



REPUBLIKA SLOVENIJA  
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR  
AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE

Vojkova 1b, 1001 Ljubljana p.p. 2608  
tel.: 01 478 40 00 faks: 01 478 40 52

## **Preliminarno poročilo projektov AIRPECO in PEOPLE**

Projekt AIRPECO je mednarodni projekt, izveden v več evropskih mestih ter sočasno s projektom PEOPLE, ki ju vodi Joint Research Center Ispra, katere ustanovitelj je Evropska komisija. Podobni projekti (RESOLUTION, MACBETH, PEOPLE) so bili in še bodo izvedeni v številnih evropskih mestih, kjer so bili deležni velike medijske publicitete. Namen projektov je ugotoviti kakovost zunanjega zraka, zraka v zaprtih javnih in zasebnih prostorih ter doze benzena, ki ga prejmejo različne skupine ljudi, ugotoviti primernost obstoječe merilne mreže ter primerjati kakovost zraka v različnih evropskih mestih.

Skladno z novo evropsko zakonodajo, ki jo uvajamo v Sloveniji, smo prilagodili monitoring kakovosti zraka, zato na Agenciji RS za okolje uvajamo nove metode merjenja onesnaževal v zraku. Projekt »AIRPECO« je pilotski projekt in je podlaga za izvajanje indikativnega monitoringa onesnaženosti zraka v Sloveniji s pasivnimi vzorčevalniki. Cilj projekta je bil izvesti monitoring stanja zraka v Ljubljani, kartirati koncentracije izmerjenih onesnaževal in seznaniti javnost s kvaliteto zraka v Ljubljani. Hkrati smo vpeljati novo metodo merjenja onesnaženosti zraka na ARSO, ki jo do sedaj še nismo izvajali ter preverili tehnološko in kadrovske usposobljenost agencije in zunanjih izvajalcev za tovrstna merjenja.

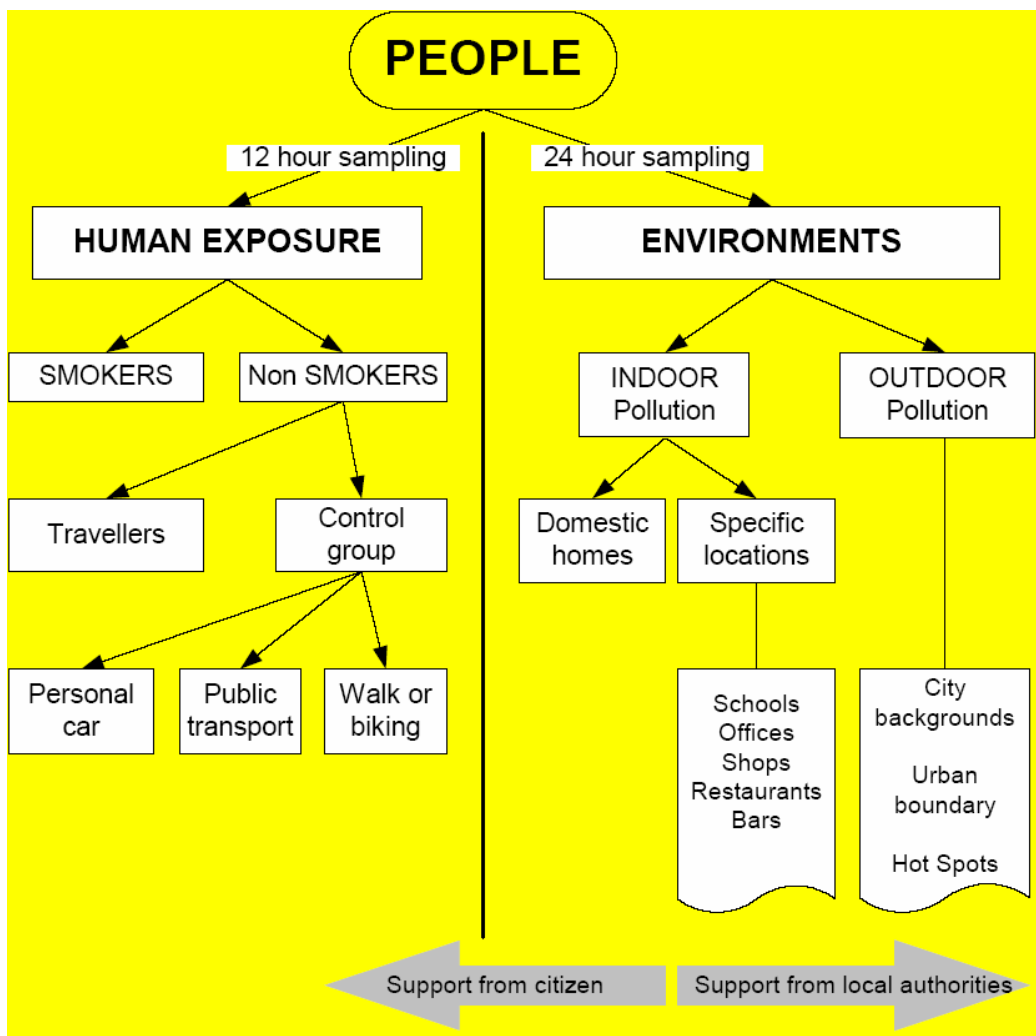
V Sloveniji se je zaradi sprememb v onesnaževanju zmanjšala onesnaženost z žveplovim dioksidom, dimom, narašča pa onesnaženost z dušikovimi oksidi in sekundarnimi polutanti fotokemijskega izvora. Obstoječi monitoring kakovosti zraka mora ustrezno zajemati vsa najvažnejša onesnaževala. Tako smo monitoring kakovosti zraka dopolnili z indikativnimi meritvami polutantov, katerih koncentracije v ozračju lahko merimo z omenjeno metodo. Prav tako so te meritve primerne za oceno onesnaženosti zraka, ki smo jo naredili v Sloveniji in jo bomo obnavljali vsakih pet let, saj z njimi lahko pokrijemo tudi razgibana področja kjer lahko prihaja do prekomernega onesnaževanja in do sedaj nismo izvajali meritev.

### **OPIS MERITEV**

V sklopu projekta AIRPECO sta je bilo izvedenih več merilnih kampanj, v katerih smo merili kakovost zunanjega zraka, kakovost zraka v zaprtih javnih in zasebnih prostorih ter doze benzena, ki jih pri vsakodnevnih aktivnostih prejmejo različne skupine ljudi. V dveh kampanjah v maju 2003 in februarju 2004 smo merili onesnaženost zraka z dušikovim dioksidom (NO<sub>2</sub>), benzenom in žveplovim dioksidom (SO<sub>2</sub>) na okoli 90 različnih merilnih mestih. Dodatno smo na štirih mestih merili koncentracijo prašnih delcev (PM10) z vzorčevalniki Leckel. V juliju 2003 smo opravili merilno kampanjo z vzorčevalniki za ozon (O<sub>3</sub>). Vzorčevalniki so bili postavljeni na različnih lokacijah v Ljubljani in njeni okolici; v stanovanjskih in poslovnih četrtih, na najbolj onesnaženih točkah in ob prometno najbolj obremenjenih cestah.

V okviru drugega projekta – PEOPLE, 27. maja 2003, je sodelovalo okoli 150 prostovoljcev iz Ljubljane in okolice, ki so bili razdeljeni v več tipičnih skupin ljudi, glede na uporabo prevoznih

sredstev s katerimi se prevažajo. Cilj projekta je bil izmeriti osebno izpostavljenost benzenu, ki ga v 12 urah vdihavajo različne skupine ljudi. Dodatno so bile izmerjene koncentracije benzena v notranjih prostorih, predvsem šolah, javnih ustanovah, trgovinah, barih in stanovanjih, kjer se ljudje največ zadržujemo.



Slika 1: Shema meritev v projektu PEOPLE.

## VPLIV KAKOVOSTI ZRAKA NA ZDRAVJE LJUDI

Benzen je kancerogena spojina, ki jo povežemo s povečanim tveganjem zbolevanja za levkemijo. V mestih benzen nastane predvsem zaradi emisij iz prometa in zaradi kajenja. Po raziskavah Svetovne zdravstvene organizacije je tveganje za levkemijo med 3.8 in 7.5 primerov na milijon ljudi pri dolgotrajni izpostavljenosti  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Mejna letna vrednost za benzen, ki ne sme biti prekoračena je  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Veliko Policikličnih aromatskih ogljikovodikov (PAH) je prav tako kancerogenih. Tipična vrednost za tveganje za PAH, ki jih predstavlja Benzo(a)piren je  $1 \text{ng}/\text{m}^3$  in predstavlja tveganje za rakom za kar 87 na milijon ljudi. Podobno tveganje predstavljajo tudi težke kovine, kot so arzen, kadmij in nikelj. Pri enaki vrednosti kot PAH vsak od naštetih predstavlja tveganje za 1.5 do 2 človeka na milijon.

Tabela 1: Predpisane vrednosti polutantov za področje zunanjega zraka

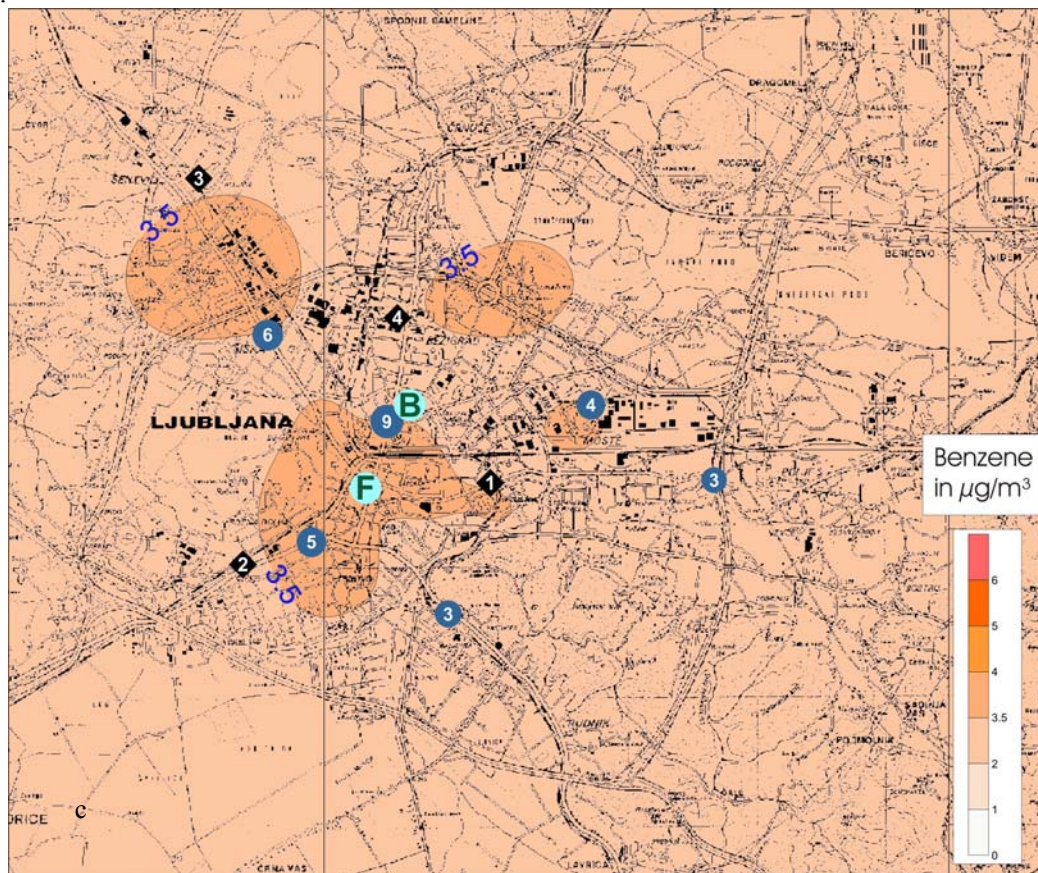
Onesnaževalo	mejna/ciljna vrednost, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Perioda merjenja	Datum veljave
žveplov dioksid	350	1 ura	2005
	125	24 ur	2005
	20	1 leto	2001
dušikovi oksidi	200 ( $\text{NO}_2$ )	1 ura	2010
	40 ( $\text{NO}_2$ )	1 leto	2010
	30 ( $\text{NO}_x$ )	1 leto	2001
$\text{PM}_{10}$	50	24 ur	2005
	40	1 leto	2005
svinec	0,5	1 leto	2005/2010
benzen	5	1 leto	2010
ozon	120	1 leto	2010
benzo (a) piren	1 $\text{ng}/\text{m}^3$	1 leto	2005
arzen	5 $\text{ng}/\text{m}^3$	1 leto	2005
kadmij	6 $\text{ng}/\text{m}^3$	1 leto	2005
nikelj	20 $\text{ng}/\text{m}^3$	1 leto	2005

Svinec, B[a]P, arzen, kadmij in nikelj se merijo v  $\text{PM}_{10}$ .

## REZULTATI

### Benzen

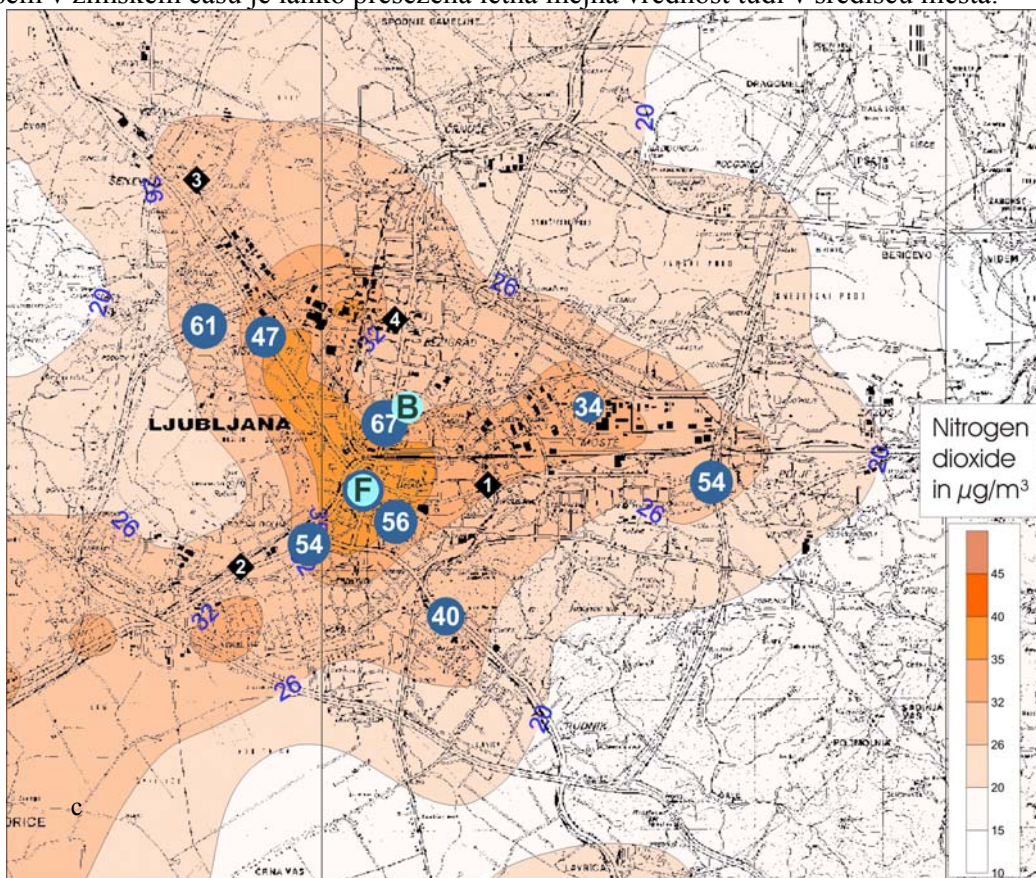
Porazdelitev koncentracije benzena zunanjem zraku v Ljubljani je pokazala, da so najvišje koncentracije tam, kjer so viri benzena – ob prometnicah, kjer lahko koncentracije presežejo letno mejno vrednost –  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Za ostale predele mesta, t.i. mestno ozadje so vrednosti med 1.5 in  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



Slika 2: Koncentracije benzena v Ljubljani; preračun na letno raven s pomočjo avtomatskih meritev.

#### Dušikov dioksid

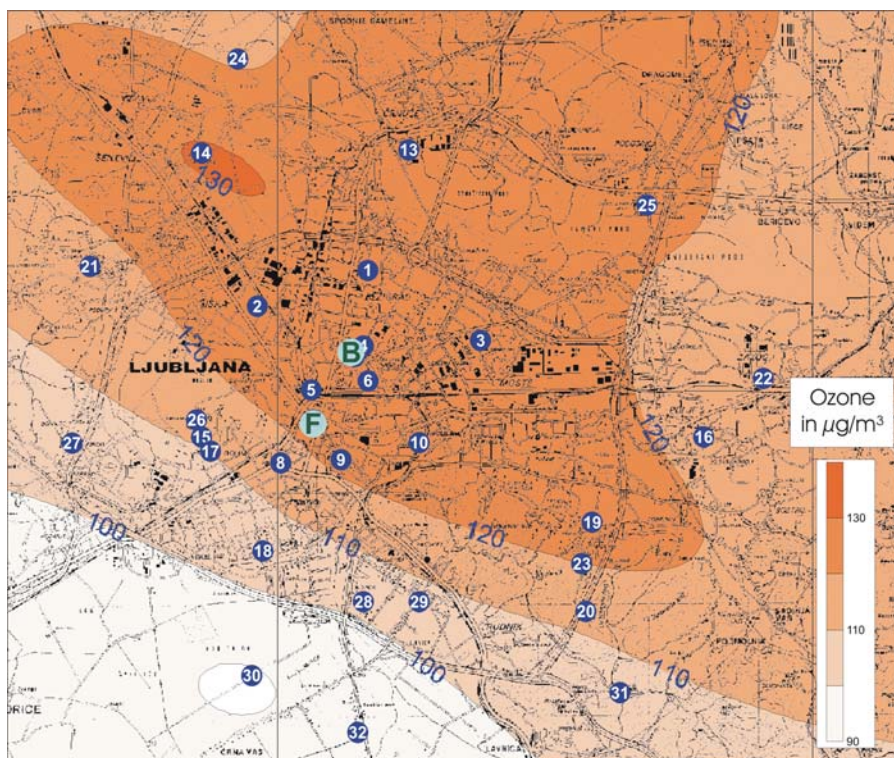
Podobni rezultati kot za benzen so se pokazali tudi pri onesnaženju zraka z dušikovim dioksidom. Letna mejna vrednost –  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  je bila presežena predvsem ob cestah z gostim prometom. Predvsem v zimskem času je lahko presežena letna mejna vrednost tudi v središču mesta.



Slika 3: Koncentracije dušikovega dioksida v Ljubljani; preračun na letno raven s pomočjo avtomatskih meritev.

#### Ozon

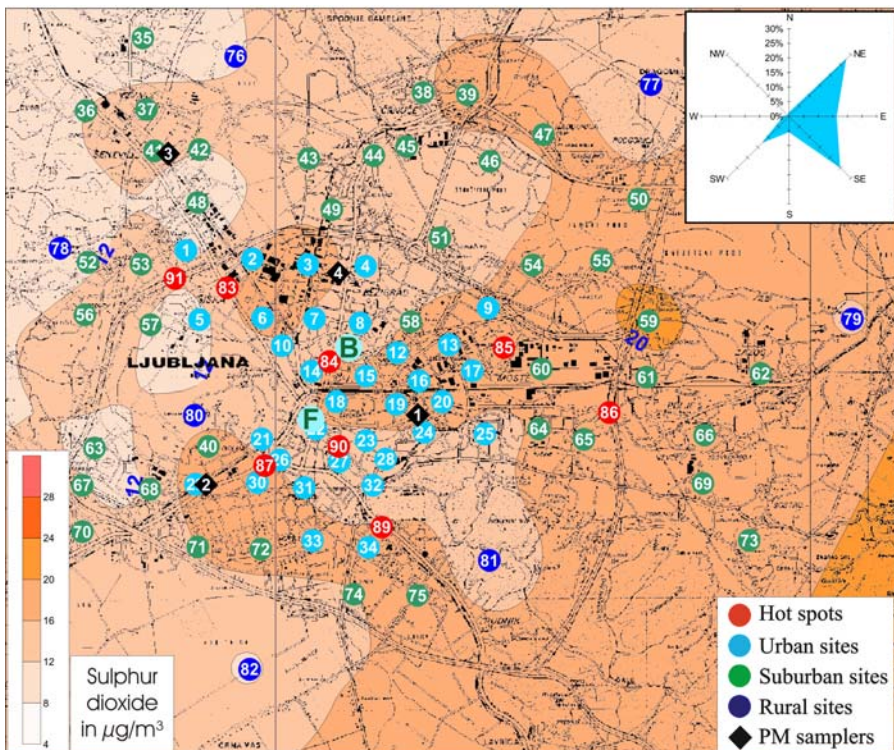
Visoke koncentracije ozona se pojavljajo v poletnem času, zato je bil izmerjen v juliju, ko smo pričakovali visoke koncentracije. Meritve so potekale osem ur, zato so rezultati močno odvisni od vremenske situacije, ki je bila ta dan. Ker je pihal JZ veter, je zrak z ozonom potoval v SV smeri. Ozon je sekundarno onesnaževalo, ki nastane zaradi izpustov dušikovih oksidov in lahkih organskih snovi v toplu in sončnem vremenu. Tako vemo, da se najvišje koncentracije pojavljajo nekoliko stran od mesta emisije, običajno v predmestjih. Podobno se je pokazalo tudi v Ljubljani, saj se najvišje izmerjene koncentracije pojavijo v S predelih in naprej proti SV.



Slika 4: Koncentracije ozona v Ljubljani, 16. julija 2003.

### Žveplov dioksid

V preteklem času in v Zasavju še vedno eden najhujših onesnaževal je žveplov dioksid. Emitenti SO<sub>2</sub> v Ljubljani so predvsem TE-TOL in nekatera kurišča, zato poleti nismo pričakovali visokih vrednosti. Žveplov dioksid smo tako merili le v zimskem času, vendar nikjer nismo izmerili visokih vrednosti



Slika 5: Koncentracije žveplovega dioksida v Ljubljani med 10. in 23. februarjem 2004.

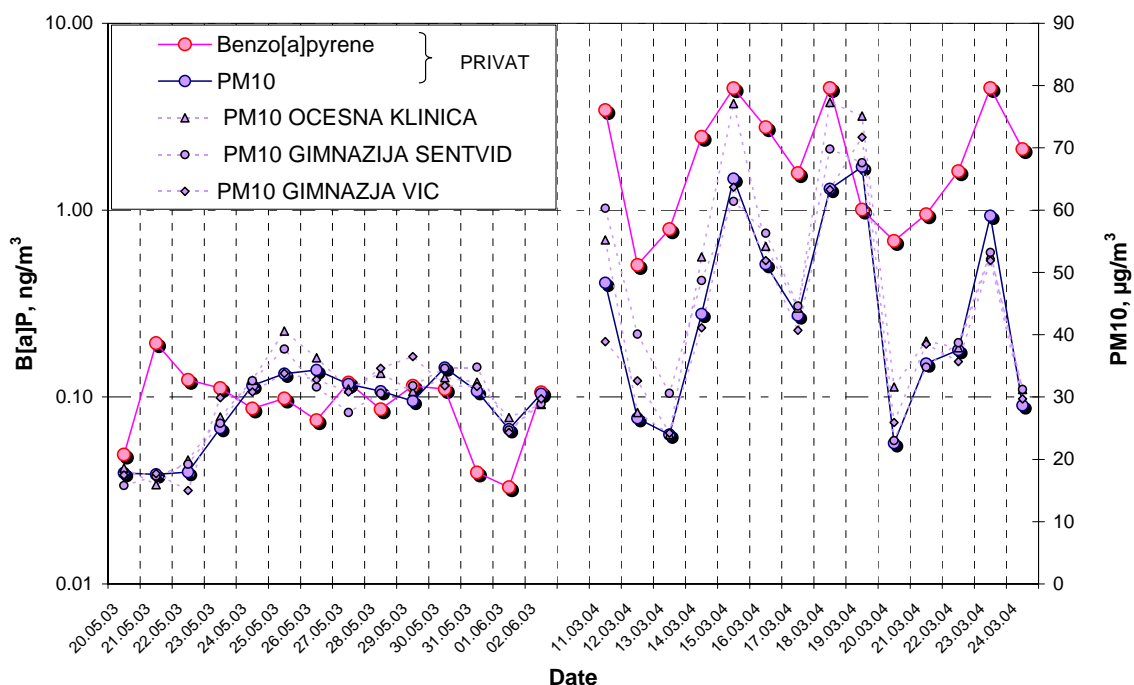
## Delci PM10

Onesnaženje z delci je podobno kot z benzenom in NO<sub>2</sub> najbolj kritično v zimskem času, kjer pogosto prihaja do preseganj dnevne mejne vrednosti – 50 µg/m<sup>3</sup>.

Za onesnaževala, kjer pogosto prihaja do preseganj mejnih vrednosti bo potrebno izdelati in izpeljati akcijske plane, s katerimi bomo zmanjšali emisije polutantov in s tem znižanje koncentracij v zunanjem zraku.

## Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH)

Dodatno smo skladno z novo 4. evropsko hčerinsko direktivo, ki vpeljuje meritve PAH (policiklični aromatski ogljikovodiki) in težkih kovin, merili tudi vsebnost le teh v delcih PM10. Koncentracije nekaterih izmed PAHov lahko občasno v zimskem času presežejo letno ciljno vrednost, medtem ko pri težkih kovinah nismo zabeležili visokih vrednosti.

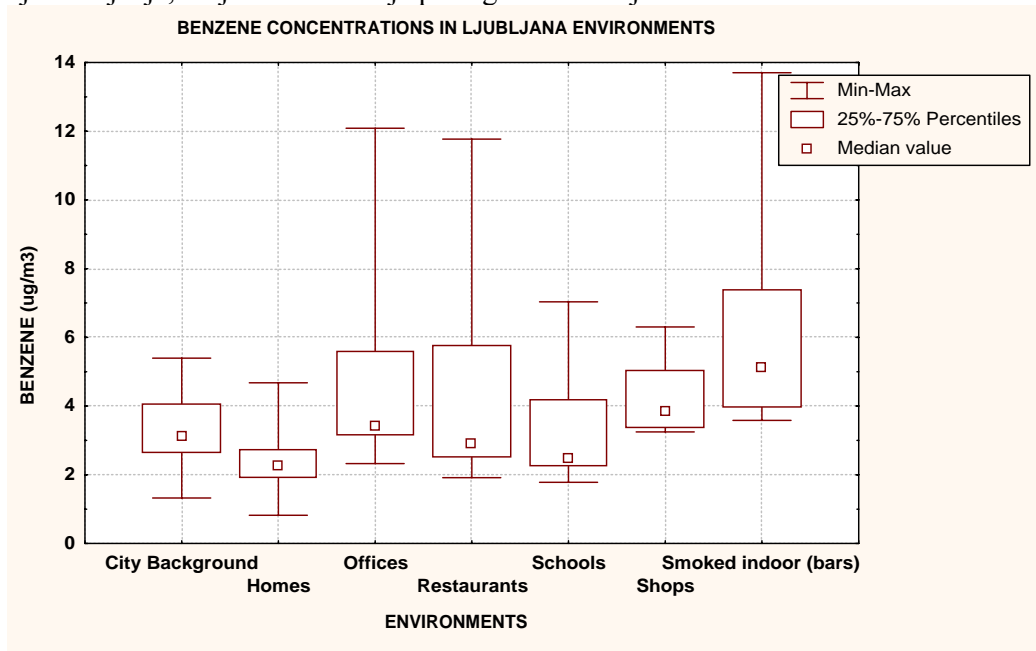


Graf 1: Koncentracije PM10 in Benzo(a)pirena v Ljubljani med obema merilnima kampanjama.  
Tabela 2: Analiza težkih kovin (v ng/m<sup>3</sup>) na merilnem mestu pri Očesni kliniki.

	14 to 15 Feb	17 to 18 Feb
<b>Fe</b>	1207	2511
<b>Ni</b>	12	10
<b>Cu</b>	42	62
<b>Zn</b>	101	120
<b>Rh</b>	< 0.2	< 0.2
<b>Cd</b>	1	0.6
<b>Pt</b>	< 0.2	< 0.2
<b>Pb</b>	52	26

## ONESNAŽENJE ZRAKA V NOTRANJJIH PROSTORIH

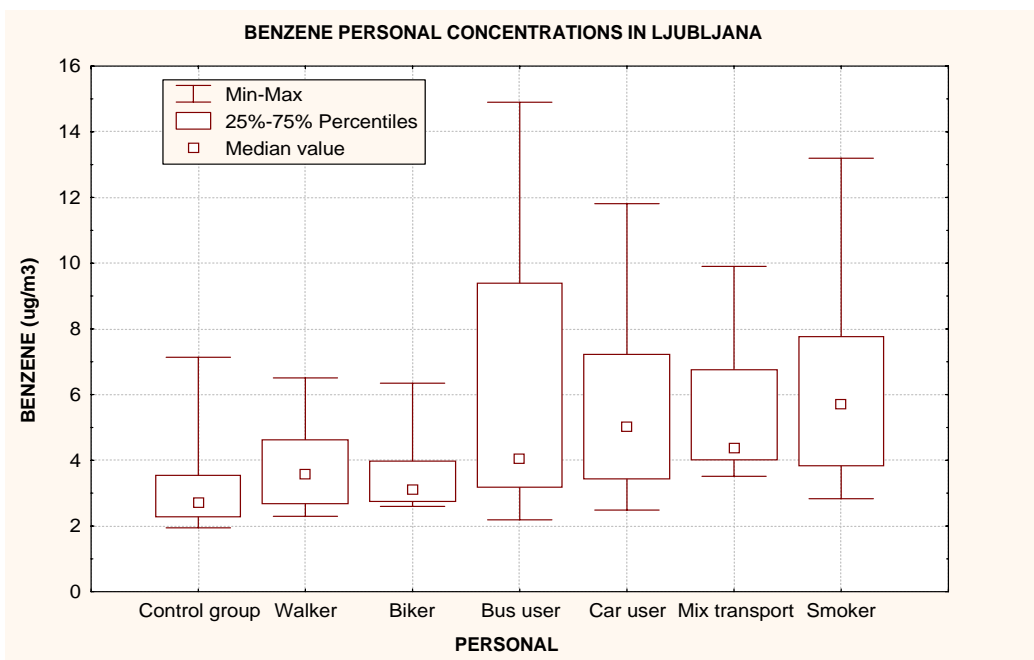
Koncentracije benzena v stanovanjih so pokazale podobne vrednosti kot koncentracije v okoliškem zunanjem zraku (mediana  $2.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), nekoliko, vendar ne bistveno višje so tudi v šolah (mediana  $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), javnih ustanovah (mediana  $3.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) restavracijah (mediana  $2.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in trgovinah (mediana  $3.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Višje vrednosti so bile v barih (mediana  $5.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), predvsem na mestih kjer je dovoljeno kajenje, ko je koncentracija presegla letno mejno vrednost.



Graf 2: Onesnaženje z benzenom v notranjih prostorih v Ljubljani, 27. maja 2003.

## OSEBNA IZPOSTAVLJENOST

Osebna izpostavljenost predstavlja povprečno 12-urno vrednost, ki so ji bile izpostavljene posamezne skupine ljudi. Izpostavljenost benzenu je odvisna od načina prevoza v službo in drugih opravkih. Tako je bilo okoli 150 ljudi razdeljenih v kontrolno skupino (mediana  $2.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), kadičce (mediana  $5.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), uporabnike osebnih vozil (mediana  $5.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), javnih prevoznih sredstev (mediana  $4.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), kolesarje (mediana  $3.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in pešce (mediana  $3.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



Graf 3: Osebne doze, ki so jih prejele različne skupine ljudi v Ljubljani, 27. maja 2003.

## ZAKLJUČKI in DELO V PRIHODNOSTI

Projekt AIRPECO je bil pomemben tudi s stališča vpeljave indikativnih meritev z difuzivnimi vzorčevalniki v Sloveniji. Tako bomo po slovenskih mestih vpeljali t.i. indikativne meritve onesnaženosti zraka v obliki merilnih kampanj, katerih namen je predvsem pridobiti informacijo o ravni onesnaženosti zraka. Difuzivni vzorčevalniki predstavljajo dopolnitev k obstoječi mreži avtomatskih postaj, saj z avtomatskimi merilniki ni možno meriti onesnaženja v vsakem kraju, ker bi to predstavljalo prevelik strošek za državo. Merilna kampanja v trajanju 4-krat letno po dva tedna meritev, omogoča merjenje koncentracij onesnaževal v gosti mreži merilnih mest in kartiranje izmerjenih koncentracij onesnaževal. Cilj meritev je ugotoviti stanje kakovosti zraka v čim več slovenskih krajih in seznaniti javnost z našimi ugotovitvami.

Zimska in letna kampanja kaže, da je v splošnem v zimskem času višja onesnaženost z benzenom, dušikovim oksidom in ostalimi t.i. primarnimi onesnaževali, predvsem zaradi vremenskih razmer, ko se ob stabilnem vremenu pojavi temperaturna inverzija, ki preprečuje mešanje zraka s čistejšim. Meritve teh polutantov kažejo na preseganja predvsem ob obremenjenih prometnicah in tudi v mestnem središču z zgoščenim in počasnim prometom.

Onesnaženje z ozonom je povečano predvsem v poletnem času ob dogotrajnem toplen in sončnem vremenu, vendar se največje koncentracije pojavljajo v območjih izven mestnih središč, ki ni obremenjen z gostim prometom.

Osebna doze benzena so pokazale največjo izpostavljenost in tveganje pri kadilcih, visoko tudi pri uporabnikih osebnih vozil in javnega transporta, medtem ko imajo najnižje vrednosti kolesarji in pešci.

Pripravil:

mag. Danijel Čemas  
 Agencija RS za okolje  
 Sektor za kakovost zraka