

■ Prometno obremenjevanje ozračja

Matej Ogrin

Razvitost neke družbe je močno povezana z razvitostjo prometa v njej. Kljub temu, da prometni sistem pozna več podsistemov, v razvitem svetu za prevoz ljudi močno prevladuje cestni promet. V Sloveniji kar 93 % vseh kopnih potovanj opravimo z osebnim avtomobilom, kar nas uvršča na prvo mesto v EU, kjer znaša povprečje 82 % (Transport and energy ... 2007). Vse to neizbežno vpliva na obremenjevanje okolja. Poleg onesnaževanja ozračja, ki se mu bomo posvetili v tem poglavju, je tu še prostorski vidik, ki se nanaša na porabo prostora. V mestih je mirujoč promet zelo velik problem, saj je prostor tam dragocena vrednota, gostota prometa in vozil pa zelo velika. Široke avtoceste in obsežna parkirišča so večinoma na ravnih tleh, kjer je za več desetletij onemogočena druga raba tal, za kmetijstvo pa so taka tla močno degradirana za več generacij. Upoštevati moramo tudi delitev prostora in hrup, ki postaja poleg onesnaževanja ozračja glavni problem prometnega obremenjevanja v mestih. Na koncu, vendar ne nazadnje, moramo omeniti tudi prometne nesreče in socialni vidik prometa, ki ga prinašajo izgube, povezane z nesrečami. Vidimo torej, da je vpliv prometa na okolje in družbo kompleksen in večplasten.

Vidiki prometnega onesnaževanja

Proučevanje prometnega onesnaževanja ozračja ima veliko vidikov, ki se med sabo dopolnjujejo in tudi prepletajo. Opredelili smo naslednje vidike:

- **Proučevanje izpustov, ki jih povzročajo promet**

Vpliv prometa na ozračje je odvisen od vrste prometa in tehnologije, ki ga omogoča. Do izuma parnega stroja o prometnem onesnaževanju ozračja težko govorimo, danes pa je to poleg nesreč najpomembnejši neželeni vpliv prometa na okolje in družbo. Proučevanje onesnaževal in njihovih količin v zraku postaja pomemben del raziskav na področju globalnega onesnaževanja ozračja. Zelo pomembno je tudi proučevanje součinkovanja onesnaževal med sabo in z drugimi sestavinami v zraku, na primer smog in fotokemični smog, tvorba lebdečih delcev ali nastanek kislega dežja.

- **Prostorsko proučevanje kakovosti zraka**

Prostorski vidik onesnaževanja ozračja je zelo pomemben, saj nam pove, kakšna je kakovost zraka v prostoru. Pokaže nam povezavo med onesnaževanjem pri virih, širjenjem onesnaževal v prostoru in kakovostjo zraka na poljubni lokaciji. Industrija in energetika predstavljata točkovne vire onesnaževanja, ki jih je lažje nadzirati in upravljati kot promet. Če k energetiki štejemo tudi individualna kurišča vidimo, da je industrijsko onesnaževanje z vidika evidentiranja virov najlažje obvladljivo, sledi energetika, na zadnjem mestu pa je promet. Promet na enoto vira sicer proizvaja

precej manjše izpuste, a je število virov neprimerno večje, poleg tega je glavna značilnost prometa, da se med proizvodnjo izpustov vir premika, torej gre za mobilne vire. Urbana naselja in mesta so območja dnevnega zgoščevanja prometa, kjer prihaja do velikih gostot virov na nekem območju, zato so tam negativni vplivi onesnaževanja največji. Prostorski vidik prometnega onesnaževanja izpostavlja tudi razlikovanje prostora in prostorskih enot na podlagi bližine prometnih virov, vrste prometa, ki po njih poteka, in kakovosti zraka.

- **Proučevanje negativnih vplivov na zdravje ljudi, živali in na rastline**

Onesnažen zrak z dihanjem vstopa v žive organizme in v odvisnosti od vrste in količine onesnaževal povzroča različne negativne učinke. Lahko pa na živi svet deluje tudi preko stika oziroma preko kislih padavin, ki izpirajo onesnaževala v obliki kislega dežja, pa tudi kot suko usedanje. Ugotavljanje negativnih vplivov na rastlinah in epidemiološke študije, povezane z vplivom prometnega onesnaževanja na zdravje ljudi, postajajo vse pomembnejše orodje ozaveščanja politikov in širše javnosti. Promet se pogosto omenja kot pomemben vir onesnaževal, ki marsikje povzroča porast bolezni in celo smrtnih primerov pri ljudeh, pri rastlinah pa poškodbe, ki lahko pri poljedelstvu povzročijo zmanjšan pridelek.

- **Proučevanje tehnik merjenja onesnaževanja**

Za natančen opis stanja kakovosti ozračja je nujno potrebno opravljati kakovostne meritve. Zanje velja, da nam dajejo kakovostno informacijo, kar pomeni, da mora biti točna in reprezentativna. Točnost dosežemo z ustreznimi fizikalno-kemijskimi metodami zajemanja vzorcev in preračunavanja zajetih količin. Reprezentativnost pa dosežemo z izvajanjem meritev na mestu, ki je reprezentativno za okolje, ki ga hočemo zaobjeti v raziskavi, in z ustrežno dolžino trajanja meritev. Zelo dobro je, če je merilnih mest več. To zlasti velja v mestih, kjer je raznolikost prostora velika, prav tako pa je velika tudi zgostitev virov. Poleg tega je njihova razporeditev neenakomerna, zato je zelo pomembno, da merimo na več lokacijah, ki se po rabi prostora razlikujejo in predstavljajo tipična mestna okolja. V bolj homogenem podeželskem prostoru, kjer ni večjih točkovnih virov, so lahko merilna mesta redkeje postavljena, vendar ni s tem reprezentativnost nič manjša.

- **Odnos družbe do prometa**

Zelo pomemben vidik pri prometnem onesnaževanju ima družba, ki je pravzaprav glavni vzrok za promet. Odnos družbe do rabe različnih vrst prometa in, posledično, odnos politike, ki sprejema odločitve, sta zelo pomembna pri posledicah prometnega onesnaževanja. Danes živimo v svetu, ki močno podpira individualni motorizirani promet, množični javni promet je v razvitih državah vse bolj domena manj premožnih slojev ali ljudi, ki ne morejo voziti avtomobila. Le v nekaterih večjih mestih so kmalu spoznali, da prevelika zgostitev motornega prometa na majhnem prostoru povzroča številne negativne učinke, ki ekonomsko presegajo pozitivne, četudi se zunanji stroški prometa ne upoštevajo. Izven velikih mest v razvitem svetu prometna politika še vedno spodbuja individualni cestni promet in cestni tovorni promet. V državah v razvoju, kot so Indija, Kitajska, Brazilija in druge, pa ima javni promet še vedno pomembno vlogo. Tam je prometni sistem še vedno vezan predvsem na javni promet, lahko bi rekli, da je tudi bolj trajnosten. Vendar se z gospodarsko rastjo težnje motorizacije in individualnega prevoza iz razvitih držav počasi selijo tudi v te dele sveta.

V nadaljevanju se bomo posvetili prostorskemu vidiku prometnega onesnaževanja, ki je v času vse večje motorizacije in v Sloveniji tudi vse večje odvisnosti od cestnega prometa zelo pomembno. Prometno onesnaževanje ozračja se začne z izpustom (emisijo) izpušnih plinov v ozračje. Ti plini so posledica izgorevanja goriv v motorjih vozil. Poleg plinov se v zrak sproščajo tudi delci, ki niso nujno povezani z izgorevanjem goriv, pač pa tudi z obrabo delov vozil (na primer pnevmatik, zavor) in dviganjem prahu in soli s cestišč. Lahko pa nastajajo tudi v zraku. Po izpustih v zrak se te snovi v ozračju širijo in onesnažujejo zrak na širšem območju. V zraku se zadržijo različno dolgo – od nekaj ur, pa do več let. Snovi, ki v zraku ostanejo kratek čas, so na primer večji delci in neobstojni plini. Večji delci se hitro usedejo na tla, neobstojni plini, kot je na primer dušikov monoksid, pa hitro reagirajo z drugimi plini v zraku. Druge snovi lahko ostanejo precej dlje, kot na primer ogljikov dioksid ali pa zelo majhni delci (Ogrin, 2007).

Da onesnaževalo pride od vira do bolj oddaljene točke v prostoru, mora priti do njegovega prenosa, ki je v ozračju pogosto povezan z njegovim redčenjem. Tudi kadar ni vetra, prihaja do redčenja onesnaževala, saj molekule zraka in onesnaževala ves čas migetajo. Če je velikost molekul onesnaževala podobna velikosti molekul zraka, imenujemo to mešanje difuzija, če pa so molekule onesnaževala precej večje, pa tako mešanje imenujemo Brownovo gibanje. S stališča redčenja onesnaževala oba pojava imenujemo s skupnim izrazom molekularna difuzija (Csanady, 1973). Onesnaževala po zraku potujejo tako z molekularno kot s turbulentno (vrtinčno) difuzijo, pri čemer je slednja prevladujoča, saj je približno 10.000-krat močnejša od molekularne difuzije. Zaradi tega molekularno difuzijo ponavadi zanemarimo (Petkovšek, Vrhovec, 2000).

Pomembno vlogo ima tudi prevetrenost območja; tako so ponekod, na primer v majhnih, zaprtih kotlinah in dolinah, ali pa v predorih in galerijah, lahko že majhni izpusti dovolj veliki, da so koncentracije visoke. V tem je tudi razlika med zimskimi in poletnimi meteorološkimi stanji v neprevetrenih nižinah, saj je ozračje poleti precej bolj prevetreno in premešano kot pozimi, zato so koncentracije onesnaževal (razen ozona) pozimi navadno višje. Na koncentracije onesnaževal v zraku vplivajo tudi padavine, ki onesnaževala iz zraka izpirajo. Kadar pogosto dežuje, je zrak praviloma čistejši kot tedaj, kadar je daljše suho obdobje.

Po drugi svetovni vojni je motorizirani promet postal ena najhitreje rastočih človekovih dejavnosti. Postal je simbol razvite družbe. Železniški promet je doživel hiter razvoj že prej, prav tako pomorski, cestni promet pa je v povojnih desetletjih doživel precej hitrejši razvoj kot kdaj koli prej in hitro pridobival na pomembnosti. Tudi letalski promet je začel močno naraščati šele v drugi polovici prejšnjega stoletja. Danes živimo v obdobju, ko je cestni promet daleč najbolj prevladujoč prometni podsistem in tako na globalni (planetarni) kot tudi na regionalni in marsikje tudi na lokalni (mesta, somestja) ravni predstavlja enega največjih porabnikov končne energije in onesnaževalcev ozračja.

Promet je postal pomemben onesnaževalec ozračja in z izgorevanjem fosilnih goriv prispeva naslednja onesnaževala (Farrington, 1994):

- ogljikov dioksid (CO_2),
- ogljikov monoksid (CO),
- dušikove okside (NO_x),

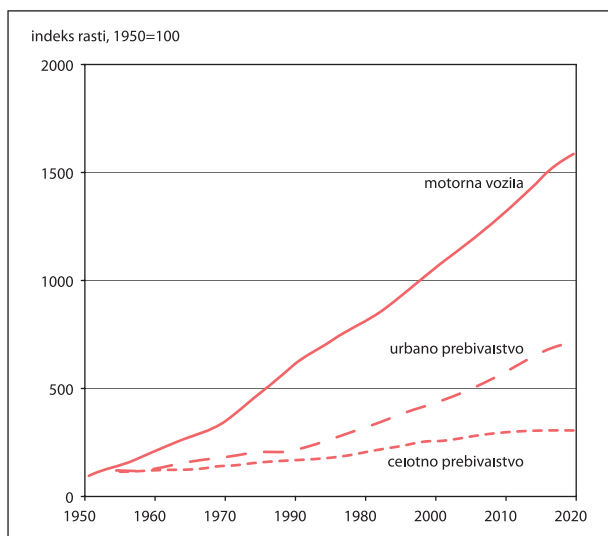
- ogljikovodike (C_xH_x),
- žveplov dioksid (SO_2),
- svinec (Pb) (pomemben nekoč),
- lebdeče delce.

Skupno se v ozračje sprošča približno 200 različnih snovi, od katerih je povsem neškodljivih razmeroma malo. Ena takih je na primer voda (Majcen, 2001). Škodljive snovi so lahko produkti izgorevanja snovi, ki so sestavni del goriv (na primer ogljik, ki se veže v ogljikov dioksid), lahko pa nastanejo iz sestavin v zraku, ko zrak sodeluje v procesih izgorevanja (na primer dušikovi oksidi), ali kot drugotna (sekundarna) onesnaževala (na primer ozon). Promet je postal zelo pomemben pri globalnih izpustih toplogrednih plinov. Rotthengater (2003) navaja, da je v EU po podatkih Eurostata leta 1999 promet povzročil 29 % celotnih izpustov ogljikovega dioksida, od tega 24 % cestni promet. V ZDA je leta 1997 promet prispeval 31 % ogljikovega dioksida in 20 % dušikovega monoksida (EPA, 2001). Zelo pomemben je promet tudi pri izpustih dušikovih oksidov, katerih večino na koncu predstavlja dušikov dioksid. Po nekaterih ocenah predstavlja 45 % vseh emisij teh plinov (Seinfeld in Pandis, 1998), po drugih pa je ta delež večji od 50 %. Po podatkih ameriške okoljske agencije EPA znašajo skupne emisije dušikovih oksidov iz prometa 55 % (EPA, 2001). Isti vir navaja, da promet prispeva 78 % celotnega ogljikovega monoksida in 45 % ogljikovodikov v zraku. Delež prometa pri emisiji vseh delcev vrste PM 2,5 naj bi znašal manj kot 30 % (EPA, 2001).

Fotokemični smog

V 20. stoletju je pozornost pritegnilo tudi onesnaževanje zraka v večjih mestih poleti. V tem primeru je šlo za trajen sloj onesnaženega zraka nad mestom (bolj trajen kot pri londonskem smogu), ki je »ležal« oziroma lebdel nad mestom. V prvih desetletjih 20. stoletja je ta sloj povzročala kombinacija neposredno izpuščenega londonskega smoga s kemičnim onesnaževanjem ozračja. Vse skupaj so poimenovali fotokemični smog. Fotokemični smog je smog, ki za svoj nastanek poleg prvotnih virov potrebuje še medsebojno reagiranje izpuščenih snovi pod vplivom svetlobe. Prav svetlobna energija je ključnega pomena za nastanek nekaterih novih snovi, ki sicer ne bi nastale. Dim so povzročale tovarne, kemično onesnaževanje pa je poleg tovarn prihajalo tudi iz prometa. Leta 1903 je bil sloj dima nad Los Angelesom tako debel, da so ljudje mislili, da je Sončev mrk (SCAQMD, 2000).

Avtomobilski promet je postopno naraščal in prevzemal vse večji delež onesnaževanja v primerjavi z onesnaževanjem, ki ga je povzročal dim. Danes je glavni vir fotokemičnega smoga v evropskih in severnoameriških mestih prav promet. Kljub uvedbi katalizatorjev, ki so skupne izpuste določenih onesnaževal na vozilo dejansko zmanjšali, pa delež skupnih prometnih izpustov še narašča. Pod pritiskom mednarodnih pogodb in vse višjih okoljevarstvenih standardov namreč izpusti drugih dejavnosti (industrija, pretvorniki) padajo hitreje kot pri prometu. Pri prometu so zaradi porabe fosilnih goriv problematični zlasti izpusti ogljikovega dioksida. Porabo lahko omejujemo le z varčnimi avtomobili in manj vožnje oziroma z večjo uporabo javnega prometa, noben ukrep pa še ni prinesel odločilnega napredka. Promet kot dejavnost je danes tudi precej težje usmerjati in



Slika 28:

Relativna rast svetovnega prebivalstva in števila vozil v obdobju 1950–2020.

Vir: Colls, 2002, str. 102.

regulirati kot na primer industrijo, saj je uporaba prometnih sredstev množična in vsakodnevna. Vsak ukrep omejevanja bi pomenil korenito spremembo življenjskega sloga, ki gre še vedno v smeri povečane mobilne svobode – v največji meri z osebnimi vozili na fosilna goriva.

Slika 28 nazorno kaže hitrejšo rast motorizacije od rasti svetovnega prebivalstva in težko bi našli državo, kjer se s takimi trendi ne srečujejo. Motorizacija v svetu hitro narašča, danes predvsem v državah v razvoju, saj so razvite države že dosegle visoko stopnjo motorizacije. Razlike med razvitimi državami in hitro se razvijajočimi so zelo velike, zato lahko pričakujemo, da bodo države v razvoju, katerih gospodarska rast že nekaj časa prehiteva rast razvitih držav, sledile razvoju razvitih. V želji po boljšem življenjskem standardu bodo prometni izpusti v ozračje v tem delu sveta verjetno naraščali vse hitreje.

V Sloveniji je prometno onesnaževanje ozračja primerljivo z razvitimi evropskimi državami. V primerjavi s svetovnimi deleži izpustov je po dejavnostih delež prometnih izpustov v razvitih državah večji, saj je industrije relativno manj. Industrija, ki močneje obremenjuje ozračje z izpusti, je v Sloveniji deloma propadla, deloma pa se je prestrukturirala in prilagodila okoljskim zahtevam po omejevanju izpustov. To je dosegla s čistejšo tehnologijo in nadzorom nad izpusti. Energetika, ki je prav tako pomemben vir onesnaževanja ozračja, je bila večinoma uspešna pri zniževanju izpustov žvepla, nikakor pa pri izpustih ogljikovega dioksida in dušikovih oksidov. Tehnološke rešitve obetajo zniževanje izpustov dušikovih oksidov, medtem ko zniževanje izpustov ogljikovega dioksida pomeni predvsem prestrukturiranje k obnovljivim virom energije in povečanje energetske učinkovitosti, vse glasnejši pa so tudi zagovorniki v zadnjih letih odrinjene jedrske tehnologije. Promet pa še vedno narašča, kar velja tudi za Slovenijo. Kljub vse sodobnejšemu voznemu parku, ki zagotavlja manjše izpuste, porast prometa upočasnjuje padec skupnih izpustov in jih zaradi zgoščevanja prometa in zastojev celo povečuje. Promet postaja vse pomembnejši dejavnik onesnaževanja ozračja. V Sloveniji

je leta 2005 porabil 30,8 % končne energije. Izpusti ogljikovega dioksida iz prometa so leta 2005 znašali 28,8 %, izpusti dušikovih oksidov 61,3 %, izpusti skupnih trdih delcev pa 59,6 % skupnih izpustov (Energetska bilanca RS, 2006). Stopnja motorizacije v Sloveniji je v letu 2008 presegla 500 osebnih vozil na 1000 prebivalcev, kar nas uvršča v najbolj razvite prometne dele Evrope.

Resnih študij, ki bi se ukvarjale z vplivom prometnega onesnaževanja ozračja na kakovost zraka v gostejši prostorski mreži meritev, je bilo v Sloveniji do sedaj malo. Oddelek za geografijo Filozofske fakultete v Ljubljani je v sodelovanju z Agencijo RS za okolje izvedel poletne in zimske meritve kakovosti zraka z difuzivnimi vzorčevalniki, s katerimi je lahko postavil gosto mrežo meritev v različnih tipih prostora ob cestah. Šlo je za:

- cestne koridorje, torej zaprte predele, za katere je značilno slabo mešanje ozračja in s tem slabe samočistilne sposobnosti,
- odprt prostor ob cestah, torej območja, kjer se izpusti iz prometa lahko nemoteno širijo po prostoru v skladu z meteorološkimi pogoji v ozračju,
- ozadje, to so območja, ki so dovolj daleč od vseh večjih virov onesnaževanja, da neposrednega vpliva le-teh ne čutijo. Je pa zaznaven njihov posredni vpliv.

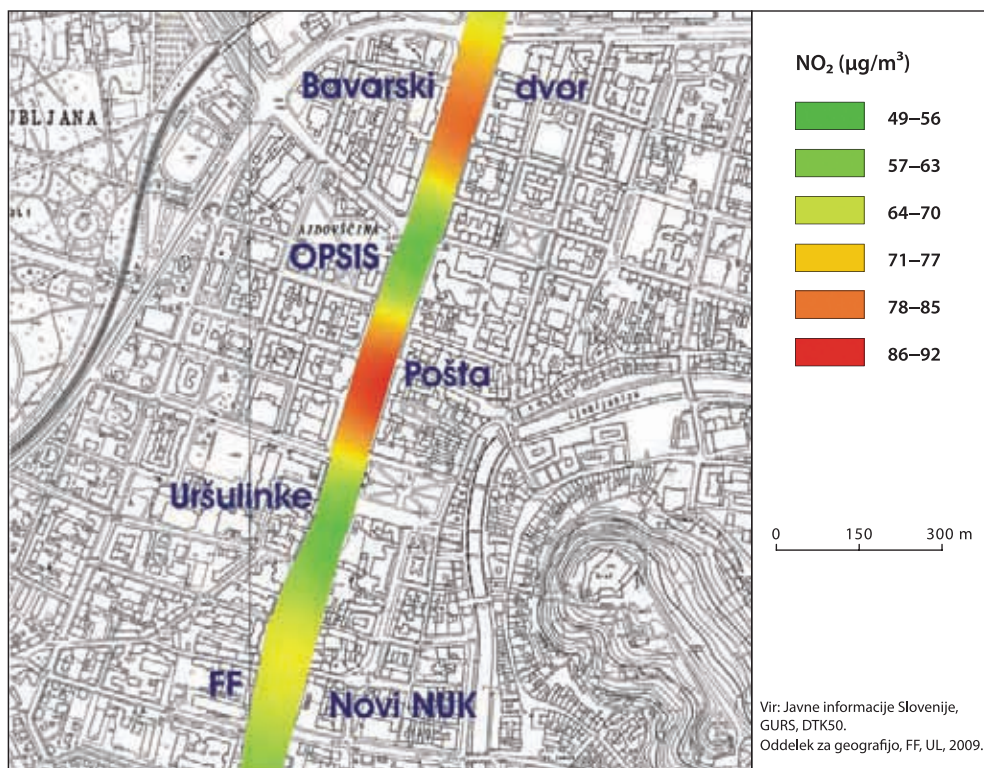
Nekatere študije so ozadje delile tudi v podtipе, kot na primer: mestno ozadje, predmestno ozadje in podeželsko ozadje (Projekt SILAQ, 2009).

Cestni koridorji

Ugotovitve so pokazale, da so razmere zaskrbljujoče v cestnih koridorjih, ki se večinoma pojavljajo v gosto naseljenih območjih, na primer mestih. Cestni koridor Slovenske ceste v Ljubljani je na letni ravni v letih 2005 in 2006 izkazal do okoli 100 % višje povprečne koncentracije dušikovega dioksida od dopustnih. Na tem območju se ljudje zadržujejo dnevno in množično in to v času največjih prometnih obremenitev. Ponoči, ko je prometa bistveno manj, ljudi tam skorajda ni. Skrb vzbuja tudi dejstvo, da imajo ob podobnem koridorju na Aškerčevi cesti v Ljubljani neposredno nad cesto svoje prostore šole in fakultete ter zdravstveni dom, kar kaže na zanemarjanje tovrstnih problemov. Rezultati tudi kažejo, da cestni koridorji v Ljubljani terjajo učinkovito in hitro sanacijo kakovosti zraka. Visoke koncentracije dušikovega dioksida v mestnem središču so posledica prometa v mestu in ne regionalnega prenosa onesnaževal, na kar zgovorno kažejo precej nižje koncentracije ob cestah zunaj cestnega koridorja in zunaj mesta. Celo ob zahodni ljubljanski obvoznici, ki sodi med najbolj obremenjene cestne odseke v Sloveniji, smo namerili nižje koncentracije. Na območjih s cestnimi koridorji velja, da že zelo nizke prometne obremenitve, na primer nad 5000 vozil dnevno, lahko povzročijo zelo visoke koncentracije dušikovega dioksida, če pa dnevne obremenitve presežejo 10.000 vozil, preseganje mejnih vrednosti postane stalno.

Dnevno po odseku Slovenske ceste pelje okoli 17.000 vozil (Podatki o številu ... 2006); mejna koncentracija dušikovega dioksida v času meritev je bila 48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, kar pomeni, da je bila kakovost zraka povsod nad dopustno mejo. Meritve so pokazale, da je cestni koridor na začetku Poljanske ceste kljub delni omejitvi prometa močno onesnažen z

Slika 29: Povprečne koncentracije dušikovega dioksida v cestnem koridorju Slovenske ceste na letni ravni.



dušikovim dioksidom in je od vseh merilnih mest v raziskavi dosegel najvišje povprečne koncentracije. Povprečni dnevni promet na tem odseku je v času meritev po podatkih MOL zanašal le okoli 8600 vozil (Podatki o številu ..., 2006).



Slika 30:
Cestni koridor Slovenske ceste sodi med najbolj obiskana območja v Ljubljani.

Odprt prostor ob cestah

Odprt prostor ob cestah je tisto območje, kjer ni bistvenih učinkov zgoščanja koncentracij zaradi goste pozidave. Koncentracije prometnih onesnaževal so odvisne predvsem od prometnih izpustov in vetrovnosti. Ta tip prostora je zelo pogost, saj je pravih cestnih koridorjev malo. Na podeželju, kjer so ceste praviloma manj obremenjene in so tudi koncentracije ozadja nižje, so koncentracije dušikovega dioksida na merilnih mestih marsikje nizke. Koncentracije dušikovega dioksida v 10-metrskem pasu le redko presegajo mejne vrednosti, saj večina cest beleži prometne obremenitve manjše od 15.000 vozil dnevno. V mestih pa se je pokazalo, da so koncentracije lahko zelo visoke in lahko presegajo mejne vrednosti. Zlasti to velja za vpadnice z dnevnimi zastoji, kot je bila v času meritve Celovška cesta v Ljubljani. Ker je ob cestah navadno dovolj prostora, ob njih v neposredni bližini potekajo tudi pločniki in kolesarske steze, zato so taka merilna mesta tudi pokazatelj kakovosti ozračja, ki so mu izpostavljeni pešci in kolesarji. Tam, kjer so koncentracije visoke, je smiselno opraviti meritve prečnega profila, da se ugotovi vpliv cestnega onesnaževanja na okoliški prostor in temu primerno izvedejo ukrepi, ki vodijo k zmanjšanju onesnaževanja. Vsekakor je z vidika izpostavljenosti ljudi prometnim onesnaževalom neprimerno graditi kolesarske steze ob prometno bolj obremenjenih cestah.

Slika 31:

Ob stari magistralni cesti pri Radovljici je dovolj odprtega prostora, zato ni prihajalo do zgoščanja onesnaževal neposredno ob cesti.



Koncentracije dušikovega dioksida v ozadju in urbanem ozadju

Primerjava vrednosti koncentracij v urbanem ozadju je vprašljiva, saj je ta prostor zelo raznolik. Gre za to, da se posamezna območja, ki sodijo v tip urbanega ozadja, nahajajo v zelo različnih okoljih ter različno daleč stran od različno velikih virov. Vseeno pa tako urbano ozadje kot tudi neurbano ozadje sodita med najmanj onesnažena območja, kadar gre za onesnaževanje z dušikovim dioksidom.

Pri ozadju lahko ločimo še urbano ozadje od »pravega« oziroma neurbanega ozadja. Pri urbanem ozadju gre za mestne parke, stanovanjske soseske in druga mestna območja, ki so razmeroma blizu virom onesnaževanja ozračja, pri neurbanem pa za predele, ki so več kilometrov odmaknjeni od večjih antropogenih virov, na primer v gozdovih, v

hribovjih in v gorah. Tam so koncentracije dušikovega dioksida večinoma okoli ali pod $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Urbano ozadje je bolj onesnaženo, pokazalo se je celo, da je zrak ob malo do zmerno obremenjenih cestah na podeželju lahko manj onesnažen z dušikovim dioksidom kot nekatera območja urbanega ozadja. Razlog je ta, da je v mestih virov več in so močnejši. Nad mesti se pogosto oblikuje pokrov fotokemičnega smoga, kjer imajo dušikovi oksidi pomembno vlogo. Pod tem pokrovom so sicer območja različne onesnaženosti, nikjer pa ni ozračje zelo čisto. Ne samo promet, tudi ogrevanje in industrija povzročata točkovno pomembne vire onesnaževanja. Na podeželju, v odsotnosti goste poselitve in drugih večjih virov, so malo do zmerno obremenjene ceste premajhen vir, da bi bil okoliški zrak bolj onesnažen kot nekatera območja urbanega ozadja v mestih. Merilna mesta urbanega ozadja so lahko zelo različna in zanje velja le to, da so bolj oddaljena od večjih virov, v našem primeru cest. Meritve so pokazale, da ta območja sicer niso tako onesnažena kot občestni prostor, vseeno pa koncentracije lahko dosežejo visoke in občasno celo previsoke vrednosti. To velja zlasti za območja večjih mest.

Prečni profili koncentracij dušikovega dioksida

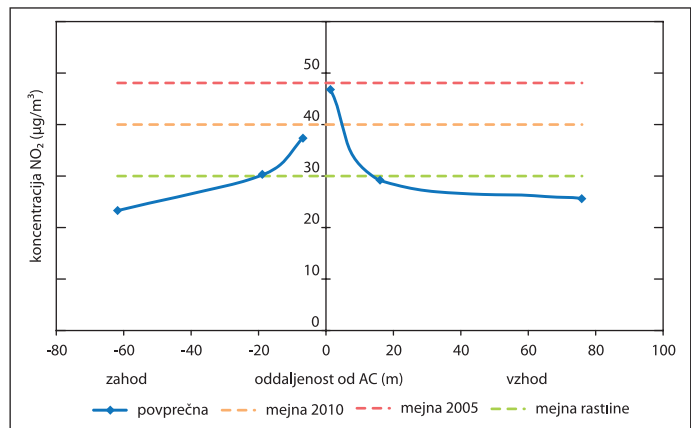
Meritve prečnega profila so potekale v Radovljici in Vrbnjah, na dnu severozahodnega zgornjega dela Ljubljanske kotline. Meritve smo opravljali na 14 merilnih mestih. Od tega sta bili dve merilni mesti v ozadju, po šest pa smo jih postavili na vsako stran magistralne ceste Lesce–Črničev v obliki prečnega profila. Tako smo dobili profil s koncentracijami dušikovega dioksida na različnih razdaljah od ceste, ki je v tem primeru močno prevladujoč vir tega onesnaževala. Dve merilni mesti na strani, kjer so Vrbnje, sta bili nasilno odstranjeni in uničeni, tako da je v prečnem profilu ostalo 10 merilnih mest, ki so na srečo »preživela« merilno kampanjo.

Prečni profil smo dopolnili z dvema mejama, ki prikazujeta raven onesnaženja na merilnih mestih v ozadju. Popolna primerjava je mogoča le na južni strani, kjer je krivulja sklenjena. Razlika med vsako od ravnih črt do krivulje na osi y nam pove približen doprinos ceste kot vira h koncentraciji dušikovega dioksida na različni razdalji od ceste. Z ravnih črt na grafu vidimo, da tudi meritve v ozadju niso enotne. Koncentracija prečnega profila na razdalji po približno 180 metrih v Vrbnjah skoraj doseže izmerjeno v ozadju v Vrbnjah. Tako je s slike 32 mogoče razbrati podoben potek koncentracije z razdaljo na obeh straneh ceste, pri čemer je na strani, kjer so Vrbnje, krivulja prekinjena zaradi dveh manjkajočih merilnih mest. Na razdaljah 2 in 3 so bili vzorčevalniki nasilno odstranjeni.

Na razdalji 2–3 metrov smo dobili povprečno koncentracijo $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Na razdalji 57–60 metrov je ta padla na $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in na najbolj oddaljenem merilnem paru, na razdalji 172–179 metrov, le še na $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Padec koncentracij je pričakovan, v času kampanje pa niti cesti najbližji merilni par ni bil izpostavljen prekomerni onesnaženosti z dušikovim dioksidom, ki je za leto 2006 znašala $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kljub razmeroma visoki povprečni letni prometni obremenitvi, ki je bila med kampanjo 26.232 vozil dnevno (Arhiv DRSC), glede na izmerjene koncentracije tudi mejna koncentracija za varstvo rastlin ni bila presežena, razen tik ob cesti.

Slika 32:

*Potek koncentracij
dušikovega dioksida
na profilu Vrbnje–
Radovljica*



Cestni promet - netrajnostno naravnan prometni sistem

Tako v Sloveniji kot tudi drugje v razvitem delu se srečujemo z rastjo prometa, ki pa je v zadnjih letih še hitrejša v nekaterih predelih držav v razvoju, na primer na Kitajskem. Prometno onesnaževanje z dušikovim dioksidom je v Sloveniji zelo problematično v mestih, zlasti v cestnih koridorjih in vzdolž vpadnic s pogostimi zastoji. Tam so vplivi na zdravje ljudi negativni in koncentracije dušikovega dioksida nad dopustnimi. Vse preveč zanemarjamo dejstvo, da je prometno onesnaževanje tihi ubijalec. Znani so podatki iz nekaterih evropskih držav, kot so Francija, Nemčija in Švica, da onesnažen zrak zahteva več žrtev kot prometne nesreče (Otorepec, Gregorič, 2007). Glavno vlogo pri onesnaževanju zraka v mestih pa ima promet. Množičnost virov v mestih povzroča tudi lokalno visoke koncentracije v urbanem ozadju, kjer so stanovanjske soseske, parki in druge mirnejše mestne površine, kar še dodatno vpliva na izpostavljenost ljudi. Ob cestah v odprtem prostoru so vplivi tovrstnega onesnaževanja manjši in zaenkrat še omejeni, ker pa prometni tokovi naraščajo, se lahko problemi s prometnim onesnaževanjem v prihodnjih letih pojavijo tudi ob takih cestah. V neurbanem ozadju so koncentracije dušikovega dioksida zelo nizke, večinoma okoli ali pod $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Da bi se izognili tem težavam, je nujen preskok pri obravnavanju prometa na celovit način. Na promet ne smemo gledati zgolj kot na tehnično stroko, pač pa kot dejavnost, ki zadeva vse sloje in vsa področja delovanja družbe in mora služiti vsem. Prometno načrtovanje v mestih je temelj vsake uspešne prometne politike. To načrtovanje pa mora biti usmerjeno v trajnostne prometne načine, zlasti v mestih. Ne samo zaradi zmanjševanja globalnega onesnaževanja, pač pa zlasti za hitro izboljšanje kakovosti mestnega ozračja pod dopustno raven, ki je določena z zakonodajo. Cestni promet, kot ga poznamo danes, je tudi s stališča porabe fosilnih goriv naravnan povsem netrajnostno in kot tak nima dolgoročne prihodnosti, zato je treba k iskanju rešitev pristopiti takoj, da bomo na pomanjkanje fosilnih goriv ter varčevanje z energetskimi viri pripravljeni.

Viri in literatura

- Csanady, G. T., 1973. Turbulent diffusion in the environment. Boston, D. Reidel Publishing Company, 248 str.
- Colls, J. 2002. Air pollution. London, Clay's library of health and the environment, 560 str.

- Energy and Transport in Figures 2007. European Commission, DG for Energy and Transport, Part 3: Transport, 98 str. URL: http://www.allianz-pro-schiene.de/cms/upload/media/PMs/PMs_08/080506_EU_Kommission_Statistical_Pocket_Book_Transport_2007_pb_3_transport_2007.pdf (citirano 10. 6. 2009)
- Farrington, J., 1994. Transport, Environment and Energy. V: Modern transport geography. Chichester, John Wiley & SONS, str. 51–66.
- Environmental Protection Agency, 2001. National air quality and emissions trends report, 2000. EPA/454/R-01-004, Research Triangle Park: Office of Air Quality Planning and Standards; Emissions Monitoring and Analysis Division, EPA.
- Energetska bilanca Republike Slovenija za leto 2006. URL: http://www.mg.gov.si/fileadmin/mg.gov.si/pageuploads/Energetika/Energetska_bilanca_RS_2006.pdf (citirano 7. 3. 2007).
- Majcen, S., 2001. Vpliv prometa na okolje: diplomsko delo. Ljubljana, Visoka šola za zdravstvo, 97 str.
- Ogrin, M., 2007. Proučevanje širjenja prometnega onesnaževanja v pokrajini z metodo difuzivnih vzorčevalnikov: doktorska disertacija. Ljubljana, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, 199 str.
- Petkovšek, Z., Vrhovec T., 2000. Zrak in onesnaženost 1 del - Meteorologija. Ljubljana, Visoka šola za zdravstvo, 87 str.
- Podatki o številu prometa v MOL – arhiv MOL. 2006.
- Prometne obremenitve 2004. Direkcija Republike Slovenije za ceste (podatki o obremenitvah prometa na državnih cestah v Sloveniji). URL: http://www.dc.gov.si/fileadmin/dc.gov.si/pageuploads/pdf_datoteke/Prometne_obremenitve_2004_preglednica.PDF (citirano 6. 6. 2007).
- Prometne obremenitve 2005. Direkcija Republike Slovenije za ceste (podatki o obremenitvah prometa na državnih cestah v Sloveniji). URL: http://www.dc.gov.si/fileadmin/dc.gov.si/pageuploads/Stetje_prometa/Prometne_obremenitve_2005.PDF (citirano 6. 6. 2007).
- Otorepec, P., Gregorič, M. 2007. Vpliv prašnih delcev ozona in dušikovih oksidov na zdravje. Referat na posvetu Slovenija, na poti k trajnostnemu prometu? CIPRA Slovenija, 17. september 2007.
- Rothengatter, W., 2003. Environmental concepts-physical and economic. V: Handbook of Transport and the Environment. London, ELSEVIER, str. 9–36.
- South Coast Air Quality Management District (SCAQMD). URL: www.aqmd.gov/ (citirano v letu 2000).
- Seinfeld, J. H., Pandis, S. N., 1997. Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate physics. New York, John Wiley & Sons, 1326 str.
- Statistični letopis Slovenije 2007. Statistični urad Republike Slovenije. Ljubljana. URL: http://www.stat.si/letopis/index_letopis.asp (citirano 3. 10. 2009).
- Projekt SILAQ. 2009. Agencija Republike Slovenije za okolje.
- <http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/silaq.pdf> citirano (18. 4. 2009).