international standards is essential in achieving precise and reliable measurement results. This approach provides relevant air quality information, essential for protecting the environment and human health.

# Upgrading the DHMZ computer infrastructure

The procurement and commissioning of the BullSequana XH2000 supercomputer has significantly increased computing capacities, allowing for faster forecasting, analysis and processing of measurement data.



The AIRQ project also allowed upgrading the DHMZ computer infrastructure to improve the availability of information on air quality and provide prompt and comprehensive information to the public and national institutions.

**In addition to the supercomputer, AIRQ has ensured the procurement of two other essential components of the DHMZ IT system:**

- 1.** Upgrading the IT infrastructure by expanding the data storage and archiving system and the construction of a new backup system
- 2.** Efficient and flexible management of the infrastructure and equipment using a virtual environment

Procuring computer equipment and upgrading the DHMZ infrastructure results in even more support for its primary activity, ensuring quality, prompt and reliable meteorological and hydrological information, analysis of air quality information and warnings of hazardous phenomena. Meteorological, hydrological and air quality information is used in making strategic decisions in society and various branches of the economy, food production, protection of human life and the environment that are increasingly exposed to disaster risks.

# How does implementing the AiRQ project affect the quality of life for each of us?

- AIRQ has established a comprehensive system for measuring and controlling air quality in Croatia to protect the environment and human health. It implies protecting the health of all our fellow citizens but also helping to protect health-impaired persons, the ecosystem with support for efficient and sustainable agriculture and economic development, and necessary support in adapting to climate changes we witness every day.
- AIRQ has doubled the proportion of the Croatian population covered by relevant data on air quality in urban areas. It was achieved by building six new stations (Osijek-2, Zagreb-4, Omišalj on the island of Krk, Split-2, Split-3, Dubrovnik) and the modernisation of 18 existing stations for continuous air quality monitoring (Kopački rit, Osijek-1, Slavonski Brod-1, Kutina-1, Sisak-1, Zagreb-1, Zagreb-2, Zagreb-3, Desinić, Parg, Višnjan, Pula, Rijeka-2, Plitvica Lakes, Vela straža on Dugi otok, Polača, Hum on Vis, Opuzen).
- AIRQ has facilitated the development of a computer model for estimating ground-level pollutant concentrations in areas where, in the past, no measurements have been taken.
- AIRQ has provided additional equipment to the DHMZ chemical laboratory for sampling and analysis of the chemical composition of precipitation and air, the IMI chemical laboratory for sampling and determining mass concentrations and analyses of the chemical composition of airborne particles, and the measurement laboratory for the calibration of air quality measuring devices and related measurement quantities to ensure the traceability of the respective measurements to international standards.
- AIRQ has helped upgrade the DHMZ computer infrastructure for faster and better availability of information on air quality and all other DHMZ services and for the purpose of promptly informing the public and national institutions.
- AIRQ has provided the necessary support in implementing the Air Protection Act (OG 127/19, 57/22) and the development of sustainable integrated strategies and projects. All this has been a prerequisite for the adequate assessment, planning and implementation of appropriate measures to improve monitoring programs and the introduction of measures against pollutants that affect the climate.



**Clean air is our fundamental need.  
There are no boundaries for air pollution.**