

Osnivanje laboratorija za mjerenje kakvoće zraka i oborina u RHMZ-u

Zdenka Bolanča

Emerita HATZ-a

Sažetak: U radu se prikazuje kratka povijest, razlozi osnivanja i opremanja laboratorija za mjerenje kakvoće zraka i oborina u Republičkom hidrometeorološkom zavodu (RHMZ) u Zagrebu. Ta institucija početkom sedamdesetih godina donijela je odluku o osnivanju Sektora za meteorološka istraživanja, a jedan od ciljeva bio je praćenje kakvoće zraka i oborina te uspostava mreže stanica za sakupljanje uzoraka. U radu su opisane aktivnosti od početka pa približno do kraja sedamdesetih za vrijeme mog rada u toj instituciji. Izgradnja laboratorija započela je adaptacijom zapuštenih prostorija: Uvele su se prikladne električne, plinske i vodovodne instalacije te ventilacija, odabrani su aparati koji najbolje odgovaraju potrebama kemijske analize. Lokacija stanica za sakupljanje uzoraka je trebala biti takova da na sastav uzorka ne utječu lokalni izvori emisije zagađivala, nego da uzorci registriraju samo promjene na širem regionalnom području (Lastovo, Puntijarka-Medvednica)). Podaci mjerenja trebali su poslužiti za međunarodnu razmjenu. U rezultatima istraživanja prikazuju se koncentracije zagađivala u zraku i oborini u funkciji meteoroloških čimbenika: vektorski srednjaci prizemnog vjetera, jačina vjetera, tipovi vremena (ciklona, bezgradijentsko polje zraka, dolina niskog tlaka, jugoistočno strujanje). Rezultati tih i drugih istraživanja objavljeni su u časopisima i prezentirani na znanstvenim skupovima. Prvi put je izrađena usporedna analiza zraka i oborina u Zagrebu u ovisnosti o meteorološkim parametrima, a projekt je sufinancirao Republički fond za naučni rad SR Hrvatske.

Ključne riječi: laboratorij RHMZ-a, regionalne postaje, kakvoća zraka, kakvoća oborina, meteorološki faktori

1. Uvod

Ernst Häckel smatra se jednim od utemeljitelja ekologije, a 1866 godine postavio je osnove ekologije u domenu znanstvene discipline [1]. Sve do početka naglog industrijskog razvoja, urbanizacije i demografske ekspanzije, koje su se u različitim

zemljama dešavale u različito vrijeme mislilo se, da su resursi neograničeni, a onečišćenja iz antropogenih izvora nisu se smatrala posebnim problemom.

Porastom svih vidova čovjekove aktivnosti počinju se javljati prvi znaci upozorenja krize opstanka ekosustava. Ekološka istraživanja vremenom su sve prisutnija, pa ekologija postaje oko sedamdesetih godina prošlog stoljeća, interdisciplinarna znanost, sinteza brojnih disciplina: biokemije, kemijskog inženjerstva, botanike, zoologije, ekonomije, društvenih znanosti, meteorologije, hidrologije i nekih drugih [2].

Atmosfera posjeduje ogromni kapacitet, međutim zbog svoje dinamične prirode u izvjesnim meteorološkim situacijama, može djelovati na kvalitetu zraka, voda i tla. Na sudbinu u atmosferu emitiranih štetnih plinova i čestica aerosola utječe vjetar, temperatura, vertikalni temperaturni profil, oblaci, sunčevo zračenje i relativna vlaga [3]. Ti meteorološki čimbenici su pod utjecajem vremenskih sustava, velikih ili malih razmjera. Veliki sustavi su pod utjecajem visokog ili niskog tlaka, a mali su kontrolirani temperaturom tla i malim varijacijama tlaka.

Kakvoća zraka i oborina posljedica je emisije štetnih tvari iz raznovrsnih izvora. Antropogeni izvori zagađenja mogu se diskutirati kao stacionarni i mobilni, odnosno točkasti ili linijski [4].

U sustavu biljka/životinja/čovjek, najosjetljivija je biljka [5]. Sedamdesetih godina prvo je uočeno propadanje šuma Gorskog kotara, posebno jele i to sprečavanjem oblikovanja pupova na vršcima grančica, povećanim ugibanjem sadnica i oštećenjem i sušenjem krošnje. Kauzlaric je utvrdio da zbog emisije štetnih tvari, klimatskih i hidrogeoloških utjecaja, te daljinskog transporta zagađivala ciklonalnim aktivnostima na standardno definiranoj površini u četinarskoj šumi Gorskog kotara je oštećenih stabala bilo 30,1 % /stupanj oštećenja 2,3,4, dok je udjel zdravih stabala bio 35,6 %/stupanj [6]

U ovom radu prikazuje se povijest i razlozi osnivanja laboratorija za praćenje kakvoće zraka i oborina pri Republičkom hidrometeorološkom zavodu, Grič 3, Zagreb, sada Državnom hidrometeorološkom zavodu. Postaje za sakupljanje uzoraka zraka i oborina, od kojih neke imaju međunarodni karakter, postavljaju se na posebno odabranim lokacijama u okviru meteoroloških postaja za monitoring odnosno registraciju podataka koji opisuju stanje vremena.

2. Kratka povijest i razlozi osnivanja i opremanja laboratorija

Savjet radne zajednice Republičkog hidrometeorološkog zavoda 12. 07. 1968. godine odlučio je osnovati Sektor za meteorološka istraživanja. Cilj i razlozi osnivanja bili

su istraživanja u području: unapređenja praćenja klime i prognoze vremena, potreba društva i gospodarstva, sigurnosti i zaštite ljudi i imovine, klime i klimatskih promjena, energetike, prometa, prostornog planiranja i graditeljstva, kakvoće zraka i oborina, poljoprivrede i šumarstva, zdravlja rekreacije i turizma kao i meteorološkog i hidrološkog aspekta vodnog gospodarstva. [7].

Istraživanja u području kakvoće zraka i oborina planirana su s razlogom, zato što je sudbina štetne tvari određena dinamičkim procesima koji se odigravaju u atmosferi, a ovisi o meteorološkim uvjetima. U tom kontekstu navesti će se samo nekoliko primjera. Da li će se dimni plinovi sa štetnim tvarima iz točkastog izvora dizati u vis ili će se nakon određene visine kretati vodoravno ili se slijegati prema tlu, ovisi o promjeni temperature zraka s visinom. Ako je ta promjena u usporedbi s adijabatskom vrijednosti za vlažni zrak negativnija, dio toplog zraka koji se diže u vis se neće brzo ohladiti, da bi dostigao gustoću okolnog zraka. On će se nastaviti dizati, što je pozitivno s aspekta kvalitete zraka na toj lokaciji. Međutim, na taj način dolazi do transporta štetnih tvari u područja gdje zapravo nema emisije tog onečišćenja. Drugi primjer je situacija koja nastaje za vrijeme stvaranja anticiklona, kada se gornji slojevi zraka spuštaju prema dolje, zagrijavajući se pri tome kontrakcijom, a zagrijavanje je veće u gornjim nego u prizemnim slojevima [8]. Za vrijeme anticiklone vjetrovi su slabi ili ih nema, pa ne dolazi do raspršenja štetnih tvari. Ovakve temperaturne inverzije su nepogodne za vrijeme maglovitih dana s aspekta kakvoće zraka, jer se štetne tvari nagomilavaju u inverzionom sloju i njihova koncentracija može doseći visoke vrijednosti. Utjecaj meteoroloških čimbenika na kakvoću zraka i oborina, opisati će se i pojasniti u poglavlju prikaza rezultata istraživanja, izvedenih mjerenja u novo izgrađenom i opremljenom laboratoriju Republičkog hidrometeorološkog zavoda.

Sektor za meteorološka istraživanja postaje Centar za meteorološka istraživanja Republičkog meteorološkog zavoda 1976. godine i tada je upisan u registar znanstvenih organizacija udruženog rada Republičkog savjeta za naučni rad.

Osamostaljenjem Republike hrvatske, Republički hidrometeorološki zavod postaje državna institucija, Državni hidrometeorološki zavod. Djelatnost te institucije je monitoring i obrada podataka, svakodnevno objavljivanje: vremenskih i hidroloških podataka, upozorenja na opasne situacije, prognoza za cestovni, morski i riječni promet, agrometeorološka prognoza, parametri kakvoće zraka i biometeorološka prognoza.

Nezaobilazan je znanstveno istraživački rad, koji obuhvaća područja: lokalnih i regionalnih atmosferskih procesa, klimu i klimatske promjene, klimatske promjene agrometeorološkim metodama, utjecaj vremena na ljude i značajke bioklime, zaštitu okoliša za održivi razvoj i hidrologiju u kontekstu nepogoda.[9]. Znanstveni rad je prvo bio sufinanciran od SIZ-a za znanost, a kasnije od MZSO-a i Hrvatske zaklade za znanost. Međunarodno je prepoznatljiv kroz projekte u okviru WMO, COST, FP6, FP7, i IPA [10,11].

Međunarodna suradnja se proširila kada je početkom 90-ih godina DHMZ preuzeo sve službe iz te domene u okviru samostalne Republike Hrvatske. Aktivno sudjeluje u radu brojnih međunarodnih organizacija i asocijacija.

3. Opis problematike i tijek uspostave laboratorija za utvrđivanje kakvoće zraka i oborina, te postavljanje mreže stanica za sakupljanje uzoraka

Oduka o osnivanju Sektora za meteorološka istraživanja bila je podloga za raspisivanje natječaja sedamdesete godine i zapošljavanje djelatnika, povezano s potrebom izgradnje i ustroja laboratorija za mjerenje kakvoće zraka i oborina, te postavljanja mreže stanica za sakupljanje uzoraka.

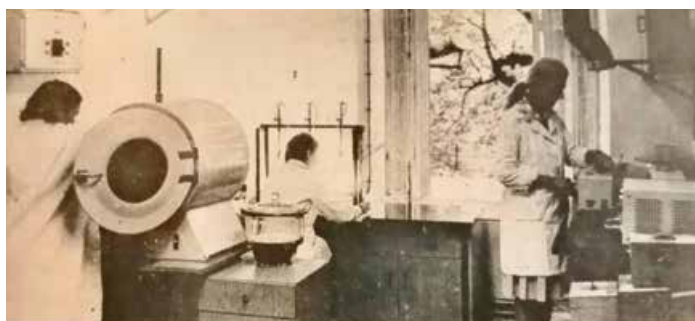
Tada je već bilo jasno da zagađenost zraka iz različitih izvora je postigla globalne razmjere, ugrožava okoliš i može izazvati promjene vremena i klime. Takova istraživanja i posao za mene kao tek diplomiranu inženjerku Kemijskog odjela PMF-a, bio je pravi izazov. Učenjem, strategijom, planiranjem, zapuštene prostorije s odbačenim stvarima u podrumu zgrade Republičkog hidrometeorološkog zavoda na Griču 3, i pogledom na Strossmayerovo šetalište s druge strane, pretvorene su u laboratorij s prikladnim električnim, vodovodnim i plinskim instalacijama te ventilacijom (Slika 1.)



a



b



c

Slika 1: RHMZ, izgradnja i uspostava laboratorij za mjerenje kakvoće zraka i oborina početkom sedamdesetih godina, a i b: nepoznati snimatelj, c: snimio B. Kovačić, prilog članku, Vjesnik, 24.08.1977. godine, str.11

Laboratorij je opremljen spektrofotometrom, plamenim fotometrom, konduktometrom, pH metrom, opremom za standardne titrimetrijske metode analize. sitnim inventarom, laboratorijskim posuđem i svim onim laboratorijskim potrepštinama potrebnim za funkcioniranje laboratorija takove namjene. Metode mjerenja bile su usklađene s operativnim priručnikom WMO [12].

Obzirom na već tada prepoznatljiv utjecaj različitih izvora emisije na atmosferske procese, koji se manifestiraju na sastav zraka i hidrometeora, Svjetska meteorološka organizacija je preporučila postavljanje novih stanica za praćenje zagađenosti zraka s međunarodnim karakterom.

Na “osnovnim stanicama” mjerio bi se s velikom točnošću prvenstveno ugljik dioksid zatim po mogućnosti, što veći broj drugih značajnih zagađivala: ozon, dušikov dioksid, sumporni dioksid, PM 2.5,10, kako bi se utvrdile dugoročne promjene u njihovoj koncentraciji [12]. Dakle, takove stanice se mogu shvatiti kao oni istraživački punktovi koji će davati podatke o dugotrajnim promjenama u sastavu atmosfere, koji su osobito važni kao čimbenici utjecaja na vrijeme i klimu.

Na “regionalnim stanicama” utvrđivala se zagađenost atmosfere i kemijski sastav oborina. Lokacija tih stanica trebala je biti takva da na njih ne utječu lokalni izvori emisije, nego da registriraju promjene na širem regionalnom području.

U okviru Republičkog hidrometeorološkog zavoda u srpnju 1971 godine postavljena je regionalna stanica za sakupljanje uzoraka zraka i oborina na meteorološkom opservatoriju Instituta za fiziku atmosfere JAZU (geografske koordinate: 45° 55' N i 15° 58' E), a u siječnju 1972. na glavnoj meteorološkoj stanici Lastovo (geografske koordinate: 42° 45' N i 16° 52') (Slika 2 a).



Slika 2: Lokacija regionalnih stanica za sakupljanje uzoraka zraka i oborina, a: satelitski snimak Puntijarka i Grič [13] Google maps, b: satelitski snimak Lastovo [14] Google maps

Stanice trebaju biti postavljene u nenaseljenim područjima, udaljene od prometnica, a na brdima iznad linije drveća. Glavna meteorološka stanica na Lastovu ima istaknuti položaj na sjevernom dijelu otoka, te je na vrhu brežuljka visine oko 150 m (slika 2 b). Slobodno je izložena strujanju sa svih strana. Udaljena je oko 500m od naselja bez ikakve industrije. Takova lokacija omogućuje praćenje promjena na širem arealu južnog Jadrana. Otok Lastovo najvećim dijelom je pokriven šumom. Na otoku ima dva manja naselja, od kojih je Ubli udaljen oko 10 km od Lastova. Najbliži veći otok je Korčula, koji se nalazi sjeverno od Lastova, a veća mjesta su barem 25 km udaljena od mjerne stanice na Lastovu.

Osim toga stanice za sakupljanje uzoraka zraka i oborine postavljene su u dvorištu upravne zgrade na Meteorološkom opservatoriju Zagreb, Grič (geografske koordinate: 45° 46' 04" N, 15° 51' 08" E) i na Meteorološko-aerološkom opservatoriju Maksimir, geografske koordinate (45° 49' 19" N, 16° 2' 1" E). Te stanice trebale su imati funkciju "lokalnih stanica" i na taj način prezentirati lokalni utjecaj izvora emisije štetnih tvari.



Slika 3: Lokacija postaje za sakupljanje uzoraka zraka i oborina pri Meteorološkom opservatoriju, Zagreb Maksimir, satelitski snimak, opservatorij Maksimir je označen crnom točkom i Medvednica na sjeverozapadu (postaja Puntijarka H 988m)[15]

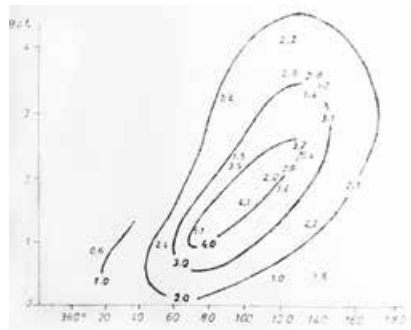
Uzorci su se sakupljali ručnom metodom. Uređaj za uzorkovanje zraka sastojao se od sakupljača zraka s pogodnom apsorpcijskom tekućinom za plinovite štetne tvari i krutim filtrom, obično papirnim za sakupljanje krutih čestica, zatim uređaja za mjerenje protoka zraka i pumpe. Za analizu čestica primjenjivala se denzitometrijska metoda. Osim mjesečnih uzoraka na nekim postajama, sakupljali su se dnevni uzorci, sukladno s terminima meteorološkog motrenja i utvrđivale koncentracije sumpornog dioksida i dima u zraku. Provodila su se i neka specijalna mjerenja u okviru određenih projekata.

4. Rezultati istraživanja

Prvi rezultati istraživanja odnose se na razdoblje mjerenja 1972-1974 godina i objavljeni su pod naslovom Prirodna zagađenost zraka i kišnice na južnom Jadranu (otok Lastovo) [16].

Obzirom na opisani položaj Lastova može se smatrati da najveći dio klorida u kišnici potječe od raspršivanja okolnog mora, djelovanjem valova i vjetra. Koncentracije klorida mogu varirati između 45 i 5 mg/L. Najniža koncentracija može se očekivati ljeti, a najviša u jesenskim mjesecima. Prosječne mjesečne koncentracije uzevši godinu u cjelini porasle su od 17,2 mg/L u 1972. na 29.4 mg/L u 1973, a porast se zapaža i u 1973. godini. . Ovakvi rezultati usko su povezani s ukupnom količinom oborine, koja je u 1973. bila upola manja nego li u 1972. U analizi svih određivanih štetnih tvari u ovom radu izračunat je vektorski srednjak vjetra samo za one dane s ukupnom količinom kiše 1mm u 24 sata, a uzeti su samo oni terminski - trosatni podaci o vjetru, kada je kiša padala unutar jednog sata oko sinoptičkog termina. Najveća koncentracija klorida se može očekivati kod srednjeg prijenosa vjetra između ENE i ESE smjera i jačine 1 do 3 Beauforta. Uzmu li se srednje sezonske koncentracije klorida koje padnu na 1 kvadratni metar, dobiva se manja disperzija vrijednosti oko pravca, jednadžbe: $K_{cl}=376,4 + 13,8 RR$

Srednje sezonske vrijednosti sumpora u obliku sulfata pokazuju male razlike između pojedinih godišnjih doba što ukazuje da lokalni izvori na Lastovu za koje je karakteristično povećanje emisije sumpornog dioksida u hladnom dijelu godine na Lastovu ne opterećuje atmosferu. Treba napomenuti da srednje godišnje koncentracije sumpora u obliku sulfata u kišnici na Lastovu gotovo su za oko 50% veće od onih na postaji Puntijarka. Koncentracija ove štetne tvari u kišnici ovisi o srednjem prijenosu zraka tijekom kišnih dana. Najveće koncentracije se mogu očekivati u mjesecima u kojima su za vrijeme oborina, vektorski srednjaci prizemnih vjetrova između ENE i ESE smjera, jačine 1-2 Beaufora.

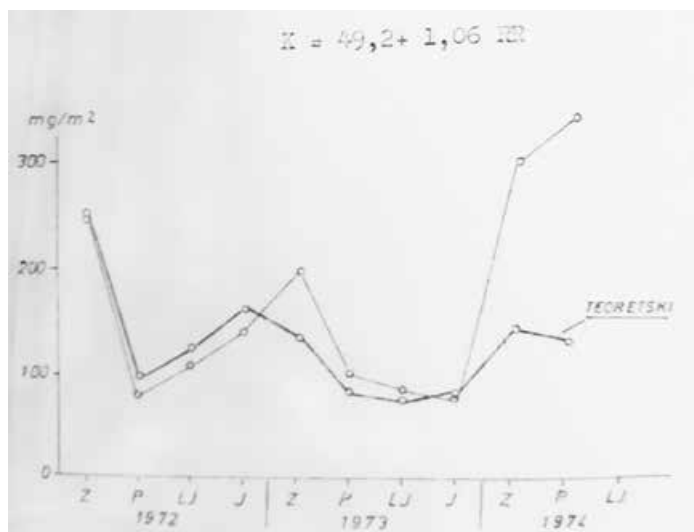


Slika 4: Ovisnost koncentracije sumpora u obliku sulfata u kišnici na Lastovu o srednjem vektorskom vjetru za kišnih dana

Uzmu li se u obzir činjenicu da je smjer geostrofičnog vjetrova, koji pokazuje strujanje zraka na nekih kilometar visine iznad prizemnog sloja, (tu se visinu kod ovih istraživanja obično uzima kao nivo prijenosa oblačnih elemenata i oborine) za oko 30° veći od smjera vjetrova pri tlu, kao i ciklonalnu zakrivljenost putanje kod vremenskih poremećaja, može se pretpostaviti da se maksimalne koncentracije sumpora u obliku sulfata mogu pripisati industrijskim područjima južnog i jugoistočnog dijela Italije a i Crne Gore.

Veoma rijetki slučajevi padanja kiše na Lastovu uz sjeveroistočne vjetrove donose prosječno za preko 8 puta nižu koncentraciju sumpora u obliku sulfata, nego li kod strujanja iz SE kvadranta. To se može pojasniti činjenicom da vjetrovi koji pušu iz tog kvadranta, dolaze s područja otoka i od obale gotovo bez industrije i emisije. Uzme li se u račun srednje sezonske vrijednosti koncentracije sumpora u obliku sulfata koja padne s kišnicom na površinu od 1 kvadratnog metra i količinu oborine (RR) u mm dobije se relacija $K = 49.2 + 1.06 RR$.

Ako se po metodi Munn Rodth odrede teoretske koncentracije sumpora po sezonama i na isti grafikon unesu stvarne srednje sezonske vrijednosti u višegodišnjem nizu (Slika 5), vidljivo je da postoji manji broj slučajeva kad su vrijednosti koncentracija uzrokovane s drugim faktorima osim prirodnih [17].



Slika 5: Izračunate i realne vrijednosti količine sumpora koji padnu s kišom na Lastovu

U slijedećim tabelama prikazuje se ovisnost koncentracije sumpora u obliku sulfata u kišnici Lastova o vremenskim tipovima nad južnim Jadranom.

Tablica 1: Čestina pojavljivanja tipova vremena nad južnim Jadranom kod pojave oborine nad Lastovom zimi

Razdoblje	Cyklona	Bezgradijentsko polje tlaka	Jugoistočno strujanje	Dolina niskog tlaka	Konc.S u obliku sulfata mg/L
1972	34.4%	6.9%	58.6%	-	1.3
1972/73	60.7%	10,7%	10.7%	17.9%	2.4
1973/74	56.5%	17.4%	21,7%	4.4	3.4

Rezultati pokazuju da su najniže koncentracije zimi 1972.godine bile najvećim dijelom vezane, jugoistočna vremenska stanja, kad nad čitavim južnim Jadranom postoji takovo strujanje zraka, ne samo pri tlu nego i na većim visinama. Opisana stanja ne bi uključivala emisiju s područja južne Italije.

Zime 1972/73 i 1973/74 karakteristične su po znatnom broju cyklona, koje najčešće dolaze sa zapada ili jugo zapada i svojim sistemima zračnih strujanja zahvaćaju srednju i južnu Italiju.

Tablica 2: Čestina pojavljivanja tipova vremena nad južnim Jadranom kod pojave oborine nad Lastovom ljeti

Razdoblje	Cyklona	Bezgradijensko polje zraka	Jugoistočno stanje	Dolina niskog tlaka	Konc. S u obliku sulfata mg/L
1972	61.5%	23,1%	-	15,4%	1,7
1973	10.0%	40,0%	-	50,0%	3,4

U ljetnom razdoblju ciklone često imaju malo vertikalno prostranstvo i slabije razvijen sistem strujanja (Tablica 2.). Učešće cyklona u 1972 bilo je veliko, da bi se u 1973 prilično smanjilo. Kod dolina niskog tlaka, oborinski sistemi najčešće dolaze nošeni strujanjima iz jugozapadnog ili zapadnog kvadranta, što bi ukazivalo na mogućnost zahvaćanja izvora emisija iz srednje i južne Italije. Vidljivo povećanje koncentracije sumpora u obliku sulfata u oborinama nad Lastovom funkciji je opisanog tipa vremena.

Načinjena je analiza i usporedba rezultata mjerenja koncentracije nekih aniona i kationa u uzorcima oborina i zraka na regionalnim postajama Puntijarka i Lastovo, a u nastavku se prikazuju samo najznačajniji karakteristični rezultati [18].

Rezultati istraživanja su pokazali da je na Lastovu u prosjeku količina klorida u kiši viša od 6 puta od koncentracije na Puntijarci, koja je znatno udaljena od mora. U toku perioda promatranja u odabranom godišnjem razdoblju na Lastovu padne do 150 kg klorida na hektar tla.

Koncentracije iona natrija u nekim mjesečnim uzorcima oborine na postaji Puntijarka u usporedbi s kišom na Lastovu pokazuju 30 do 40 puta manje vrijednosti. To proizlazi iz njegovog maritimnog porijekla. Analiza srednjih mjesečnih koncentracija natrija u kiši Lastova u ovisnosti o vektorskoj srednjoj vrijednosti vjetera za vrijeme kišnih dana pokazuje da se najveće vrijednosti mogu očekivati uz srednji smjer vjetera između ENE i ESE smjera i širokom rasponu od 1-3 Beaufora. Značajno je da se na obje promatrane postaje utvrđuje približno jednak porast srednjih godišnjih vrijednosti, što ovom ionu daje veću važnost i šire značenje. Količina srednjih godišnjih vrijednosti iona natrija koja padne s kišnicom na Lastovu, gotovo je 20 puta veća od one na Puntijarci.

Koncentracija iona kalija je znatno manja od natrija. Godišnja prosječna koncentracija iona kalija je od 0.7 do 2.1 mg/L. U usporedbi sa srednjim godišnjim vrijednostima na postaji Puntijarka, kišnica s Lastova pokazuje 2,4 odnosno 6.4 puta veću vrijednost. Količina kalija koja sa kišnicom padne na Lastovu gotovo je 50% veća od one na Puntijarci.

Količina magnezija u kišnici Lastova promatrajući godišnji prosjek je za pet puta veća u odnosu na rezultate dobivene na Puntijarci. Koncentracije iona magnezija u kišnici Lastova slične su onima iona kalija, a razlikuju se po sezonama. U ovom slučaju najveće koncentracije izmjerene su u proljeće, a ne ljeti kao na Puntijarci. Usporedbom srednjih godišnjih vrijednosti iona kalcija u kiši Lastova s rezultatima mjerenja za Puntijarku može se zaključiti, da kišnica Lastova ima za oko 10 puta veće koncentracije.

Uzorci zraka analizirani su na gotove sve sastojke kao i uzorci oborine, a obzirom da su utvrđene dosta velike varijacije mjesečnih vrijednosti opravdana je temeljitija analiza srednjih sezonskih vrijednosti, kako bi se uočile osnovne karakteristike, a u ovom radu prikazuju se one bitne.

Srednja mjesečna koncentracija sulfata u mjesečnim uzorcima zraka 14,4 mikrograma po metru kubičnom na Puntijarci, a 34,2 mikrograma po metru kubičnom na Lastovu. Najniže vrijednosti izmjerene su u proljeće i ljeto 13.3 mikrograma po metru kubičnom i 15.6 mikrograma po metru kubičnom na Lastovu, a na Puntijarci su slični trendovi. Da bi se utvrdilo u kojoj mjeri srednje mjesečne koncentracije sumpora u atmosferi nad Lastovom zavise o strujanju zraka izračunati su na osnovu klimatoloških terminskih podataka o vjetru srednje vrijednosti za cijeli mjesec. Rasap vrijedno-

sti je dosta velik no ipak se moglo ustanoviti da se iz smjera NW, kao i smjera NE i ESE mogu očekivati približno podjednake koncentracije sumpora u zraku Ti rezultati ukazuju na povoljan smještaj mjerne postaje obzirom na lokalne uvjete. Iz svega rečenog proizlazi pretpostavka da najveći izvor emisije sulfata treba tražiti u vodenim površinama okolnog mora i ne ovisi o jačini strujanja zraka nad Lastovom.

Osim sumpora interesantna je diskusija koncentracije klorida. Zaključci koji su navedeni za sulfate u atmosferi nad Lastovom, a odnose se na ovisnost koncentracije o srednjem mjesečnom vektoru vjetra i njegovoj srednjoj jačini, odnose se i na kloride. Koncentracije klorida u atmosferi nad Lastovom pokazuju primjetne razlike između toplog i hladnog dijela godine. Minimalne sezonske vrijednosti od 28-30 mikrograma po metru kubičnom mogu se očekivati u proljeće i ljeti, maksimalne od 49 mikrograma po metru kubičnom zimi. Rezultati mjerenja klorida u atmosferi nad Puntijarkom ne pokazuju takve izrazite sezonske varijacije.

Na regionalnim stanicama se mjerila i pH vrijednost oborine [19]. Kisele oborine su jedan od efekata zagađenosti zraka. Oborine koje nisu pod utjecajem emisije posebno oksida dušika ili sumpora, ali i drugih specija kiselog karaktera iz prirodnih ili antropogenih izvora imaju pH oko 5.6, što zapravo predstavlja pH čiste vode u ravnoteži s ugljik dioksidom. Taj podatak treba uzeti u obzir kod valorizacije pH vrijednost kiše ili snijega.

Vrijednosti pH u uzorcima kiše na Lastovu u nesezonskim srednjacima vrlo malo se mijenjaju (pH 6.3-6.7), dok ekstremne vrijednosti se nalaze u intervalu 7,3-5,3 pH. Utvrđena je velika ujednačenost pH vrijednosti mjesečnih uzorka oborine, koja je iznad onih vrijednosti, koji se podrazumijevaju kao kisela kiša i kreću se između 6,0 i 7,0 pH jedinica.

Rezultati pH vrijednosti na postaji Puntijarka imaju drugačiji tok. Varijabilnost vrijednosti pH mjesečnih uzoraka je znatno veća, a vrijednosti su u području 7.4 - 4.7, dakle pojavljuju se i one koje klasificiramo kao kisela kiša. Prosjek godišnjih vrijednosti u naznačenom terminu istraživanja tj. za 1972 i 1973 godinu iznose 5.9 odnosno 5.6 pH jedinica.

U tom razdoblju mjerenja nije se moglo uočiti nikakva zavisnost vrijednosti pH oborina o srednjem vektoru prizemnog vjetra za vrijeme kišnih dana.

Prvi je put izrađena usporedna analiza zraka i oborine u Zagrebu u ovisnosti o meteorološkim parametrima, a rezultati su objavljeni u znanstvenoj publikaciji [20]. Projekt je sufinancirao Republički fond za naučni rad SR Hrvatske. Istraživanja obuhvaćaju režim strujanja zraka iznad Zagreba, prijenos čestica od Medvednice prema Zagrebu i obrnuto, najčešće smjerove vjetra i pripadajuću prizemnu zagađenost zra-

ka, prizemne inverzije u odnosu na koncentracije zagađivala, ovisnost koncentracije zagađivala o gustoći magle i minimalne temperature zraka, upliv zagađenog zraka na insolaciju i utvrđuje se odnos srednjih dnevnih koncentracija zagađivala i tipova vremena. U publikaciju su uključena specijalna mjerenja zagađenosti zraka: ugljikovog monoksida, ugljikovog dioksida, dušikovog dioksida i sumpornog dioksida u središnjem dijelu Zagreba u funkciji temperature, vlage zraka, naoblake. Prikazane su i srednje vrijednosti koncentracija: amonijevog iona, sulfata, klorida, iona natrija, kalija, kalcija i magnezija u mjesečnim uzorcima zraka na opservatoriju Grič i Maksimir, i meteorološkoj stanici Puntijarci.

Rezultati petogodišnjeg niza mjerenja prirodnog fona zagađenosti oborina bilo je značajno radi usporedbe rezultata iz razdoblja prvog mjeseca 1972. do šestog mjeseca 1974. U tom razdoblju mjerenja primjećivale su se međumjesečne varijacije koncentracije gotovo svih praćenih aniona i kationa, pa dugoročnije praćenje pruža veće mogućnosti za izvođenje općenitih zaključaka, prvenstveno zbog kako vremenskih uvjeta tako i karakteristika izvora emisije. [21].

Na opservatoriju Grič i Maksimir sakupljani su ručnom metodom i u laboratoriju analizirani dnevni uzorci sumpornog dioksida i dima, a rezultati su prezentirani na V simpoziju Jugoslovenskog društva za čistoću vazduha 1978. godine i objavljeni u još nekim drugim publikacijama.

Primijenjena istraživanja za potrebe gospodarstva bila su sve aktualnija u razdoblju 1970-1980 godina, što je zahtijevalo intenzivan rad u području primjene atmosferskih znanosti povezano s upravljanjem kvalitete zraka. U tom razdoblju su započela mjerenja dnevnih koncentracija sumpornog dioksida i dima u području termoelektrane Plomin, a nešto kasnije i mjerenje dušikovog dioksida, poluautomatskom metodom sakupljanja uzoraka u području Petrokemije Kutina.

RHMZ imao je puno razumijevanja za usavršavanje djelatnika i podržavao je transfer znanja i struke. Međunarodna suradnja u meteorologiji je zapravo nužnost i tradicija, pa tako i osnivanje regionalnih stanica i laboratorija za analizu uzoraka zraka i oborina, bila je jednim dijelom orijentirana prema toj namjeni.

Od uprave Saveznog hidrometeorološkog zavoda u Beogradu 26.05.1975 godine dobila sam rješenje o imenovanju u Komisiju za aerozagađenje. Predstavljala sam ex Jugoslaviju na Zasjedanju eksperata zemalja SEV-a u Bratislavi s izlaganjem o operativnim aktivnostima i postignutim rezultatima. Na tom zasjedanju diskutiralo se o strategiji razvoja, mjernim instrumentima, novim metodama analize i inovacijama. Razmjena iskustava koje u ono doba nije bilo puno, dobro je došla. Dobra strategija može poslužiti kao uvod u veće istraživačke projekte značajne za društvo kao cjelinu, a osobni dobitak takvog zasjedanja je postizanje određene međunarodna prepoznatljivost i put prema većoj suradnji.



Slika 6: Zasjedanje eksperata zemalja SEV-a na temu Aerozagađenja u Bratislavi 1973 godine, Predstavnik ex Jugoslavije Z. Bolanča

Instalacijska i prostorna ograničenja kao i potrebno proširenje računalnog centra neki su od nedostataka upravne zgrade DHMZ na adresi Grič 3. U publikaciji: Primjena znanstvenih istraživanja u Državnom hidrometeorološkom zavodu iz 2019 godine prikazano prvonagrađeno rješenje nove upravne zgrade [7].



Slika 7: Prvonagrađeno rješenje za novu zgradu DHMZ, autor Radionica Arhitektart [7]

Zgrada DHMZ-a Grič 3 u kojoj je smješten i Geofizički zavod Prirodoslovno-matematičkog fakulteta izgrađena je 1826 .godine [22]. Ta zgrada je spomenik I kategorije (kroz povijest: palača plemića Jelačića, sudova (Banski stol, Apelacioni sud) i Više realne škole od 1862 godine). U fizikalnom kabinetu realke 1862. g. započinjaju meteorološka mjerenja zaslužni: J. Torbar i I. Stežir. Daljnji razvoj vodi do opservatorija, pa Geofizičkog zavoda, Geofizičkog odjela PMF-a, Seizmološke službe, RHMZ-a 1947. godine. Postankom neovisne Republike Hrvatske RHMZ postaje RHMZ i na toj adresi ostaje sve do razarajućeg potresa 22.03.2020.

Upravna zgrada DHMZ poslije potresa dobila je crvenu etiketu, što znači da je opasna za korištenje. Pojedini odjeli te institucije preseljeni su na različite lokacije u gradu



a



b

Slika 8. Upravna zgrada DHMZ Grič3, Zagreb a: prije potresa u Zagrebu 22.03. 2020. godine
b: poslije razornog potresa u Zagrebu 22.03.2020. foto DHMZ [23]

Zgrada se obnavlja, ali prema sada dostupnim podacima ne više za tu namjenu. Meteorološka mjerenja nisu prekinula kontinuitet, jer su automatska.

Priča o laboratoriju za mjerenje kakvoće zraka i oborina u DHMZ-u na Griču 3 tu ima svoj kraj.

4. Zaključak

Prije pola stoljeća, kako je opisano u ovom radu u RHMZ-u se uz osnovnu djelatnost prepoznala potreba za interdisciplinarnim pristupom, znanstveno istraživačkim projektima, pa i onim vezanim uz kvalitetu okoliša, programima iz domene prijenosa onečišćujućih tvari na velike udaljenosti, koristeći tada dostupne metode i izračune.

Dalji korak u području kvalitete okoliša je bio modeliranje prijenosa i rasprostiranje onečišćenja iz pojedinačnih izvora, kao i praćenje pojedinih štetnih tvari u prizemnom sloju u funkciji klimatskih promjena suvremenom i sofisticiranijom opremom. Održivi razvoj ogleda se i u toj instituciji kroz doprinose razumijevanju, otvorenom dijalogu između različitih disciplina, komunikaciji, koordinaciji, a istraživački naponi opravdavaju isčekivanja. Poseban naglasak institucije je na zadovoljenju potreba iz različitih gospodarskih grana. Uzimajući u obzir kompleksnost područja rada posebno značajan je ljudski faktor: znanje, suradnja, poticanje učenju i inovativnost, što je i prije bio jedan od imperativa te institucije.

Literatura

- [1] Egerton, F., N., History of Ecological Sciences, Part 47: Ernest Heuckel' Ecology, Bulletin, 94, (2013), 3, 222-244, ISSN 2522-8307
- [2] Miller, G., T., Spoolman, S., E.,: Environmental Science, Brooks/Cole, ISBN13: 978-1.111-98893-7, Belmont, (2013.)
- [3] Jacobson, M., Z., Atmospheric Pollution, Cambridge, University Press, ISBN 0 521 81171 6, Cambridge, (2002.)
- [4] Cunnigham, W., P., Cunnigham, M., A., Environmental Science, A Global Concern, McGraw-Hill, Companies, ISBN0-07-338325-2, New York, (2012.)
- [5] Brandt, C., S., Heck, W., W, Effect of Air Pollutions on Vegetation in Air Pollution Academic Press, New York, (1968.)
- [6] Kauzlarić K., Utjecaj štetnih polutanata na propadanje šuma u Gorskom kotaru, Šumarski list, 111 (1988.) 45-59, 5-6, ISSN 0373-1332
- [7] Ivančanin-Picek, B., ur., Primjena znanstvenih istraživanja u Državnom hidrometeorološkom zavodu, Državni hidrometeorološki zavod, ISBN 978-953-7526-05-4, Zagreb, (2019.)
- [8] Tuhtar, D., Zagađenje zraka i vode, Svjetlost, ISBN 40571 Sarajevo, (1979.)
- [9] Gajić-Čapka, M., Primijenjena znanstvena istraživanja u Državnom hidrometeorološkom zavodu, Hrvatske vode, 28, (2020.) 114-123, ISSN 1330-1144
- [10] DHMZ, Ustanova, Znanstveno-istraživački projekti <http://bib.hr/lista-radova?sifra=201-2012298-23048>, Pristupljeno: 2022. 01.11.
- [11] DHMZ, Znanstveno istraživački i razvojni projekti DHMZ-a, klima.hr/razno/projekti/DHMZ-projekti-2013.pdf Pristupljeno : 2022. 01.11.
- [12] WMO, World Meteorological Organisation operations manuel for sampling and analysis techniques for chemical constituents in air and precipitation No.299, (1971.)
- [13] Sušanj, B., Analiza globalnog sunčevog zračenja na Puntijarki od 1959.-2004., Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno matematički fakultet, Zagreb, (2012.)
- [14] Krapf, H., Arhipelag Lastovo, Wikipedija hr.
- [15] Lisko ,T., Primjena brzine vjetera u suburbanom prizemnom sloju atmosfere, Doktorska Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno matematički fakultet, Zagreb, (2012.)
- [16] Poje, D., Bolanča, Z., Prirodna zagađenost zraka i kišnice na južnom Jadranu (otok Lastovo), Zbornik referata, 649-667, Opatija, studeni 1974, Republički savjet za unapređenje čovjekove okoline
- [17] Munn, N., E., Rodhe, H., On the meteorological interpretation of the chemical composition of monthly precipitation samples, Tellus, 23(1971.), 1-13, ISSN 004-2826
- [18] Bolanča, Z., Ispitivanje prirodnog fona zagađenosti zraka i oborina, Arhiv za higijenu rada i toksikologiju, 25 (1974.), 201-205, ISSN 0004-1254
- [19] Bolanča, Z. Neki rezultati kemijske analize uzoraka oborina i zraka, Rasprave i prikazi, 11, (1974.), 202-214, ISSN 1330-0083
- [20] Poje, D., Šinik, N., Lončar, E., Pleško, N., Hrabak-Tumpa, G., Katusin , Z., Bolanča Z, Ovisnosti zagađenog zraka u Zagrebu o meteorološkim faktorima, Rasprave i prikazi, 11, (1974) 98-158, ISSN 1330-008

- [21] Bolanča, Z. Rezultati petogodišnjeg niza mjerenja fona zagađenosti oborina, Zbornik referata sa savjetovanja meteorološki, hidrološki i biometeorološki aspekti zagađenjavazduha, vode i tla,236-242, Ohrid,05. 1977. Savezni hidrometeorološki zavod, Beograd
- [12] [22] DHMZ, Grički vremeplov-od kapucina do geofizičara, meteo.hr/objave_najave-najtečaji.php?zn26032022, Pristupljeno: 2022. 01.11.
- [13] [23] DHMZ, Potres oštetio zgradu DHMZ, neki produkti možda neće biti dostupni, [istanet/w/vijesti/potres-ostetio-zgradu-dhmz-a-neki-produkti-mozda-nece-bitidostupni](http://istanet.w/vijesti/potres-ostetio-zgradu-dhmz-a-neki-produkti-mozda-nece-bitidostupni), Pristupljeno:2022. 01.11.