

# POJAVLJANJE KRITIČNE ONESNAŽENOSTI ZRAKA V SLOVENIJI

Dušan Hrček\*

UDK 614.71 (497.12)

**Na nekaterih območjih Slovenije je onesnaženost zraka tako velika, da vpliva na zdravstveno stanje prebivalstva. V članku so opisane razmere, v katerih se pojavlja visoka onesnaženost zraka, opisan je sistem za merjenje onesnaženosti zraka in ocenjen obseg območij, kjer se pojavlja kritična onesnaženost zraka.**

S posebnim republiškim odlokom (Ur. list SRS, št. 19/1988) je Slovenija razvrščena v štiri območja glede na stopnjo onesnaženosti zraka. Pri razvrščanju je bilo upoštevano stanje onesnaženosti zraka, geografska konfiguracija in z njo povezane klimatske razmere, ki vplivajo na onesnaženost zraka. V prvem območju je zrak onesnažen do ene petine dovoljene meje. Ostali kraji, v katerih je zrak onesnažen pod dovoljeno mejo, so v drugem območju. Najvišja onesnaženost zraka v tretjem območju presega dovoljeno mejo, vendar ne preseže kritične meje. V četrtem območju pa onesnaženost zraka občasno preseže kritično mejo. Na nekaterih območjih Slovenije je onesnaženost zraka tako velika, da vpliva na zdravstveno stanje prebivalstva. Propadanje gozdov, ki je bilo prvič v celoti dokumentirano leta 1985, pa je dodaten opomin, da z ukrepanjem za varstvo zraka pred onesnaževanjem ne gre odlašati. Odlok o mejnih in kritičnih koncentracijah škodljivih snovi v zraku (Ur. list RS, št. 30/1990) določa, da kritična koncentracija posamezne škodljive snovi v zraku pomeni trikratno številčno vrednost mejne koncentracije (oz. dovoljene meje). Zakon o varstvu zraka (Ur. list SRS, št. 13/1975) pa določa, da je potrebno ob prekoračenju kritične koncentracije izvajati izredne ukrepe za zavarovanje zdravja prebivalstva. Izredni ukrepi pomenijo začasne omejitve in prepovedi onesnaževanja (na primer omejitve motornega prometa), ki jih predpiše občina z odlokom o varstvu zraka. Namen tega članka je predvsem opisati razmere (meteorološke in emisijske), zaradi katerih se pojavlja visoka onesnaženost zraka, opisati analitično nadzorni alarmni sistem (ANAS) za merjenje onesnaženosti zraka in oceniti obseg območij, kjer obstaja možnost pojavljanja kritične onesnaženosti.

zavod in Zavod R Slovenije za statistiko, je v tabeli 1.

Emisija  $\text{SO}_2$  je po Sloveniji neenakomerno razporejena. Okrog 90 % emisije  $\text{SO}_2$  je v severni polovici Slovenije, večina pa je na območju Šaleške doline (TE Šoštanj), Zasavja (TE Trbovlje) in Ljubljane (TE-TO Ljubljana). Tako lahko rečemo, da so v Sloveniji termoelektrarne na premog največji onesnaževalci zraka.

Ocene emisij  $\text{SO}_2$  iz termoelektrarn v letu 1987 so naslednje: TEŠ — 84 670 t, TET — 30 258 t in TE-TOL — 20 921 t. Največji onesnaževalci zraka z žveplovim dioksidom med industrijskimi objekti v letu 1988 so bili: TGA Kidričevo — 8877 t, Dj. Salaj Krško — 6720 t, Cinkarna Celje — 2183 t ter Rudnik svinca in topilnica Mežica — 1560 t (leta 1987). Emisija ostalih industrijskih virov je manjša od 1000 t  $\text{SO}_2$ /leto.

Emisija  $\text{SO}_2$  iz kotlovnice za ogrevanje in drobnih kurišč je kot emisija iz industrijskih obratov. Emisija drobnih kurišč je zgoščena v naseljih. Zaradi praviloma nizkih dimnikov emisija drobnih kurišč močno onesnažuje prizemno plast zraka z žveplovim dioksidom in dimom. Dim (trdni delci, manjši od 10  $\mu\text{m}$ ) skupaj z žveplovim dioksidom vzajemno deluje na

zdravje ljudi, zato je emisija drobnih kurišč — kljub majhnemu deležu v skupni emisiji — tako pomembna.

Emisija  $\text{SO}_2$  ima svoj dnevni, tedenski in letni hod. Večji del emisije  $\text{SO}_2$  je v hladni polovici leta. To velja za termoelektrarne in industrijo, še zlasti pa za kurišča, namenjena ogrevanju.

Ocena emisije  $\text{NO}_x$  po glavnih skupinah onesnaževalcev zraka, ki sta jo izdelala Hidrometeorološki zavod in Zavod R Slovenije za statistiko, je v tabeli 2. V Sloveniji se je emisija od leta 1980 do leta 1989 povečala za 15 %. Motorna vozila so največji vir emisije dušikovih oksidov, ker pa se pri nas gostota prometa ne zmanjšuje, postaja problem te emisije vse večji. Z izgradnjo avtocest in mestnih obvoznic se povečuje hitrost vozil, posledica pa je več škodljivih snovi v izpušnih plinih avtomobilov na kilometer vožnje. Najbolj se to pozna pri emisiji dušikovih oksidov. Dušikovi oksidi in neizgoreli ogljikovodiki so tiste spojine, ki sodelujejo pri fotokemičnih procesih v ozračju. Spojine, nastale pri fotokemičnih procesih, pa so lahko še bolj škodljive od snovi, ki vstopajo v te procese.

V Sloveniji je emisija  $\text{NO}_x$  razporejena predvsem ob prometnih cestah, ki dovoljuje večje hitrosti vozil. Največji točkasti viri  $\text{NO}_x$  pa so termoelektrarne in nekateri industrijski obrati, kot je na primer Tovarna dušika Ruše. V poletnem času je emisija  $\text{NO}_x$  visoka predvsem zaradi

**Tabela 1. Ocena emisije  $\text{SO}_2$  v Sloveniji (v 1000 t/leto).**

| Skupina           | 1980   | 1985   | 1986   | 1987   | 1988   | 1989   |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| mobilni vir       | 2401   | 2459   | 2814   | 2791   | 2851   | 2734   |
| termoelektrarne   | 148320 | 171236 | 172774 | 160053 | 162466 | 165328 |
| široka potrošnja  | 28570  | 26270  | 30229  | 25460  | 16452  | 17238  |
| tehnološki viri   | 2673   | 2800   | 2836   | 2201   | 848    | 778    |
| industrija        | 52856  | 37394  | 35185  | 27183  | 27054  | 24203  |
| Skupaj            | 234820 | 240159 | 243838 | 217688 | 209671 | 210281 |
| t/km <sup>2</sup> | 11,6   | 11,9   | 12,0   | 10,7   | 10,4   | 10,4   |
| kg/prebivalca     | 123,5  | 121,7  | 123,1  | 109,4  | 105,1  | 105,2  |

Opomba: Pri tehnoloških virih je upoštevana emisija  $\text{SO}_2$  zaradi uporabe koksa. Ostala tehnološka emisija ni upoštevana. Napaka je velikostnega reda 1 %.

**Tabela 2. Ocena emisije  $\text{NO}_x$  v Sloveniji (v 1000 t/leto).**

| Skupina           | 1980  | 1985  | 1986  | 1987  | 1988  | 1989  |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| mobilni viri      | 26139 | 26314 | 30185 | 31427 | 32776 | 32280 |
| termoelektrarne   | 9281  | 12084 | 11915 | 11505 | 11048 | 11416 |
| široka potrošnja  | 1341  | 911   | 1165  | 1157  | 912   | 957   |
| tehnološki viri   | 267   | 280   | 284   | 220   | 85    | 78    |
| industrija        | 5964  | 4735  | 4817  | 4162  | 4741  | 2739  |
| Skupaj            | 42992 | 44323 | 48366 | 48472 | 49562 | 47470 |
| t/km <sup>2</sup> | 2,1   | 2,2   | 2,4   | 2,4   | 2,5   | 2,3   |
| kg/prebivalca     | 22,6  | 22,5  | 24,4  | 24,4  | 24,9  | 23,7  |

## Onesnaževanje zraka

Najpomembnejši vzrok za pojavljanje onesnaženosti zraka je emisija škodljivih snovi v zrak. V Sloveniji je največ podatkov o onesnaževanju zraka z žveplovim dioksidom ( $\text{SO}_2$ ) in z dušikovimi oksidi ( $\text{NO}_x$ ) ter s prahom. Ocena emisije  $\text{SO}_2$  po glavnih skupinah onesnaževalcev zraka, ki sta jo izdelala Hidrometeorološki

\* Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, Vojkova 1b, Ljubljana.

zelo gostega prometa z motornimi vozili (turistična sezona). Med emisijami zaradi prometa z motornimi vozili so poleg dušikovih oksidov pomembni še ogljikov monoksid (CO), nezgoreli ogljikovodiki in svinčeve spojine ter prah, ki vsebuje tudi azbestne delce.

Med tehnološkimi emisijami so pomembni fluoridi, ki se pojavljajo v alumijski industriji, steklarnah, opekarnah in pri proizvodnji emajlirane posode. Kemična industrija ima emisijo raznih ogljikovodikov. Zelo škodljiva sta fenol in formaldehid, ki se pojavljata pri proizvodnji steklene volne in lesnih polizdelkov ter pohištva. Pomembna je emisija trdnih delcev, ki vsebujejo težke kovine (v metalurgiji svinca) in vlakna (azbest v industriji salonitnih plošč in cevi). Največja emisija prahu je v Rušah in na Ravnah na Koroškem. Poseben primer je visoka onesnaženost zraka, ki se pojavi zaradi nezgodnih emisij.

Iz gorenja fosilnih goriv izvira emisija škodljivih snovi, ki obsega poleg  $\text{SO}_2$  in  $\text{NO}_x$  še ogljikovodike, CO, dim oziroma saje. V sajah pa so tudi težke kovine. Naši premogi vsebujejo do 40 % snovi, ki se pri gorenju izločajo kot pepel. Posledica je emisija pepela in prahu iz termoelektrarn. Zaradi elektrofiltrov so emisije prahu iz termoelektrarn precej manjše, nikakor pa niso zanemarljive, saj vsebujejo mnoge škodljive, tudi radioaktivne snovi. Leta 1987 so bile emisije prahu iz termoelektrarn naslednje: TE Šoštanj — 2937 t, TE-TO Ljubljana — 1281 t in TE Trbovlje 731 t.

## Vpliv vremena na onesnaženost zraka

Poleg emisije škodljivih snovi v zrak vplivajo na onesnaženost zraka tudi vremenske razmere. Slovenija je dežela z razgibanim reliefom v zavetrju Alp. Z reliefnimi značilnostmi so povezane tudi klimatske značilnosti. V slovenskih dolinah in kotlinah prevladujejo šibki vetrovi. Ob mirnem in jasnem vremenu se po sončnem zahodu zrak pri tleh ohladi. Hladen zrak se po pobočjih steka v doline in kotline. Pojavijo se jezera hladnega zraka. Zrak nad njimi pa je toplejši. Plast zraka, v kateri temperatura zraka z višino narašča (temperaturna inverzija), je zelo stabilna, kar pomeni, da vertikalne izmenjave zraka praktično ni. V zimskih mesecih se v kotlinah pogosto pojavlja megla, ki se podnevi lahko dvigne v nizko oblačnost. V tem primeru sončna svetloba nima dovolj energije za ogrevanje plasti zraka pri tleh, da bi se temperaturna inverzija razkrojila. Jezero hladnega zraka v kotlini lahko vztraja več dni skupaj. Če je v taki kotlini emisija škodljivih snovi v zrak dovolj velika, se pojavi visoka onesnaženost zraka. Posebno ugodne razmere za visoko onesnaženost zraka so v mladih anticiklonih ali v barično šibko gradient-

nem polju, ko jezero hladnega zraka šele nastaja. Opisane razmere so najpomembnejši vzrok za pojavljanje kritične onesnaženosti zraka v slovenskih mestih. Poleg tega se močno onesnažen zrak pojavlja tudi na vplivnem območju velikih onesnaževalcev zraka zunaj naših mest. To so predvsem termoelektrarne (Šoštanj, Trbovlje in Ljubljana) in prometne ceste. V okolici termoelektrarn se lahko pojavi povišana onesnaženost zraka tudi ob vetrovnem vremenu.

Onesnaženost zraka z žveplovim dioksidom in z dimom je najvišja v kurilni sezoni. Decembra in januarja, ko je onesnaževanje zraka zaradi kurjenja za ogrevanje največje, so tudi temperaturne inverzije v dolinah in kotlinah najpogostejše in najdalj trajajo. V teh dveh mesecih so navadno izmerjene najvišje koncentracije  $\text{SO}_2$  in dima. V večini primerov ima onesnaženost zraka podoben dnevni hod: zjutraj in dopoldne so koncentracije visoke, ko pa se temperaturna inverzija čez dan razkroji, se onesnaženost zraka zmanjša. Ponovno se poveča pozno popoldne ali zgodaj zvečer, ko se kurjenje za ogrevanje intenzivira, obenem pa ponovno začne nastajati temperaturna inverzija. Nato se do zgodnjih jutranjih ur onesnaženost zraka zmanjšuje. Primer časovnega poteka onesnaženosti zraka z žveplovim dioksidom v kurilni sezoni v središču Ljubljane je na sliki 1, primer dnevnega poteka ob visoki onesnaženosti zraka pa na sliki 2. Onesnaženost zraka je praviloma najvišja v mestnih središčih in industrijskih conah. Koncentracije dušikovih oksidov, ogljikovodikov in zlasti sekundarnih polutantov so najvišje poleti, ko je gostejši promet z motornimi vozili in ko nastopijo meteorološke razmere, ki so ugodne za potek fotokemičnih reakcij v atmosferi. Onesnaženost zraka z dušikovimi oksidi in ogljikovodiki je navadno visoka ob jutranji prometni konici, medtem ko je ob popoldanski konici nižja zaradi ugodnejših meteoroloških razmer za razredčevanje škodljivih snovi v zraku.

## Meritve onesnaženosti zraka

Na osnovi določil zakona o varstvu zraka je bila ustanovljena republiška osnovna mreža postaj za merjenje onesnaženosti zraka na območju R Slovenije. Mrežo vodi Hidrometeorološki zavod RS (HMZ). V letih 1976 in 1977 je bila postavljena večina postaj za merjenje povprečnih 24-urnih koncentracij  $\text{SO}_2$  in dima. Merilne postaje so v 47 krajih in pokrivajo III. in IV. območje onesnaženosti zraka. V nekaterih močno onesnaženih mestih so se redne meritve začele že prej; v Ljubljani, na primer, že leta 1968. Pomanjkljivost teh meritev, ki so relativno poceni, je, da podatki nso sproti na razpolago. Vzorčevanje poteka na terenu, vzorci, ki prispejo po pošti, pa so šele kasneje analizirani v kemijskem laboratoriju. V osnovni mre-

ži potekajo že meritve kakovosti padavin in količine prašnih usedlin na podlagi analiz mesečnih vzorcev. Takih merilnih mest je 8.

Osnova za ukrepanje ob kritični onesnaženosti zraka so meritve iz avtomatskih postaj nadzornega alarmnega sistema (ANAS). Avtomatske postaje lahko merijo meteorološke parametre (smer in hitrost vetra, temperaturo zraka in relativno vlago) in ekološke parametre (žveplov dioksid, dušikove okside, ogljikov monoksid in ozon). Konec leta 1990 je na stalnih lokacijah delovalo 6 postaj ANAS (Ljubljana, Maribor, Celje, Trbovlje, Zagorje in Hrastnik). V začetku leta 1990 je začel delovati ekološki informacijski sistem TE Šoštanj, ki predstavlja dopolnilno mrežo ANAS. Sistem EIS TEŠ obsega 6 meteorološko-ekoloških postaj v širši okolici termoelektrarne (Zavodnje, Veliki vrh, Graška gora, Topolšica, Šoštanj in Velenje). Postaje osnovne in dopolnilne mreže ANAS vsake pol ure avtomatsko sporočajo sveže podatke v računalnik na Hidrometeorološkem zavodu RS. Z realizacijo prenosa podatkov z avtomatskih postaj v center je dejansko začel delovati avtomatski alarmni sistem za varstvo zraka v Sloveniji. Iz tega sistema dobivajo občine oziroma mesta podatke za odločanje o izrednih ukrepih v skladu s svojimi odloki o varstvu zraka. Z informacijskim sistemom HMZ so prek telefonskih linij in računalnika direktno povezane nekatere občine, v katerih so avtomatske postaje. Javnost je v kurilni sezoni prek sredstev javnega obveščanja (radio, časopisi, teletekst) sproti obveščena o stanju onesnaženosti zraka v nekaterih krajih z najbolj onesnaženim zrakom.

V načrtu modernizacije hidrometeorološke službe, ki ga je sprejel Izvršni svet Skupščine Republike Slovenije, so še postavitev avtomatskih meteorološko ekoloških postaj na Jesenicah (zaradi odprtja predora skozi Karavanke), na Krasu (Novelo na Krasu — za spremljanje vpliva na onesnaženost zraka zaradi bližnje termoelektrarne na premostu v Tržiču na drugi strani državne meje) in na Slavniku (za spremljanje transporta onesnaženosti na velike razdalje). Lokacije rednih, dopolnilnih in planiranih postaj ANAS so na sliki 3.

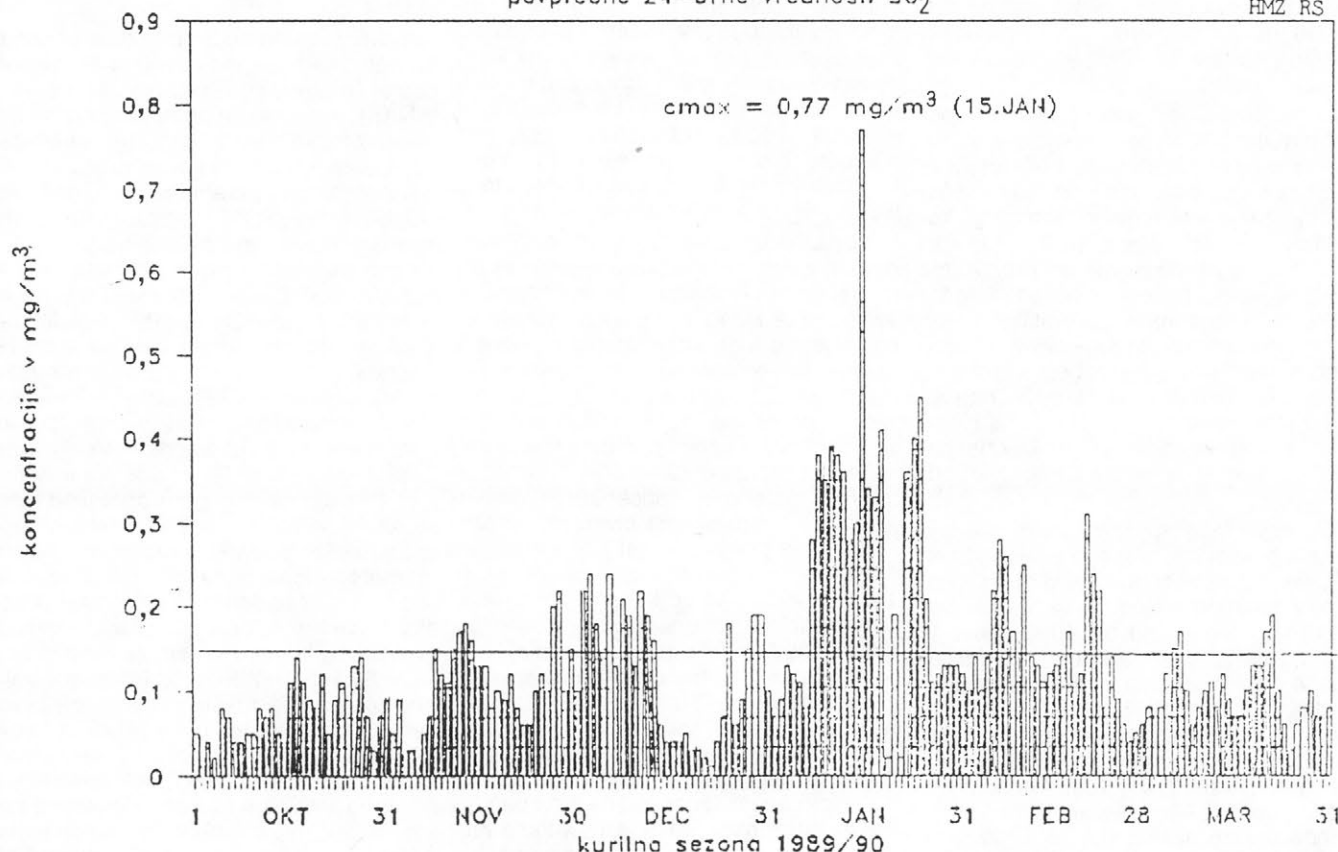
## Območja z največjo onesnaženostjo zraka

Prekomerna onesnaženost zraka (III. in IV. območje) se občasno pojavlja v 44 krajih (z več kot 1500 prebivalci), med katerimi je 10 regionalnih središč. Po oceni za leto 1988 je bilo v II. območju onesnaženosti zraka 281 531 prebivalcev, v IV. območju pa 476 663 prebivalcev. Območja z najbolj onesnaženim zrakom v Sloveniji (IV. območje) so naslednja: Za-

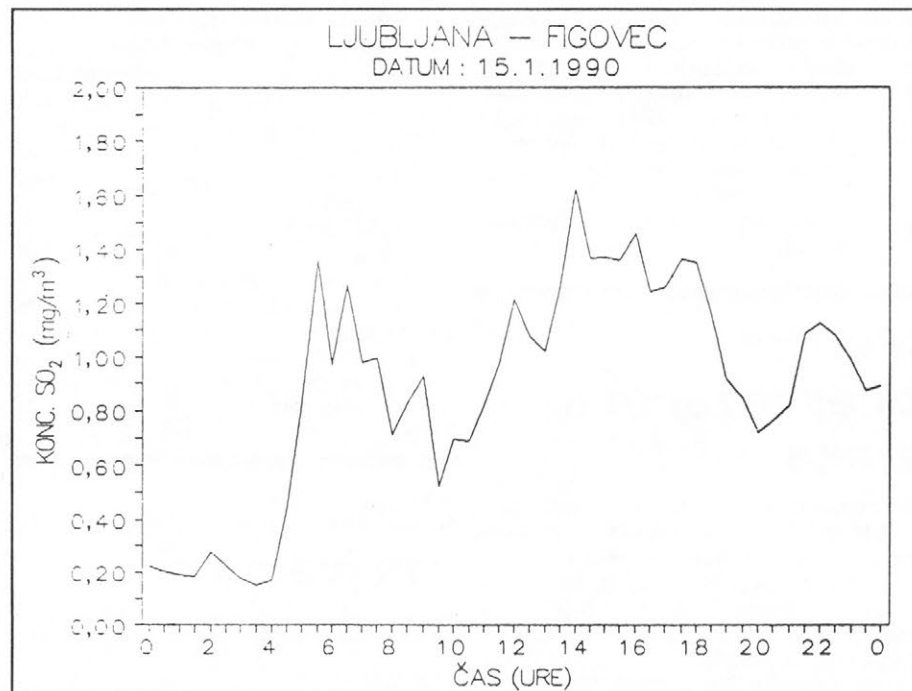
# LJUBLJANA — Gospodarska zbornica

povprečne 24-urne vrednosti  $\text{SO}_2$

HMZ RS



Slika 1. Časovni potek onesnaženosti zraka v Ljubljani.



Slika 2. Primer visoke onesnaženosti zraka v Ljubljani.

savje (Trbovlje, Hrastnik, Zagorje), Mežiška dolina (Črna, Žerjav, Mežica), obrobje Šaleške doline (Zavodnje nad Šoštanjem), Celje, Maribor, Ljubljana in Škofja Loka—Trata. Na sliki 4 so območja IV. in III. stopnje onesnaženosti zraka v Sloveniji. V tabeli 3 so navedene 98-percentilne

koncentracije  $\text{SO}_2$  in dima v kurilni sezoni 1989/90 za 10 najbolj onesnaženih krajev v Sloveniji. V tabeli sta upoštevani le  $\text{SO}_2$  in dim, zato so v deseterici tudi Medvode, Domžale in Šentjur. Mejna vrednost za povprečno 24-urno onesnaženost zraka po republiškem odloku (Ur.

list RS, št. 30/90) za  $\text{SO}_2$  in za dim je  $0,125 \text{ mg}/\text{m}^3$ . 98-percentilna koncentracija v tabeli 3 pa pomeni najvišjo koncentracijo, ki preostane, če ne upoštevamo 2 % najvišjih koncentracij v kurilni sezoni.

V nadaljevanju navajamo razloge za visoko onesnaženost zraka na omenjenih območjih:

Trbovlje in Hrastnik sta na vrhu lestvice z žveplovim dioksidom najbolj onesnaženih mest v Sloveniji. Maksimalna 24-urna povprečna koncentracija  $\text{SO}_2$  v Trbovljah v kurilni sezoni 1989/90 je bila  $1,01 \text{ mg}/\text{m}^3$ , kar je skoraj za en velikostni red več kot mejna vrednost, ki jo določa republiški odlok. Zagorje pa je prvo glede na onesnaženost zraka z dimom.

Glavni vzrok za kritično onesnaženost zasavskih mest (Trbovlje, Zagorje, Hrastnik) v kurilni sezoni je uporaba domačega premoga, ki vsebuje do 3 % žvepla in do 40 % pepela. Ta premog uporabljajo v drobnih kurilnicah in v kotlovnica. Večina zasavskih družin že po tradiciji dobi vsako leto premog v obliki »deputata«. Zato s tem gorivom pretirano ne varčujejo. V Trbovljah, na primer, ima izredno malo stavb toplotno izolacijo. V Trbovljah in v Hrastniku delujeta mestni toplarni na premog. Dimni plini iz obeh toplarn v mnogih primerih ne prebijajo prizemne plasti s temperaturno inverzijo, ki sega navadno do višine okrog 500 m.n.m. Emisija  $\text{SO}_2$  v Trbovljah (brez termoelektrarne, ki na onesnaženost zraka v mestu v povprečju malo vpliva) na primer ni posebno

**Tabela 3. 98-percentilne koncentracije povprečnih 24-urnih koncentracij SO<sub>2</sub> in dima (v mg/m<sup>3</sup>) v kurilni sezoni 1989/90.**

| Kraj             | 98-percentilne<br>koncent. SO <sub>2</sub> | Uvrstitev | 98-percentilne<br>koncent. dima | Uvrstitev |
|------------------|--------------------------------------------|-----------|---------------------------------|-----------|
| Trbovlje         | 0,59                                       | 1         | 0,16                            | 4         |
| Hrastnik         | 0,46                                       | 2         | 0,11                            | 11        |
| Ljubljana        | 0,36                                       | 3         | 0,18                            | 1         |
| Medvode          | 0,25                                       | 6         | 0,18                            | 1         |
| Maribor          | 0,27                                       | 4         | 0,14                            | 6         |
| Celje            | 0,23                                       | 9         | 0,14                            | 6         |
| Zagorje          | 0,15                                       | 18        | 0,18                            | 1         |
| Domžale          | 0,18                                       | 13        | 0,15                            | 5         |
| Šentjur          | 0,24                                       | 7         | 0,09                            | 15        |
| Črna na Koroškem | 0,26                                       | 5         | 0,07                            | 27        |



Slika 3. Avtomatske postaje za merjenje onesnaženosti zraka (ANAS) v Sloveniji.

velika, saj je enakega velikostnega reda kot v Ilirski Bistrici. Vendar so koncentracije SO<sub>2</sub> v Trbovljah za en velikostni red višje. Vzrok je v različnih reliefnih in klimatskih razmerah. Zasavske doline so ozke, v njih prevladujejo šibki vetrovi. Pogosto se pojavlja temperaturna inverzija, ki sicer ščiti doline pred škodljivim vplivom emisij iz 360 m visokega dimnika TE Trbovlje. Kljub temu emisija lokalnih kurišč za ogrevanje, ki uporabljajo nekakovosten premog, zadostuje za visoko onesnaženost zraka, ki ogroža zdravje prebivalstva. Onesnaženost zraka je tako visoka, da po izkustvenih kriterijih Svetovne zdravstvene organizacije vpliva na povečano smrtnost. Škodljiv vpliv onesnaženega zraka na zdravje potrjujejo tudi domače raziskave.

Na drugem mestu je emisija, ki jo spušča v zrak industrija. Pomembni industrijski viri onesnaževanja so: IGM (Zagorje) — prah, cementarna (Trbovlje) — prah, kemična tovarna (TKI) in steklarna (Hrastnik) — fluoridi in druge tehnološke emisije.

Onesnaževanje zraka zaradi prometa z motornimi vozili lahko v primerjavi z drugimi viri onesnaževanja zanemarimo.

Daleč največjo emisijo SO<sub>2</sub> in NO<sub>x</sub> v Zasavju ima termoelektrarna na premog v

Trbovljah, ki deluje brez čistilnih naprav za dimne pline. Emisija SO<sub>2</sub> več kot za faktor 20 presega mejno emisijsko koncentracijo po republiškem odloku. Vpliv TE Trbovlje na onesnaženost zraka je najbolj občuten v višjih legah Zasavja.

Gre predvsem za območja, porasla z gozdom, in za višje ležeče vasi in zaselke (Dobovec, Kovk). Največji vpliv TE Trbovlje na onesnaženost zraka v nižjih predelih je razmeroma daleč stran, v Rimskih Toplicah.

Glavni vir onesnaževanja zraka v Šaleški dolini je TE Šoštanj, ki uporablja velenjski lignit, nima pa čistilnih naprav za dimne pline. Emisija SO<sub>2</sub> prekoračuje približno za faktor 10 mejno vrednost po republiškem odloku. Vsi ostali viri so v primerjavi s TEŠ zanemarljivi, saj je le-ta največji vir onesnaževanja zraka v Sloveniji. V Šoštanju, predvsem pa v Velenju je zrak navadno razmeroma čist, ker jezero hladnega zraka, ki se pogosto pojavlja, ščiti dno doline pred vplivom škodljivih emisij iz visokih dimnikov TEŠ. Ob močnem vetru ustrezne smeri ali ob intenzivni vertikalni izmenjavi zraka pod subsidenčno inverzijo (na višini okrog 1100 m) pa se lahko tudi na dnu Šaleške doline pojavijo razmeroma visoke koncentracije SO<sub>2</sub> (polurna koncentracija prek 3 mg/

m<sup>3</sup>). Na srečo so taki primeri redki. Zaradi daljinskega ogrevanja iz termoelektrarne so lokalne emisije v Velenju zelo majhne. Povsem drugačna slika onesnaženosti zraka je v višjih legah na pobočjih nad Šaleško dolino. Pospešeno propadajo obsežna območja gozdov, ogrožene so tudi vasi in zaselki (Zavodnje, Graška gora, Veliki vrh). Škodljivi vplivi TEŠ niso omejeni le na Šaleško dolino, pojavljajo se tudi širše, na primer na Pohorju. Zaradi vpliva termoelektrarne so padavine v okolici bolj kisle. Znano je škodljivo delovanje kislih padavin na tla, ki so že po svoji geološki osnovi kisla. Geološke karte kažejo, da prevladujejo na severnem obrobju Šaleške doline in na Pohorju kisla tla.

Emisija SO<sub>2</sub> v Mežiški dolini je za dva velikostna reda manjša kot v sosednji Šaleški dolini. Mežiška dolina je mnogo ožja in bolj globoka kot Šaleška. Dimni plini iz topilnice svinca v Žerjavu pogosto ne prebijajo plasti zraka s temperaturno inverzijo, zato se pojavljajo visoke koncentracije SO<sub>2</sub>. Škode so še večje zaradi prisotnosti prahu, ki vsebuje težke kovine, predvsem svinec. Ogrožena so naselja v dolini (Črna, Mežica, Žerjav), predvsem pa gozdovi in kmetije na pobočjih nad dolino. Genetske spremembe, ki so jih opazili pri ogroženih rastlinah, povezujejo z močno onesnaženim zrakom. Na višje ležeče gozdove vpliva emisija iz topilnice in iz TE Šoštanj. Dolina dimnikov nad Žerjavom je znana kot eno ekološko najbolj degradiranih območij v Sloveniji. Problem ima tudi mednarodno razsežnost, saj je degradirano območje v neposredni bližini državne meje z Avstrijo. Sancijski program za varstvo zraka v Rudniku in topilnici svinca Mežica že uspešno uresničujejo, kar je velika prednost v primerjavi z Zasavjem in Šaleško dolino. Emisijo prahu so močno zmanjšali že pred desetimi leti, v zadnjih letih pa je poudarek na postopnem zmanjševanju emisije SO<sub>2</sub>.

Največja onesnaževalca zraka v Celjski kotlini sta cinkarna in EMO. V cinkarni so najpomembnejše emisije SO<sub>2</sub> (2183 t/leto), v tovarni EMO pa fluoridi (137 t HF/leto), čeprav tudi emisije drugih škodljivih snovi, ki jih spuščata v zrak obe tovarni, ne smemo zanemariti. Analize prsti v Celju kažejo na povečano prisotnost težkih kovin. V aerosolih v celjskem ozračju so odkrili merljive količine titana. Pomembna je tudi emisija kotlovnice za ogrevanje in drobnih kurišč, ostale industrije ter prometa z motornimi vozili. Najbolj je onesnažen center in vzhodni del mesta. V Celju so se med prvimi v Sloveniji zavedli ogroženosti zaradi onesnaženega zraka na zdravje ljudi, in sprejeli ukrepe za varstvo zraka. Podatki meritev onesnaženosti zraka z žveplovim dioksidom že kažejo pozitivne rezultate sanacije.

Največji onesnaževalec zraka v Ljubljani je termoelektrarna-toplarna (TE-TOL). Analize podatkov o onesnaževanju in o onesnaženosti zraka ter o meteoroloških razmerah pa kažejo, da TE-TOL razmeroma malo vpliva na onesnaženost zraka v Ljubljani (v povprečju okrog 10 %). Zaradi visokega dimnika se škodljive snovi iz to-



Slika 4. Grafični prikaz potreb po namakanju za Novo Gorico v juliju 1988 v mm.

plarne porazdelijo na večjo površino. V večini primerov, ko je na dnu Ljubljanske kotline jezero hladnega zraka (s temperaturno inverzijo), dimni plini iz toplarne prebijajo zaporno plast zraka in ne vplivajo na onesnaženost zraka v Ljubljani. Ob posebnih vremenskih razmerah z dvignjeno temperaturno inverzijo pa TE-TOL lahko močno vpliva na onesnaženost zraka v Ljubljani. Sicer pa na onesnaženost zraka najbolj vplivajo kotlovnice in drobna kurišča za ogrevanje ter promet z motornimi vozili. Najbolj onesnaženo je središče mesta, proti periferiji pa onesnaženost zraka pada. Onesnaženost zraka z žveplovim dioksidom in dimom je npr. v mestnem središču v letnem povprečju 2-krat višja kot na obrobju mesta (Vižmarje). V severnem in severozahodnem delu Ljubljane se čuti tudi vpliv onesnaževanja zraka v Medvodah. Zaradi širjenja omrežja daljinskega ogrevanja, izgradnje mestnih obvoznic in uvajanja zemeljskega plina na račun manj kakovostnih goriv se onesnaženost zraka zlasti v središču mesta zmanjšuje, na obrobju pa se stanje bistveno ne spreminja.

Na lestvici najbolj onesnaženih krajev v Sloveniji se Maribor vztrajno pomika proti vrhu. Po onesnaženosti zraka z  $SO_2$  se je v 11 letih postopoma povzpел z 8. na 4. mesto. V Mariboru ni kakšnih posebno velikih virov onesnaževanja zraka. Pozna se bližina Ruš, ki imajo največjo emisijo prahu v Sloveniji (6400 t/leto). Večina industrije je sicer prešla na uporabo zemeljskega plina. Kljub temu se onesnaženost zraka ne zmanjšuje in postaja vse bolj pereč problem mesta. V drobnih ku-

riščih uporabljajo predvsem nekakovosten domač premog. Na onesnaženost zraka vpliva tudi vse gostejši promet z motornimi vozili, pri čemer je pomemben tudi tranzitni promet.

Obstaja še nekaj manjših območij v Sloveniji, kjer je zrak občasno zelo onesnažen. Vsi ti kraji še niso identificirani. Gre predvsem za neposredno bližino industrijskih obratov. Nekaj takih primerov so delno že sanirali ali pa je v teku izvajanje sanacijskih ukrepov (Ravne na Koroškem, Jesenice, Škofja Loka—Trata, Anhovo). Ni ocen, koliko prispeva (poleg  $SO_2$ ) k onesnaženosti okolja TGA Kidričevo, ki leži na vsestransko ekološko ogroženem Dravskem polju. Poseben primer pa je neposredna bližina prometnih cest. Poleti je v tem pogledu problematična cesta ob Obali.

7. Poročilo o stanju okolja v SR Sloveniji. Poročevalec Skupščine SRS, letnik XVI., št. 5, 1990.
8. Pristov, J., 1978. Dnevni hod koncentracij onesnaženosti zraka v kotlinah. Razprave-Papers, Društvo meteorologov Slovenije, letnik 22, št. 1, Ljubljana.
9. Seljak, J. I., 1990. Ocena emisije  $SO_2$  v Sloveniji v obdobju 1970—88, gradivo Zavoda RS za statistiko, Ljubljana.

## Dušan Hrček Occurrence of High Levels of Air Pollution in Slovenia

The major Slovene cities (Ljubljana, Maribor, and Celje) have polluted air. The highest levels of air pollution are recorded in some smaller towns in narrow valleys (Trbovlje, Hrastnik, Zagorje) and in the vicinity of the largest Slovene thermal electric power station at Šoštanj. The maximum 24 hour average concentration of  $SO_2$  in Trbovlje exceeds  $1 \text{ mg/m}^3$  every year. The main reason for urban pollution is the emission of  $SO_2$  and smoke due to the use of coal for heating. The maximum air pollution occurs in winter under meteorological conditions with temperature inversions and low wind speed lasting for several days.

1. Hrček, D., 1986. Stanje onesnaženosti zraka v Sloveniji. Gozd in okolje — FOREN, jugoslovansko posvetovanje, Ljubljana.
2. Hrček, D., 1989. Zelena knjiga o ogroženosti okolja — zrak. Slovenija 88, SAZU, Ljubljana.
3. Hrček, D., in sodelavci, 1990. Poročilo o onesnaženosti zraka v Sloveniji za obdobje 1. 4. 1989—31. 3. 1990. Hidrometeorološki zavod RS, Ljubljana.
4. Pečenko, A., A. Planinšek, 1989. Onesnaženost zraka z  $SO_2$  v zadnjih dvanajstih letih v Sloveniji. Slovenija 88, SAZU, Ljubljana.
5. Planinšek, A., A. Pečenko, 1989. Trendi onesnaženosti zraka v Sloveniji. Zbornik referatov, I. jugoslovanski kongres o varstvu zraka, Zenica.
6. Podatki Hidrometeorološkega zavoda RS.