

ŠTO TO TAMO LEBDI

Sarah Butigan, Dino Bešić, Marin Morić

Marina Pavlić i Irena Sabo

Prirodoslovna i grafička škola Rijeka

1. Istraživačko pitanje/Hipoteza

Bakar je izložen različitim izvorima onečišćenja: rafinerija nafte, bivša koksara, luka za rasute terete, ispušt komunalnih otpadnih voda. U luci za rasute terete nekada se prekrcao boksit, a danas je aktivan prekrcaj željezne rude i ugljena. Prostor prekrcaja nije zaštićen, zbog čega pri prekrcaju u zrak dolazi znatna količina lebdećih čestica. Na drugoj strani zaljeva nalazi se rafinerija čije je ložište još jedan izvor lebdećih čestica.

U našim prethodnim istraživanjima pronašli smo velike količine metala i organskih tvari u tlu, biljkama, moru i morskim sedimentima pa smo se zapitali:

- Koliki je intenzitet onečišćenja lebdećim česticama u Bakru ?
- Kakav je sastav lebdećih čestica?
- Kakav je općenito utjecaj prisutnih onečišćivača na zdravlje ljudi?
- Da li zajedno sa stanovnicima možemo utjecati na smanjenje količine lebdećih čestica?

Hipoteza:

Grad Bakar je izložen onečišćenju lebdećim česticama koje štetno djeluju na zdravlje stanovnika jer onečišćuju zrak, tlo, biljke i more.

2. Metode istraživanja:

Lebdeće čestice su najstariji polutanti u povijesti jer je njihova emisija bila najprije vezana uz vulkanske erupcije, sagorijevanje i isparavanje mora. To su sitne krute ili tekuće čestice kiselina, metala i prašine, suspendirane u plinovima, veličine od 0,02 do 100 μm a mogu biti anorganskog i organskog podrijetla (policiklički aromatski ugljikovodici- skraćeno PAU). Visoke koncentracije policikličkih aromatskih ugljikovodika prisutne su u atmosferi urbanih područja, a najviše su zimi kada su pojačane emisije iz kućnih ložišta i javljaju se vremenska stanja koja pogoduju visokom koncentracijama: temperature su niže, a vlažnost zraka visoka a vertikalno miješanje zraka u prizemnom sloju je slabo izraženo. U ljetno doba koncentracije su niže jer je većina policikličkih aromatskih ugljikovodika nestabilna na visokim temperaturama, a osim toga dolazi do njihove oksidacije i fotooksidacije. Ovisno o aerodinamičkom promjeru razlikujemo čestice PM₁₀, PM_{2.5} i PM₁ te ultrafine čestice (UFP), promjera ispod 0,1 μm.

Za ljudski organizam posebno su štetne čestice promjera manjeg od 10 μm zbog svoje sposobnosti da prodru duboko u respiratorni sustav, pa čak i u krvotok (7 puta manje od promjera prosječne ljudske vlasi kose).

Najmanje čestice, PM_{2.5}, dolaze iz motora motornih vozila, elektrana, i industrije, ali i iz otvorenih kućnih kamina, peći na drva, dok nešto veće čestice PM₁₀, dolaze od prašine i mehaničkog trošenja uglavnom objekata.

Količina lebdećih čestica u zraku ovisi o emisiji čestica i stanju atmosfere koja najčešće opisujemo slijedećim parametrima:

- Smjeru i brzini vjetra
- Temperaturi zraka
- Vlazi
- Količini i vrsti oborina
- Naoblaci
- Količini sunčevog zračenja
- Stabilnosti troposfere

Treba naglasiti da je lokalno stanje atmosfere pod velikim utjecajem topografije terena. Topografija područja na kojem smo provodili istraživanje je predočena na sl. 1. (M 1: 50 000)



Slika 1: Topografski prikaz izabranih postaja u okolici Rijeke za uzorkovanje lebdećih čestica mokrom metodom u razdoblju od 1.-31.srpnja 2014.

Stanovnici Bakra su nas pozvali krajem lipnja jer su u moru uočili veliku količinu plutajućih čestica u moru. Sami su predložili mjesta za prikupljanje uzoraka jer im se svakodnevno crne čestice ugljena talože u kućama i stanovima. Tako su 1.srpnja 2014. sa devet učenika trećeg razreda i dva bivša učenika na izabranim postajama postavili posude s destiliranom vodom („jar-metoda“) a 31.srpnja sakupili su uzorke.

Za vrijeme sakupljanja uzoraka GLOBE protokolima su na postaji Hotel(25 m udaljene od meteorološke postaje DHZ Bakar) mjerili temperaturu i vlažnost zraka, oborine i naoblaku tako da su na zaklonjeno mjesto postavili uređaj za mjerenje. Za određivanje smjera i brzine vjetra zamolili smo pomoć dežurnog motritelja. Svim uzorcima smo nakon sakupljanja, u školskom laboratoriju, izmjerili vodljivost konduktometrom (za koju smo u eko projektu „Ekološki otisak na tlo Kostrene i okolice“ dokazali razmjer sa koncentracijom metala), pH, masu anorganskih i organskih lebdećih čestica a dva uzorka smo radi utvrđivanja sastava analizirali u Nastavnom zavodu za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije.

3.Prikaz podataka:

1.Smjer i brzina vjetra

Tijekom srpnja u terminu motrenja puhao je slab vjetar jačine 3 B_f . Na dane 8.,15.i 16 .srpnja vjetar je puhao iz SE smjera a 21. i 22. srpnja iz ESE smjera.

2. Temperatura zraka

Temperaturu smo mjerili oko 25m zapadno od meteorološke postaje na području SRD Luben (da u slučaju nemogućnosti zaduženog za očitavanje netko drugi očita vrijednosti)

Prema podacima Državnog hidrometeorološkog zavoda temperature na Sjevernom Jadranu su tijekom srpnja bile ispod višegodišnjeg prosjeka (1961.-1990.)

Prema našim mjerenjima minimalne temperature su se kretale od 13,5⁰C do 19,2⁰C a maksimalne od 23⁰C do 32,8⁰C.

Uzorke smo sakupljali tijekom srpnja jer su nas stanovnici Bakra krajem lipnja pozvali da vidimo veliku količinu plutajućih čestica ugljena u moru i odmah smo odlučili pomoći stanovnicima Bakra i ispitati opasnost udisanja takvog onečišćenog zraka.

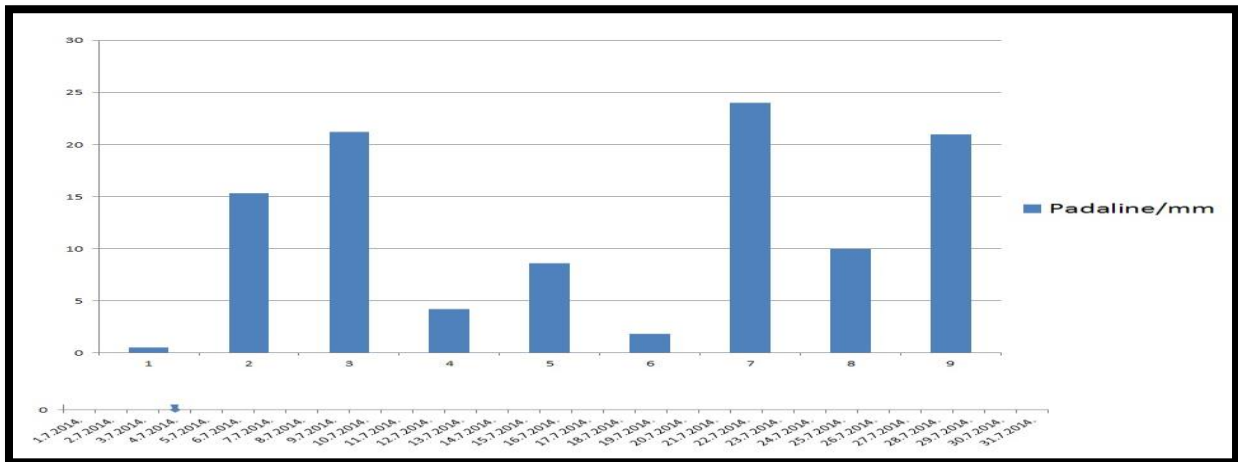
3.Vlažnost zraka

Vlažnost zraka mjerili smo higrometrom. Najviše vlage je bilo u dva razdoblja: između 8.i 12.srpnja od 45% do 65% te između 22. i 31.srpnja od 49% do 69%.Samo je u jednom kraćem razdoblju od 15.-20.srpnja vlažnost zraka bila niža od 10% tako da možemo reći da je u mjesecu srpnju 2014. bilo mnogo vlage u zraku.

4.Naoblaka

U mjesecu srpnju od 1.-7. pokrivenost oblacima je bila prosječno oko 20%, od 8.- 15. između 80% i 100 % , od 15.-20. od 20% do 40% a od 21. do 31. srpnja od 60% do 80%.

5.Oborine



Slika2:grafički prikaz oborina u razdoblju mjerenja od 1.-31. srpnja na postaji Hotel

Tijekom našeg promatranja bilo je devet kišnih dana. To nije utjecalo na uzorkovanje jer je u posudama bilo dovoljno mjesta da se tekućina ne izlije. Ukupni obujam kišnice sakupljen u kišomjeru je od 1.do 31. srpnja iznosio 111,4 mm.

Prema podacima Državnog hidrometeorološkog zavoda količina oborina je u mjesecu srpnju bila iznad višegodišnjeg prosjeka (1961.-1990.) a područje Bakra svrstano je u vrlo kišno.

6.Količina sunčevog zračenja

U terminu motrenja bilo je ukupno dvanaest dana u kojima je pokrivenost oblacima bila manja od 50% .Prema podacima Državnog hidrometeorološkog zavoda vrijeme trajanja sijanja Sunca (h) (insolacija) bilo je niže od srednjeg mjesečnog trajanja u razdoblju 1961.-1990.

7.Stabilnost troposfere

U drugoj polovici srpnja su preko promatranog područja prešla tri frontalna poremećaja praćena oborinama. Prva je bila 14.7. i imala manji utjecaj na Kvarner, praćen grmljavinskim nestabilnostima, bez većeg utjecaja na temperaturu i s količinom oborina od 2mm/m², prevladavajući smjer vjetera SW. Druga srpanjska ciklona bila je 21.7. s količinom oborina od 9mm/m², prevladavajući smjer vjetera SE.

Najintenzivnija ciklona bila je tijekom 26.7., praćena grmljavinskim pljuskovima s količinom oborina od 24 mm/m², prevladavajući smjer vjetra SE.

8.Vodljivost i pH vrijednost

(1)INA rafinerija, (2)Klanac, (3)Stara cesta, (4)Nova cesta, (5)Hotel (parkiralište)
(6)Luka za rasute terete, (7)Hreljin(6 km jugoistočno od Bakra), (8)Prirodoslovna i grafička škola Rijeka(referentna postaja)

Postaja	1	2	3	4	5	6	7	8
pH	6,5	6,9	7,9	7,4	7,5	6,7	6,9	7,1
Vodljivost μS/cm	12,83	29,5	74,8	19,6	42,7	89,2	257	10,1

Tablica1:prikaz vodljivosti i pH vrijednosti na izabranim postajama

Najveća vodljivost izmjerena je na Hreljinu koji se nalazi jugoistočno od Bakra što se poklapa sa smjerom vjetra koji najčešće puše. pH vrijednosti se kreću od slabo kiselih do slabo bazičnih. pH smo mjerili nakon uzimanja uzoraka pa ispitana vrijednost nije pravi pokazatelj kiselosti kiša jer tijekom stajanja dolazi do međusobne reakcije tvari i neutralizacije.

9.Ukupna masa prikupljenih lebdećih čestica

UZORAK	1	2	3	4	5	6	7	8
mg/l	72,98	45,48	249,15	98,57	20,68	585,10	37,92	16,95
GVmg/l NN 80/13	29,16							

Tablica2: Ukupna masa prikupljenih lebdećih čestica u razdoblju ispitivanja na odabranim postajama (kroz mjesec dana)

.Granična vrijednost u NN propisana je za godinu dana:350 mg/dm³ ali smo ostavili prave vrijednosti mase prikupljenih suspendiranih čestica i podijelili GV sa dvanaest da dobijemo vrijednost s kojom možemo usporediti naše podatke.

Za analizu u NZZJZ PGŽ Rijeka uzeli smo uzorke u kojima je sakupljena najveća masa lebdećih čestica, to su uzorak uzet pokraj Luke(6) za prekrcavanje rasutog tereta i uzorak sa Stare ceste(3) gdje se još uvijek nalaze ostatci starog ranžirnog kolodvora i čađare. Po geografskom položaju Stara cesta se nalazi jugoistočno od TE Urinj i RN Urinj u smjeru puhanja vjetra a zapadno od luke za rasute terete.

10.Masa anorganskih lebdećih čestica

UZORAK	1	2	3	4	5	6	7	8
mg/l	58,83	28,24	221,65	76,53	16,10	553,90	16,70	16,95

Tablica 3:Masa anorganskih lebdećih čestica u uzorcima prikupljenih lebdećih čestica u razdoblju ispitivanja na odabranim postajama

Nakon filtriranja odvojili smo anorganske od organskih čestica otapanjem u kloroformu. Na lokacijama 3 i 6 izmjerena je najveća količina anorganskih čestica.

11.Masa organskih lebdećih čestica

UZORAK	1	2	3	4	5	6	7	8
mg/l	14,15	17,24	27,50	22,04	4,58	31,20	21,22	0

Tablica 4: Masa prikupljenih organskih lebdećih čestica u razdoblju ispitivanja na odabranim postajama. Najveća količina organskih čestica je u uzorcima 3 i 6.

12. Sadržaj teških metala u uzorcima

TEŠKI METALI*	Pb µg/L	Cd µg/L	Ni µg/L	Cu µg/L	Zn µg/L	Fe µg/L
Bakar-Luka(3)	0,1486	0,006972	0,1231	0,6236	3,756	6,9
Bakar-Stara cesta(6)	0,3159	0,007812	0,40476	1,2488	5,4888	39,09
Prirodoslovna i grafička škola Rijeka	0	0	0	0	0	0
GV(zrak) µg/dm ³ godišnje NN 117/12.	0,1	0,005	0,020			20

Tablica 5: Sadržaj teških metala u ispitanim uzorcima 3 i 6. Uzorci suspendiranih čestica ispitani u prikupljenom talogu nakon otapanja organskih tvari kloroformom.

Prekoračene su količine olova, kadmija, nikla na obje postaje i željeza na postaji(6). Vrijednosti za bakar i cink nisu obuhvaćene zakonom

*vrijednosti prikupljene tijekom mjesec dana preračunali smo na godišnju količinu

13. Sadržaj iona u otopini

IONI*	Cl ⁻ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	Na ⁺ mg/L	NH ₄ ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L
Bakar-Luka(3)	16,32	1,56	27,12	20,88	8,52	5,54	53,28	5,88
Bakar-Stara cesta(6)	23,16	83,4	25,20	14,64	0,48	12,72	17,0	8,89
Prirodoslovna i grafička škola Rijeka	u tragovima	0	0	u tragovima	0	0	0	0
GV(voda)			25		10			

Tablica 6: Sadržaj iona u ispitanim uzorcima

Izmjerali smo povećane količine sulfatnih iona koji pokazuju prisutnost sumporovih oksida u zraku ali za zrak nema propisanih vrijednosti.

*vrijednosti prikupljene tijekom mjesec dana preračunali smo na godišnju količinu

Ione u kontrolnom uzorku testirali smo test trakicama a ono što nismo imali (za natrijeve, kalijeve, kalcijeve i magnezijeve ione) testirali smo reagensima koje koristimo za kemijsku analizu kationa. Dokazali smo prisutnost natrijevog klorida pa pretpostavljamo da je došao nošen vjetrom sa česticama prašine.

14. Analiza policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAU)

POSTAJA	NAFTEN	ACENAFTEN	FENANTREN	FLUORANTEN	PIREN	KRIZEN	BENZO FLUORANTEN	BENZO PIREN
BAKAR-STARA CESTA	870,13	114,36	0,8764	0,11152	7,412	3,783	9,22966	8,8006
BAKAR- CENTAR	0	116,08	0,57779	0,19542	13,34	8,6825	0	0
GV(zrak) $\mu\text{g}/\text{dm}^3$	0,1	nije propisano	nije propisano	0,003	nije propisano	nije propisano	nije propisano	2
GV(voda) $\mu\text{g}/\text{l}$	10	0,1	0,1	10	nije propisano	nije propisano	3	5

Tablica7:Analiza PAU u uzorcima

Tablica pokazuje prekoračenje godišnjih dozvoljenih količina naftena, ,acenaftena, fenantrena, fluorantena, benzopirena i benzofluorantena

*preračunali smo količine PAHova (analiza je napravljena u otopini kloroforma u ng/l u $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ pretpostavljajući prema (Michail I. Gladyshev: Biophysics of the Surface Microlayer of Aquatic Ecosystems) da je tijekom mjesec dana volumen zraka u dodiru sa vodom u našim posudama bio $0,0708\text{dm}^3$ (polumjer posude 4,75 cm, debljina sloja u dodiru 1 mm**, 12 mjeseci)

**prema literaturi debljina dodirnog sloja je 0,1 do 10 μm , mi smo pretpostavili da je strujanje zraka takvo da se svaki sat izmjenjuju slojevi (31 dan, 24 sata) pa smo dobili debljinu sloja od približno 1 mm.

4.Zaključci:

Do sada smo u Bakru ispitivali:

Podmorje: pronašli povećanu količinu PAU, olova, ugljena

More: pronašli povećanu količinu PAU, olova i koliformnih bakterija

Tlo i biljke (ružmarin): pronašli povećanu količinu olova i željeza, nismo ispitivali PAU

Na temelju rezultata istraživanja možemo zaključiti da je intenzitet onečišćenja lebdećim česticama u Bakru vrlo velik. Zaključili smo da je na veliku količinu lebdećih čestica utjecala temperatura (koja je bila niža od prosječne), velika količina vlage i naoblake a insolacija niža od prosječne..

U sakupljenim lebdećim česticama pronašli smo velike količine teških metala: olova, kadmija, nikla i željeza te policikličkih aromatskih ugljikovodika. Posebno je opasno što kod stanovnika Bakra dolazi do kumulacije otrovnih tvari: stanovnici se kupaju, love ribu i udišu isparavanja zagađenog mora, uzgajaju hranu na zagađenom tlu i udišu zagađeni zrak.

Ipak najveću zabrinutost izaziva količina PAU u uzorcima. Kancerogenost fluorantena i benzopirena je dokazana a za dio ugljikovodika nema podataka o graničnim vrijednostima jer im djelovanje nije ispitano na ljudima. Za sve se pretpostavlja da su kancerogeni ali je ispitano utjecaj samo na morske organizme za koje su toksični.

Potaknuti ćemo mještane da zahtijevaju natkrivanje skladište za rasute terete jer svaki puta kada zapuše vjetar čestice prašine dolaze u zrak. Isto tako u gradu se nalaze ostatci građevina koje nisu do kraja uklonjene (dimnjak koksare, čađara, stari ranžirni kolodvor, podvodni transportni tunel kojim se moglo prijeći sa jedne na drugu stranu zaljeva a sada je zatvoren jer se urušava) što također uzrokuje stvaranje lebdećih čestica i djelovati ćemo kako bi se sve uklonilo. Otkrili smo i da TE Urinj i dalje radi na mazut a njezina je rekonstrukcija predviđena tek 2018. godine kada bi trebala početi raditi na plin.

Posebno je zabrinjavajuće što smo mi uzorkovanje napravili po ljeti kada je količina PAU i do deset puta manja nego zimi kada počinje grijanje. U razgovoru sa stanovnicima čuli smo da je sve više stanovnika bolesno i pati od alergije ili bolesti pluća.

Namjeravamo sve stanovnike Bakra upoznati sa našim radom i zajedno djelovati na smanjenju onečišćenja i poboljšanju uvjeta života.

Nedostatak provedene metode je što nismo uspjeli napraviti analizu čestica po aerodinamičkom promjeru (PM_{10} i $\text{PM}_{2,5}$)

5.Literatura

Perina I., Mihanović B. 1988: Ispitivanje onečišćenja zraka. Zagreb: SKTH/Kemija u industriji 1
Jasminka Pilar Katavić i suradnici 2003.: Prostorni plan uređenja Bakra. Urbanistički institut Hrvatske, d.d., Zagreb
Gladyshev I. 2002: Biophysics of the Surface Microlayer of Aquatic Ecosystems, IWA Publishing, London
Nastavni zavod za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije, Rijeka:
<http://www.zzjzpgz.hr/zrak/index.php>
Državni hidrometeorološki zavod: <http://vrijeme.hr/kz/zrak.php?id=polutanti>
Agencija za zaštitu okoliša: <http://www.azo.hr/Zrak>
Zrak: <http://httpgeol.pmf.hr/.../01-Oneciscenje.atmosfera.i.globalno.zagrijavanje.pdf>
Onečišćenje atmosfere i globalno zagrijavanje: <http://httpgeol.pmf.hr/.../01-Oneciscenje.atmosfera.i.globalno.zagrijavanje.pdf>