

## PREUČEVANJE SPREMINJANJA KONCENTRACIJ SO<sub>2</sub> V ZASAVJU S POMOČJO TRAJEKTORIJ

### STUDY OF SO<sub>2</sub> CONCENTRATION VARIATIONS IN ZASAVJE WITH TRAJECTORIES

Rahela ŽABKAR<sup>1</sup>

(mentor Tomaž VRHOVEC<sup>2</sup>)

prispelo 1.septembra 2000

sprejeto v dokončni obliki 22. novembra 2000

#### POVZETEK

Zasavje je območje v Sloveniji, kjer so koncentracije SO<sub>2</sub> še vedno visoke, saj je tam izrazit vir- Termoelektrarna Trbovlje (TET). Pregledala sem meteorološke in ekološke značilnosti Zasavja ter meritve onesnaženja. Za nekatere termine sem s pomočjo tridimenzionalnih trajektorij ugotavljala, kam vetrovi ženejo onesnaženje iz TET. Z analizo obdobj, v katerih TET ni obratovala, sem ugotovila, kolikšen je vpliv ostalih onesnaževalcev. V teh obdobjih so bile na eni od merilnih postaj v okolici TET izmerjene razmeroma velike koncentracije SO<sub>2</sub>. Za nekaj takšnih terminov sem s pomočjo trajektorij ugotovila, od kod je prišlo onesnaženje. Visoke koncentracije so se ponavadi pojavljale ob severnem vetru, zato sem za te termine preverila tudi kam je veter nesel onesnaženje iz Termoelektrarne Šoštanj (TEŠ), kije tudi velik onesnaževalec zraka z žveplovim dioksidom.

#### SUMMARY

Air pollution by SO<sub>2</sub> remains is still a problem in environmental protection. Zasavje region is one of the most polluted in Slovenia with a large emissions from Thermo-power plant Trbovlje (TET). I studied meteorological and ecological characteristics of Zasavje region and their pollution measurements. I computed 3D trajectories to find out where the wind carries pollution from the TET. I analysed time periods when TET didn't operate to see the effect of other polluters. During these periods high concentrations of SO<sub>2</sub> were measured on one of the stations. I selected some of these cases and used trajectories to find out where the pollution came from. High concentrations were usually present at north wind. I checked whether the wind brings the pollution from Thermal power plant Šoštanj (27.5 km North from Zasavje) and it is like TET, a large contributor to air pollution by SO<sub>2</sub>.

<sup>1</sup> Rahela Žabkar, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Oddelek za fiziko, Katedra za meteorologijo, Jadranska 19, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, rahela.zabkar@fmf.uni-lj.si

<sup>2</sup> Tomaž Vrhovc, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Oddelek za fiziko, Katedra za meteorologijo, Jadranska 19, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, tomaz.vrhovec@uni-lj.si

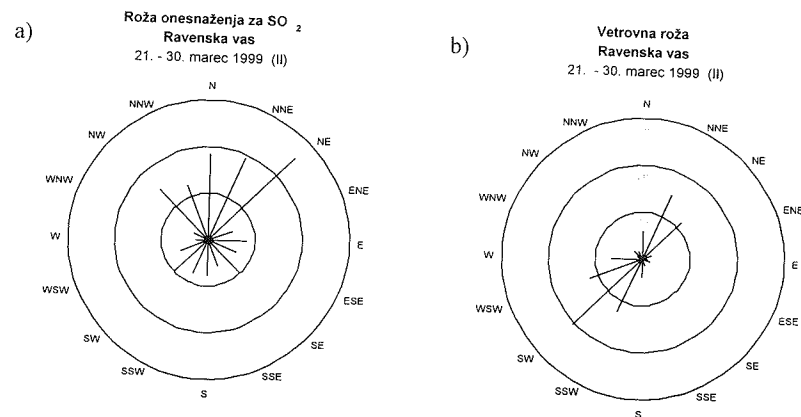
## 1 RAČUNANJE TRAJEKTORIJ

Eden od načinov spremljanja zračnih tokov je računanje trajektorij. Napisala sem program za računanje tridimenzionalnih trajektorij. Uporabljala sem polja vetra, ki jih izračunavajo z dinamično adaptacijo z modelom ALADIN. Resolucija horizontalne mreže točk z vetrom je bila 2,5 km. V vertikalni je bil veter podan na 15 modelskih 7 nivojih, ki so bili pri teh gostejši, z višino pa vse redkejši. (Najvišji nivo pri 27,2 hPa.) Veter je bil na voljo za 6 do 9 ur, v časovnem razmiku 1 ure. Pri računanju trajektorij sem veter v točkah na trajektoriji računala s pomočjo linearne interpolacije po času in po prostoru. Časovni korak  $\Delta t$  med dvema zaporednima točkama na trajektoriji sem določala v vsaki točki posebej tako, da sem dovolila premik največ v sosednji mrežni kvadratak v  $x$  oziroma  $y$  smeri.

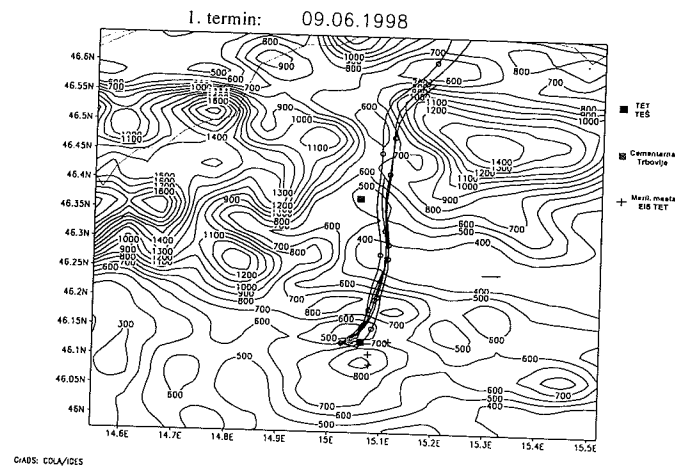
## 2 SPREMLJANJE TRANSPORTA ONESNAŽENEGA ZRAKA S POMOČJO TRAJEKTORIJ

Glavni vir žveplovega dioksida v Zasavju je TET. Zaradi 360 m visokega dimnika je njen vpliv čutiti le na višje ležečih pobočjih in planotah. V okviru merilne mreže EIS TET kvaliteto zraka neprekinjeno spremljajo na štirih merilnih mestih (Kovk, Kum, Dobovec, Ravenska vas). Na teh mestih sem ocenila vpliv TET ter vpliv ostalih onesnaževalcev zraka s SO<sub>2</sub>. V letih 1998 in 1999 sem poiskala 5 najdaljših obdobj (dolgi od 7,7 do 31 dni), ko TET ni obratovala. V Ravenski vasi so se tudi tedaj, ko TET ni obratovala, občasno pojavljale visoke koncentracije SO<sub>2</sub>. Rože onesnaženja so pokazale, da onesnažen zrak v teh obdobjih večinoma prihaja iz N-NE smeri.

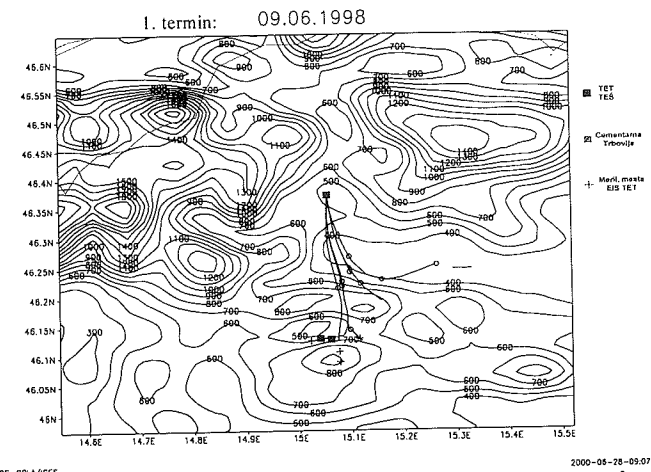
Vire onesnaženja sem tako poskušala najti v tej smeri. Prvi možen vir bi lahko bila Cementarna, ki se nahaja v smeri NE, malo več kot 1 km stran. Toda njene emisije SO<sub>2</sub> so bistveno manjše od emisij TEŠ, ki leži severno od Ravenske vasi, v oddaljenosti 27,5 km. S pomočjo trajektorij sem tako poskušala preveriti, če bi veter onesnažen zrak lahko prinesel iz TEŠ. Trajektorije, izračunane za štiri izbrane termine, ko so bile koncentracije v Ravenski vasi povišane, so pokazale, da bi v dveh terminih onesnaženje lahko prišlo iz TEŠ, v preostalih dveh pa ne. Glede na to, da so v vseh terminih izračunane trajektorije potekale preko Cementarne, bi onesnaženje lahko izviralo tudi od tod. Tudi v obdobjih, ko nista obratovala niti TET niti blok 5 TEŠ, razmere v Ravenski vasi niso bile bistveno drugačne. Trajektorije torej kažejo, da bi v nekaterih terminih onesnaženje lahko prišlo tako iz Termoelektrarne Šoštanj kot iz Cementarne. Glede na to, da so bile koncentracije visoke tudi v času, ko blok 5 TEŠ ni obratoval, lahko sklepamo, da del onesnaženega zraka gotovo prihaja iz Cementarne.



Slika 1. a) Roža onesnaženja - povprečna koncentracija SO<sub>2</sub> ob vetru iz posamezne smeri - za merilno mesto Ravenska vas v obdobju, ko TET ni obratovala. b) Vetrovna roža za isto obdobje.  
 Figure 1. a) Air pollution »rose« - concentrations of SO<sub>2</sub> according to the wind direction - for measuring station Ravenska vas in a period when termo-plant Trbovlje did not work. b) Wind rose for the same period.



Sliki 2. Trajektorije nazaj za Ravensko vas. Najvišja polurna koncentracija SO<sub>2</sub> 9.6.1998 je bila 265 µg/m<sup>3</sup> ob 4.00. Narisane trajektorije nazaj se v Ravenski vasi nahajajo ob 0.30, 1.30, 2.30, 3.30, 4.30 in 5.30 uri. Vse potekajo blizu TEŠ Šoštanj in preko Cementarne Trbovlje.  
 Figure 2. Backward trajectories for Ravenska vas. Highest half-hour SO<sub>2</sub> concentration on June 9<sup>th</sup> 1998 was 265 µg/m<sup>3</sup> at 04.00. Plotted trajectories are in Ravenska vas at 00.30, 01.30, 02.30, 03.30, 04.30 and 05.30 hour. All pass close to termo-plant Šoštanj in concrete plant Trbovlje.



Slika 3. Trajektorije naprej iz TEŠ. Najvišja polurna koncentracija SO<sub>2</sub> 9.6.1998 je bila 265 µg/m<sup>3</sup> ob 4.00. Dve trajektoriji, izračunani ob 2.00 in 3.00 iz TEŠ, se v Zasavju nahajata približno v času maksimuma konc. SO<sub>2</sub> v Ravenski vasi, tri pa gredo mimo Zasavje.  
 Figure 3. Forward trajectories for termo-plant Šoštanj. Highest half-hour SO<sub>2</sub> concentration on June 9<sup>th</sup> 1998 was 265 µg/m<sup>3</sup> at 04.00. Two trajectories, computed from termo-plant Šoštanj at 02.00 and 03.00 pass the region of interest – Zasavje – very close to the peak concentration of SO<sub>2</sub> in Ravenska vas, while three of them do not cross the Zasavje region.

## LITERATURA

- Čuhalev, I., 2000: *Ocena ekoloških sanacijskih ukrepov in stanje onesnaženosti zraka na vplivnih območjih termoenergetskih objektov od leta 1995 do 1998*, Elektroinštitut Milan Vidmar, Ljubljana
- Čuhalev I., Šušteršič A., Kokalj A., 1999.: *Rezultati meritev imisijskega in emisijskega obratovalnega monitoringa TE Trbovlje*, Strokovno poročilo, Elektroinštitut Milan Vidmar, 4 zvezki: maj 1999, junij 1999, julij 1999, avgust 1999.
- Paradiž B., Maček J., Zupančič T., 1972: *Ugotovitve o onesnaženosti zraka v Zasavju, vzrokih in posledicah*, Hidrometeorološki zavod RS, Ljubljana.
- Žagar M., 1999: *Napovedovanje pojavov majhnih razsežnosti z dinamičnim prilagajanjem*, disertacija v somentorstvu, Univerza v Ljubljani, FMF, Ljubljana.