



AUTOMOBILIŲ IŠMETAMŲ DUJŲ SKLAIDOS MODELIAVIMAS

Pranas Baltrėnas, Petras Vaitiekūnas¹, Saulius Vasarevičius, Saad Jordaneh

Aplinkos apsaugos katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas,

Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva

El. paštas: ¹vaitiek@ap.vgtu.lt

Įteikta 2007 09 03; priimta 2007 11 19

Santrauka. Pagrindiniai atmosferos taršos šaltiniai miestuose yra mobilūs (automobilių transportas), taip pat ir pramonės bei energetikos taršos šaltiniai. Automobilių transporto išmetami teršalai duoda didžiausią emisiją į aplinką. Tyrimais nustatyta, kad daugiausia teršalų yra išmetama rytinio ir vakarinio piko valandomis, kai automobilių transporto eismo intensyvumas mieste yra pats didžiausias. Automobilių transporto išmetalai yra ypač dideli intensyvaus eismo miesto gatvėse ir 2–5 m atstumu nuo važiuojamosios kelio dangos, o esant 6–10 m atstumui jų kiekiai staigiai sumažėja. Nustatyta, kad CO, NO_x, CH_x, SO₂ koncentracijos tiesiogiai priklauso nuo automobilių transporto eismo intensyvumo. Koncentracija tolygiai mažėja didėjant atstumui nuo gatvės važiuojamosios dalies.

Tyrimai atlikti Vilniaus mieste 14 Žirmūnų gatvių vietų, kur skaičiuotas važiuojančio automobilių transporto (lengvųjų, vidutinio lengvumo, sunkiųjų automobilių) skaičius, pagal tai su *COPERT* programa nustatytos rytinio ir vakarinio piko valandomis vidutinės CO, CH_x, NO_x, SO₂ koncentracijos. Naudojant jas atliktas dujinių teršalų sklaidos Žirmūnuose matematinis modeliavimas. Daugeliu atvejų gautas CO, NO_x, CH_x didžiausios leistinosios koncentracijos (DLK) viršijimas.

Reikšminiai žodžiai: aplinka, atmosferos oro tarša, mobilieji taršos šaltiniai, automobilių transportas, taršos sklaidos modeliavimas.

1. Įvadas

Šiuo metu didelės įtakos aplinkai turi vis didėjantys automobilių srautai. Automobilių išmetamose dujose yra daug įvairiausių cheminių junginių, kurie neigiamai veikia mus supančią aplinką. Tokie cheminiai junginiai (dar vadinami teršiančiomis medžiagomis) žalingai veikia ne tik aplinką, bet ir žmogų, kuris gyvena toje aplinkoje (Armolaitis, Bartkevičius 2002; Baltrėnas ir kt. 2004a, b; Makela, Salo 1994; Mickūnaitis 1987).

Atmosferos teršimas automobilių transporto išmetamomis dujomis sukelia lokalinio, regioninio ir globalaus masto ekologinių problemų. Nors Lietuvoje atmosferos teršimas (stacionarių taršos šaltinių) sumažėjo, tačiau problemos, su kuriomis susiduria daugelis Europos valstybių, būdingos ir Lietuvai. Oro kokybė Lietuvos miestuose daugiausia priklauso nuo mobilių taršos šaltinių emisijų ir nuo meteorologinių atmosferos sąlygų (Baltrėnas ir kt. 2004a). Dideliuose miestuose yra palankios sąlygos teršalams kauptis, kai orus lemia anticiklonai, vyraujantys ramūs, be kritulių orai, dažni rūkai, temperatūros inversija, trukdanti išsisklaidyti teršalams aukštesniuose atmosferos sluoksniuose. Daug teršalų į aplinką išmeta automobilių transportas aerozolio dalelių ir CO pavidalu. Todėl ypač svarbu ištirti į aplinką, automobilių transporto išmetamų teršalų kiekius esant intensyviau eismui. Tai padėtų geriau ištirti gatvių užterštumą transporto išmetamomis dujomis (Makela ir Salo 1994).

Teršalai į orą patenka iš trijų pagrindinių šaltinių: išmetamojo automobilio vamzdžio, pro kurį į aplinką

pašalinamos degimo produktų liekanos (65 % visų automobilio išmetamų teršalų); variklio karterio (20 %) ir angliavandeniliams garuojant iš karbiuratoriaus (9 %) bei degalų bako (6 %). Automobilių vidaus degimo variklių išmetamose dujose nustatoma daugiau kaip du šimtai įvairių cheminių junginių, kurių dauguma kenkia žmogaus sveikatai ir visų gyvųjų organizmų vystymuisi, sukelia metalo koroziją, ardo statybines medžiagas ir kt. Svarbiausią dalį tarp toksinių junginių ir medžiagų sudaro anglies monoksidas (CO), azoto oksidai (NO_x), sieros junginiai (SO₂), nesudegę angliavandeniliai (CH_x), suodžiai, švino junginiai.

Daugiausia oras teršiamas pradedant važiuoti, stabdant ir lėtai važiuojant. Nustatyta, kad, automobiliui pradedant judėti iš vietos, oras teršiamas 50 kartų labiau negu važiuojant vidutiniu greičiu arba greitai. Taigi pavojingiausi taršos židiniai yra gatvių sankryžos. Ruožuose tarp sankryžų labiausiai oras teršiamas tada, kai automobilis juda ne didesniu kaip 30 km/h greičiu; greičiui padidėjus iki 90 km/h, sunaudojama mažiau kuro ir išskiriama perpus mažiau aplinką teršiančių medžiagų (Mickūnaitis 1987).

Automobilių išmetamose dujose yra daug įvairiausių cheminių junginių, kurie neigiamai veikia mus supančią aplinką (Mickūnaitis 1987; Baltrėnas ir kt. 2004b). Planuojant teritorijas, numatant naujų gyvenamųjų rajonų vietas, identifikuojant probleminius taršos požūriui miesto taškus ar transporto srautų persikirstymo procesą vienos svarbiausių priimančią sprendimus yra taršos konkrečiuose urbanizuotos vietovės taškuose vertės. Taršos fonas apibrėžia galimų rajono raidos krypčių skaičių, galimybes ir pan.

Iš vidaus degimo variklio į aplinką patenkančių toksinių medžiagų kiekis priklauso nuo kuro ir oro mišinio susidarymo sąlygų ir oro pertekliaus koeficiento λ , išreikšiančio oro kiekio, faktiškai sunaudojamo kurui sudeginti, santykį su teoriškai reikalingu kiekiu. Tyrimais įrodyta, jog idealus mišinys neegzistuoja. Esant $\lambda = 0,9$ (riebusis mišinys), variklis gali pasiekti didžiausią apsisukimų skaičių, tačiau, esant pilnutinei apkrovai, padidėja degalų sąnaudos. Optimalios degalų sąnaudos būna, kai $\lambda = 1,1$ (liesasis mišinys). Šiuo atveju CO ir C_xH_y emisija minimali, bet išmetamų azoto oksidų (NO_x) kiekiai yra maksimalūs (Mickūnaitis 1987).

Oro taršos iš automobilių transporto priemonių tyrimui skiriama daug dėmesio Armolaičio ir Bartkevičiaus (2002), Baltrėno ir kt. (2004a, b), Makela ir Salo (1994); Mickūnaitis (1987), Baklanov ir kt. (1997), Lippa ir kt. (2002) bei Greičiūtės ir kt. (2002) darbuose. Baklanov ir kt. (1997), Lippa ir kt. (2002) bei Greičiūtės ir kt. (2002) darbuose nagrinėta NO_x sklaida: Baklanov ir kt. (1997) – taikant trimačių pernašos lygčių matematinį modelį įvertinant reljefo, atmosferos turbulencijos, vėjo krypties ir stiprumo faktorius, Lippa ir kt. (2002) – taikant atmosferinės difuzijos lygties sprendinį, nusakantį teršalų (CO , CO_2 , LOJ) sklaidą palei kelią, Greičiūtės ir kt. (2002) – taikant AIRVIRO „gatvės kanjono“ programinę įrangą ir eksperimentą, kurio rezultatų analizė parodė teorinio modelio tinkamumą teršalų sklaidai intensyvaus eismo gatvėse modeliuoti.

Oro taršai modeliuoti dažniausiai taikomi modeliai (Gauso dispersijos) yra CALINE, ISC3, PRIME, SCREEN3, SLAB (Unites States... 2002; ISCST tech... 2002), programa VARSA (Špakauskas 2000), COPERT (COPERT... 2005). Kita grupė (PHOENICS (PHOENICS... 2002), FLUENT (FLUENT... 2004)) pagrįsta bendrųjų pernašos lygčių skaitiniu sprendimu ir šios programos nėra specializuotos aplinkos taršai modeliuoti. PHOENICS programa galima modeliuoti dujinių teršalų pernašą ore skystuoju pavidalu – vandenyje ir dirvoje.

Darbo tikslas – taikant teršalų sklaidos aplinkos ore matematinį modelį PHOENICS 3.5 VR atlikti automobilių išmetamų dujų matematinį modeliavimą naudojant taršos emisijų duomenis pagal automobilių transporto skaičius, nustatyti CO, C_xH_y , NO_x , SO_2 koncentracijų sklaidą imant kaip pavyzdį Vilniaus m. Žirmūnų seniūniją.

2. Matematinio modelio (programos) aprašymas

Bendroju atveju recirkuliaciniams srautams su masės pernaša aprašyti sprendžiama trimačių Navjė ir Stokso bei difuzijos lygčių sistema vienfaziam teoriniam modeliui. Apibendrinta jų išraiška stacionariam procesui yra tokia (ISCST tech... 2002):

$$\text{div}(\rho \vec{V} \phi - \Gamma_\phi \text{grad} \phi) = S_\phi, \quad (1)$$

čia ρ – tankis, kg/m^3 ; ϕ – priklausomasis kintamasis: $\phi = 1$ – tolydumo lygtis, U , V , W – impulso komponentės x , y ir z koordinačių kryptimis, m/s ; C – koncentracijos, mg/m^3 ar $\mu g/m^3$; \vec{V} – greičio vektorius, m/s ; Γ_ϕ – kintamojo ϕ difuzijos koeficientas (judėjimo lygčių – tai ki-

nematinės klampos koeficientas, difuzijos lygčių – difuzijos koeficientas, difuzinis dujinių medžiagų Prandtlio skaičius (Pr) yra 0,56–0,71); $S_\phi = \phi$ kintamojo lygties srauto narys. (1) lygčių sistemą sudaro Navjė ir Stokso, tolydumo bei difuzijos (koncentracijos pirmajai fazei) lygtys, sprendžiamos baigtinių tūrių metodu (Greičiūtė ir kt. 2002).

Atmosferos nestabilumas, esant nedideliems vėjo greičiams (1–5 m/s), įvertinamas pagal (Pavitsky ir kt. 1993; PHOENICS-FLAIR... 2004) turbulentinę klampos formulę:

$$v_t = C U_0, \quad (2)$$

čia $1,1 < C < 1,5$ – atmosferos stabilumo konstanta; U_0 – vėjo greitis 50–80 m aukštyje.

Tuomet difuzijos koeficientas Γ_ϕ susideda iš dviejų sandų – molekulinio ir turbulentinio, judėjimo lygčių jis yra toks:

$$\Gamma_\phi = \nu + v_t, \quad (3)$$

o difuzijos lygčių

$$\Gamma_\phi = \nu / Pr + v_t / Pr_t, \quad (4)$$

čia $Pr_t = 0,8$.

3. Skaičiavimo metodika

OPERT programa. Vertinant automobilių transporto priemonių emisijas buvo naudota COPERT programa, kuria įvertinami tarpusavyje susiję emisijų faktoriai, naudojami kelio transporto emisijų įvertinimams skaičiuoti. COPERT kūrimas buvo inicijuotas Europos aplinkos agentūros (EAA). Buvo pasiūlyta naudotis EAA šalių narių duomenų baze CORINAIR transporto emisijų inventorizacijai. Iš principo COPERT metodologija gali būti taikoma transporto emisijoms skaičiuoti. Pagal COPERT pagrindinės transporto grupės gali būti išskirstytos taip: lengvieji automobiliai; vidutinio sunkumo automobiliai; sunkvežimiai; autobusai. Taikant COPERT metodologiją įvertinamos CO, NO_x , VOC, CH_x , CO_2 , N_2O , NH_3 , SO_x emisijos ir dyzelinio kuro išmetamos kietosios dalelės (švinas, kadmis, varis, chromas, nikelis, selenas ir cinkas). Taikant esamą metodologiją emisijoms skaičiuoti šie teršalai gali būti skirstomi į tokias grupes:

1 grupė. Teršalai, kurių yra tiksli nustatymo metodologija, paremta specifinės emisijos koeficientais ir apima skirtingas transporto situacijas bei variklio sąlygas.

2 grupė. Emisijos, priklausančios nuo kuro suvartojimo. Kuro suvartojimas yra skaičiuojamas pagal specifinius suvartojimo faktorius ir skaičiavimai yra to paties tikslumo kaip ir nustatant 1-os grupės teršalus.

3 grupė. Teršalai, kuriems nustatyti yra taikoma supaprastinta metodologija, kai detalios informacijos nėra.

Teršalų emisijos įvertinamos sujungiant pastovius techninius duomenis (pvz., emisijos koeficientai) ir veiklos duomenis (pvz., bendras mašinų kilometražas). Iš esmės teršalų emisijos įvertinimas priklauso nuo kuro suvartojimo ir šie duomenys turi būti gauti remiantis statistiniu kuro suvartojimu. Vis dėlto poreikis skirstyti emisijas pagal skirtingas transporto kategorijas (ar klases) negali apimti tikrai vidurkį statistinio suvartojimo, kuris nėra atskirai numatytas pagal kiekvieną transporto klasę. Todėl nuo kuro sunaudojimo priklausantys teršalai yra

nustatomi remiantis skaičiuojamu kuro suvartojimu (transporto klasei) ir tada taikoma korekcija. Kalbant matematiniais terminais, ši korekcija gali būti išreikšta:

$$E_{i,jm}^{CORR} = E_{i,jm}^{CALC} \times \frac{FC_m^{STAT}}{\sum_{jm} FC_{jm}^{CALC}}, \quad (5)$$

čia j_m – klasė j (1–98) priklausanti nuo kuro tipo m ; $E_{i,jm}^{CORR}$ – pakoreguota kuro emisija priklausomai nuo teršalo i (CO₂, SO₂, Pb, HM) transporto klasei j_m ; $E_{i,jm}^{CALC}$ – kuro emisijos, priklausančios nuo teršalo i , įvertinto pagal kuro suvartojimą transporto grupei j_m ; FC_m^{STAT} – statistinis (tikras) bendras kuro suvartojimas pagal kuro tipą m ; $\sum_{jm} FC_{jm}^{CALC}$ – visų transporto klasių bendras apskaičiuotas kuro suvartojimas, atsižvelgiant į kuro tipą m .

Į tai atsižvelgus, emisijos įvertinamos priklausomai nuo teršalo, kuris nustatomas pagal statistinį kuro suvartojimą, klases, informacijos, gautos paskirstant emisijas skirtingoms transporto klasėms.

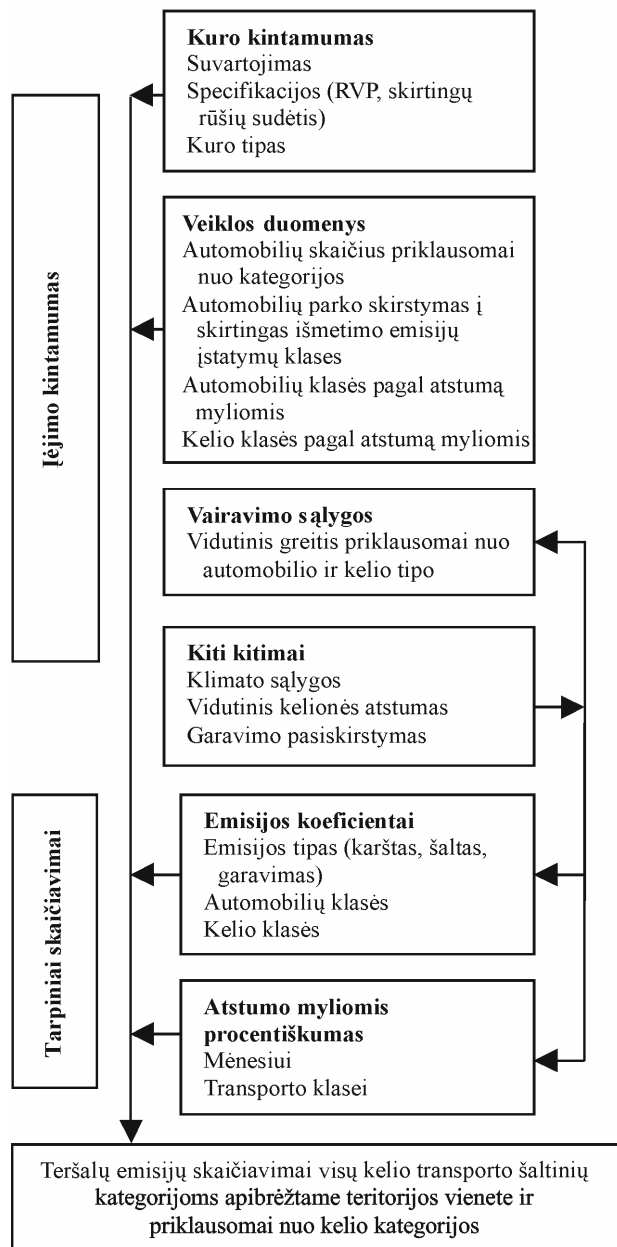
Teršalų kiekio nustatymo blokinė schema pateikta 1 pav. Kaip jau minėta, teršalų emisijos į atmosferą tiesiogiai priklauso nuo per tyrimų taškus (tirtas sankryžas) važiuosiu automobilių skaičiaus. Duomenys apie bendrą automobilių skaičių (vnt./h) tyrimų taškuose pateikti 2 pav.

Srities diskretizavimas. Žirmūnų seniūnijos žemėlapis (3 pav.), kurio mastelis yra 1 cm = 135 m, sritis apima 3675 × 1536 m² plotą, diskretizuota tokiu skirtuminiu tinklu: $x \cdot y \cdot z = 92 \times 20 \times 220$. Modeliuojant apimtos gatvės: Žirmūnų, Šeimyniškių, Tuskulėnų, Minties, Rinktinės, Apkasų, Verkių, Kareivių, Lakūnų, Lukšio, Kubiliaus, Žukausko, Kalvarijų, Žvalgų. Pagal žemėlapi diskretizuotoje srityje pažymimos gatvės, kur reikės pasirinkti teršalų koncentracijas. Šalia gatvių blokuotomis lastelėmis ar lastelėlių grupėmis pažymimi pastatai, tvoros, medžiai ir kt.

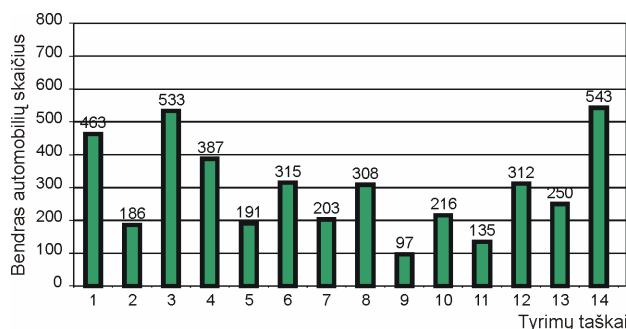
Pradinės sąlygos: remiantis lentelės duomenimis, 14 taškų imama koncentracija gatvių plote. Likusiose gatvėse irgi turi būti imamos koncentracijų reikšmės remiantis šių 14 taškų rezultatais ir atitinkamų gatvių automobilių transporto srautų vertinimu. Vėjo kryptis ir stiprumas, oro tankis ir foninė koncentracija imami įėjime per visą tūrinės srities vertikalią sieną ar per dvi vertikalias sienas esant pietryčių, pietvakarių, šiaurės rytų ir šiaurės vakarų kryptims.

4. Modeliavimo rezultatai

Sumodeliuota Vilniaus Žirmūnų mikrorajono taršos sklaida 3 pav. pateiktame žemėlapyje pažymėta 14 vietų gatvėse, kur buvo nustatomi trijų rūšių (lengvieji, vidutinio sunkumo, sunkieji automobiliai) automobilių transporto srautai tris kartus per dieną: 8–9, 12–13 ir 17–18 h. Piko valandomis nustatyti automobilių transporto srautai, naudojant COPERT programą gauti emisijų (mg/m³ ir μg/m³) kiekiai pateikti lentelėje.



1 pav. Metodologijos blokinė schema
Fig. 1. Block-scheme of methodology



2 pav. Bendras automobilių skaičius (vnt./h) tyrimų taškuose
Fig. 2. Average number of vehicles (unit/h) at the point of investigation



Automobilių transporto srautų piko valandomis matavimo taškai:

- 1 – Kalvarijų g. į šiaurę nuo Žvalgų g. apie 50 m;
- 2 – Žirmūnų g. prie Verkių g.;
- 3 – Kareivių g. prie Žirmūnų g. (20 m į šiaurės rytus nuo sankryžos);
- 4 – Kareivių g. 100 m į pietryčius nuo Kalvarijų g.;
- 5 – Lakūnų g. 20 m iki sankirtos su Verkių g.;
- 6 – Žirmūnų g. už sankirtos su Lakūnų g.;
- 7 – Verkių g. ties sankirta su Apkasų g.;
- 8 – Žirmūnų g. 250 m į pietus nuo Lukšio g.;
- 9 – Minties g. 40 m į kairę nuo Žirmūnų g.;
- 10 – Tuskulėnų g. prieš sankirtą su Rinktinės g.;
- 11 – Rinktinės g. ties sankirta su Fino g.;
- 12 – Žirmūnų g. 150 m į šiaurę nuo žiedo;
- 13 – Šeimyniškių g. ties sankirta su Rinktinės g.;
- 14 – 50 m atstumu nuo žiedo tilto per Nerį kryptimi

The dimensional points of transport flow during rush hours:

- 1 – Kalvarijų Street about 50 m north from Žirmūnų street;
- 2 – Žirmūnų Street by Verkių street;
- 3 – Kareivių Street by Žirmūnų street (20 m to the north from the crossing);
- 4 – in Kareivių street, 100 m southeast from Kalvarijų street;
- 5 – Lakūnų street 20 m till the crossing with Verkių street;
- 6 – Žirmūnų street after the crossing with Lakūnų street;
- 7 – Verkių street above the crossing with Apkasų street;
- 8 – Žirmūnų street, 250 m south from Lukšio street;
- 9 – Minties street, 40 m to the left from Žirmūnų street;
- 10 – Tuskulėnų street before the crossing with Rinktinės street;
- 11 – Rinktinės street above the crossing with Fino street;
- 12 – Žirmūnų street, 150 m to the north from the roundabout;
- 13 – Šeimyniškių street above the crossing with Rinktinės street;
- 14 – 50 m length from the roundabout at the bridge over

3 pav. Žirmūnų seniūnijos žemėlapis
Fig. 3. The map of district Žirmūnai

Vidutinės automobilių transporto teršalų emisijos Žirmūnų seniūnijos gatvėse rytinio (vakarinio) piko valandomis, Nr. 1–14 – Žirmūnų seniūnija, DLK – didžiausia leistinoji koncentracija, Fn C – foninė koncentracija

Average emission of transport pollutants in Žirmūnai district streets during morning, evening rush hours, No 1–14 – Žirmūnai district, DLK – the most allowable concentration, Fn C – background concentration

Nr.	CO, mg/m ³	CH _x , mg/m ³	NO _x , mg/m ³	SO ₂ , μg/m ³
1	13,0	1,3	1,2	40,0
2	10,0	0,9	0,9	30,0
3	15,5	1,5	1,4	50,0
4	17,8	1,6	1,5	50,0
5	4,8	0,5	0,4	10,0
6	8,0	0,8	0,7	20,0
7	12,2	1,0	1,0	30,0
8	14,0	1,2	1,2	40,0
9	5,0	0,4	0,4	10,0
10	10,5	0,9	0,9	30,0
11	5,3	0,5	0,5	20,0
12	14,9	1,3	1,2	40,0
13	12,1	1,1	1,0	30,0
14	22,0	2,0	1,8	60,0
DLK	5,0	1,0	0,085	500,0
Fn C	0,5	0,1	0,05	5,0

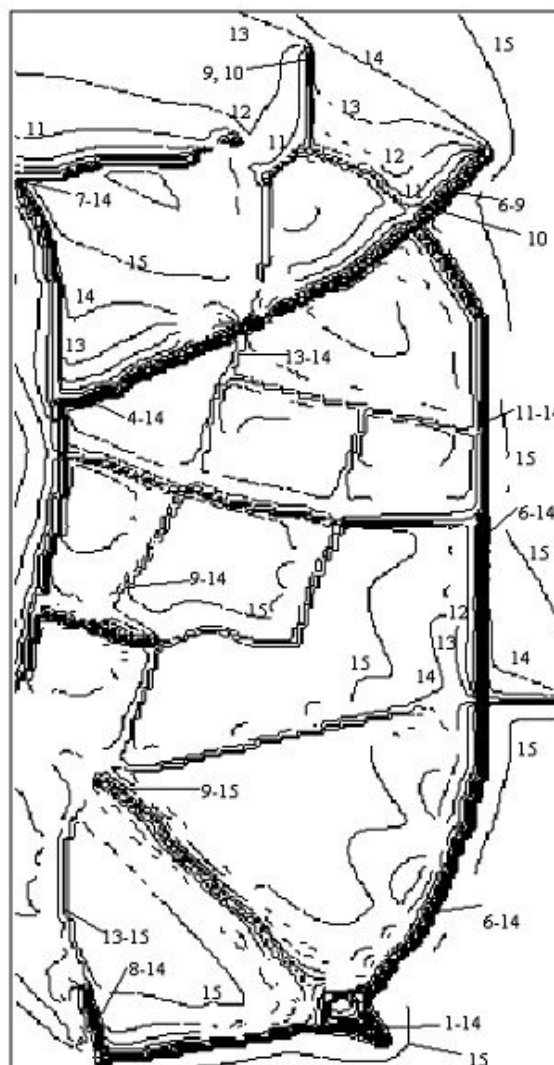
Modeliavimo rezultatai gaunami modeliuojant teršalų pernašą nuo linijinių taršos šaltinių įvertinant foninį tų medžiagų kiekį (žr. lentelę). Žirmūnų teritorijoje (3 pav.) šių teršalų sklaida nuo maksimalios 14-ajame taške ir nuo visų kitų gatvių pradinių teršalų reikšmių išsisklaido aplinkoje iki foninės. Sklaidos pobūdis priklauso nuo vėjo stiprumo ir krypties, taip pat nuo pastatų, ypač esančių prie gatvių.

Matematinis modelis buvo testuotas: modeliavimo rezultatai buvo lyginti su Greičiūtės ir kt. (2002), Pavitsky ir kt. (1993) bei Petkevičienės ir Vaitiekūno (1999) darbų teoriniais ir eksperimentiniais rezultatais ir parodė priimtina sutapimą (rezultatai skyrėsi 6–10 %, vidutinė paklaida sudarė ±8 %).

Didžiausia CO, CH_x, NO_x, SO₂ koncentracija rytinio ir vakarinio piko valandomis, apskaičiuota su COPERT programa pagal transporto srautus, yra Žirmūnų pietinėje dalyje tarp žiedo ir tilto per Nerį (matavimo taškas Nr. 14). 4 pav. pateiktų modeliavimo rezultatų (CO sklaidos izolinijos) šioje zonoje CO sklaida mg/m³ vyksta plačiu jos reikšmių intervalu (0,5 < CO < 22).

Žirmūnų g. ruože nuo transporto žiedo iki Lukšio g. CO tarša nuo didžiausios (14,6 mg/m³) gatvės važiuojamoje dalyje iki foninės (0,5 mg/m³) sklinda pavėjui (šiaurės vakarų kryptimi). Žirmūnų g. į šiaurę nuo Lukšio g. iki Kareivių g. CO koncentracija gatvės važiuojamoje dalyje gauta apie 7,3 mg/m³, t. y. perpus mažesnė už gautą pietinėje gatvės dalyje. Kareivių g. CO koncentracija vėl yra didelė (apie 14,6 mg/m³). Kiek mažesnė CO (apie 13,2 mg/m³) koncentracija gauta Kalvarijų g. Didelė CO (apie 17,6 mg/m³) koncentracija gauta Kareivių g. prie Kalvarijų g. (matavimo taškas Nr. 4). Tuskulėnų g. (taškas Nr. 10) ir Verkių g. (taškas Nr. 7) CO koncentracija buvo

apie 10,2 mg/m³, beveik 2,5 karto mažesnė Verkių g. ties sankirta su Lakūnų g. (taškas Nr. 5) – 4,8 mg/m³. Žirmūnų pietuose Šeimyniškių g. sankirtos su Rimktinės g. vietoje CO koncentracija yra apie 12,1 mg/m³, toliau į šiaurę koncentracija sumažėja beveik perpus (taškas Nr. 11) – 5,3 mg/m³. Palyginti nedidelė CO koncentracija gauta Minties g. (taškas Nr. 9), apie 50 m nuo Žirmūnų g. – 5,0 mg/m³. Verkių g. sankirtos su Žirmūnų g. (taškas Nr. 2) vietoje CO koncentracija yra apie 10,0 mg/m³. Keturiolikoje automobilių transporto matavimo vietų Žirmūnuose pagal gautas COPERT apskaičiuotas teršalų emisijas buvo sudaromi linijiniai taršos šaltiniai. Didesnėse gatvėse, kur nebuvo matuoti automobilių transporto srautai, teršalų koncentracijos buvo imtos interpoliuojant turimus matavimų duomenis.



4 pav. CO sklaida 2 m/s greičiu pučiant pietryčių vėjui. Izolinių reikšmės: 1 – 22,0; 2 – 21,0; 3 – 19,0; 4 – 17,6; 5 – 16,0; 6 – 14,6; 7 – 13,2; 8 – 2,0; 9 – 10,2; 10 – 8,8; 11 – 7,3; 12 – 5,8; 13 – 4,4; 14 – 2,4; 15 – 1,0 mg/m³

Fig. 4. Scatter of CO then wind blows from the southeast at about 2 m/s. Meaning of isolines: 1 – 22,0; 2 – 21,0; 3 – 19,0; 4 – 17,6; 5 – 16,0; 6 – 14,6; 7 – 13,2; 8 – 2,0; 9 – 10,2; 10 – 8,8; 11 – 7,3; 12 – 5,8; 13 – 4,4; 14 – 2,4; 15 – 1,0 mg/m³

Pagal tokias pradinės sąlygas buvo modeliuojamos dujinių teršalų pernašos įvairiomis kryptimis ir esant nedideliams vėjams (2–5 m/s).

5 pav. pateikti modeliavimo rezultatai CO koncentracijos $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sklaidos 3 m/s greičiu pučiant šiaurės vakarų vėjui. CO foninė koncentracija yra $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Maksimali koncentracija taške Nr. 14 yra $22\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Didžiausia CO koncentracija yra ties žiedu Žirmūnų g. pradžioje, didelė koncentracija yra šioje gatvėje iki Lukšio g., kiek mažesnė Žirmūnų g. nuo Kareivių g. iki Lukšio g., Kareivių g. ir Kalvarių g. Mažiausia CO koncentracija nustatyta Lakūnų g., Minties g. bei Rinktinės g. Teritorija, apimanti CO koncentracijos sklaidą, yra kampe tarp Kareivių, Tuskulėnų, Šeimyniškių ir Kalvarių g., t. y. į pietryčius nuo sankryžos, kuri ribojasi su Verkių ir Lakūnų g. Į šiaurę už Lukšio g. CO koncentracijos sklaidimą konvekcija sulaiko artimiausi prie Žirmūnų g. esantys pastatai. CO sklaidoje nuo daugumos gatvių dominuoja konvekinė pernaša, difuzinė, nors ir turbulizuota, pernaša yra visai nežymi, ji yra žymesnė Tuskulėnų g. (dalis gatvės yra žemiau aplinkos paviršiaus), o vėjas pučia išilgai su ja ir šoninė sklaida vyksta turbulizuota difuzija.

6 pav. pateikta CH_x sklaida 1,5 m aukštyje Žirmūnuose 3 m/s greičiu pučiant šiaurės vakarų vėjui. Maksimali koncentracija yra taške Nr. 14 ir lygi $2\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, foninė koncentracija sudaro $100,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Bene didžiausia CH_x koncentracija yra nuo Kareivių g., Kalvarių, Žirmūnų g. nuo žiedo Žirmūnų pradžioje iki Lukšio g. Pučiant 3 m/s vėjui jos koncentracija viršija DLK, teritorijos, viršijančios DLK Žirmūnų seniūnijoje, yra 6 (matavimo taškai Nr. 1, 3, 4, 8, 12, 14). Tik pietinėje Žirmūnų dalyje tarp Šeimyniškių ir Tuskulėnų g. ir tarp Tuskulėnų bei Žirmūnų g. yra teritorijos, kuriose yra maža CH_x koncentracija, t. y. mažesnė koncentracija už DLK. Pietinėje Žirmūnų dalyje ties žiedu CH_x koncentracija taip pat didelė. Šioje vietoje nesusidaro didesnių plotų, kuriuose yra didesnė CH_x koncentracija. Tolstant nuo gatvių pavėjui koncentracija greitai mažėja, išsisklaido iki foninės.

7 pav. pateikta NO_x sklaida Žirmūnuose 1,5 aukštyje 3 m/s greičiu pučiant šiaurės vakarų vėjui. Pernašos žemėlapis yra panašus į pateiktąjį 5 pav., nes šių teršalų maksimalios pradinės vertės ir foninės ($0,05 < \text{NO}_x < 1800$, $0,1 < \text{CH}_x < 2000$, $\mu\text{g}/\text{m}^3$) vertės yra artimos.

Pietinėje Žirmūnų dalyje tarp Šeimyniškių ir Tuskulėnų g. ir tarp Tuskulėnų bei Žirmūnų g. išsidėsčiusios teritorijos, kuriose yra maža CH_x koncentracija, t. y. mažesnė koncentracija už DLK.

8 pav. pateikta SO_2 koncentracija $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1,5 m nuo žemės paviršiaus, 3 m/s greičiu pučiant šiaurės vakarų vėjui, foninė koncentracija yra $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, maksimali 14-ajame taške yra $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($5 < \text{SO}_2 < 60$).

Didelė SO_2 koncentracija yra žiede Žirmūnų pietuose ir Žirmūnų g. iki Lukšio g., Kalvarių g., Žvalgų g. ir Kareivių g. bei 5–10 m atstumu nuo šių gatvių pavėjui. Pastatai keičia pažemio vėjo kryptis, susidaro stipresni oro srautai, pernešantys SO_2 koncentraciją. Pavėjinėje pastatų pusėje SO_2 koncentracija yra visai nežymi arba tik foninė. Čia yra kelios foninės koncentracijos zonos, tarp Tuskulėnų ir Šeimyniškių g., Tuskulėnų ir Žirmūnų g. Šiaurės miestelyje „Rimi“ prekybos centro pastato

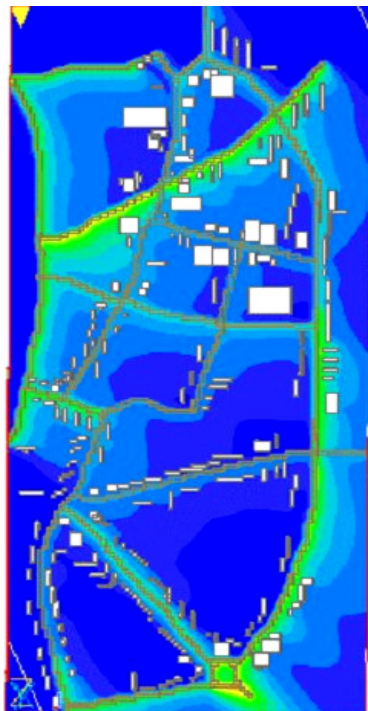
užuoventinėje pusėje taip pat susidaro nedidelė foninės koncentracijos zona. Kaip matyti iš 5–8 pav., visų keturių teršalų (CO , CH_x , NO_x , SO_2) sklaidos pobūdis yra labai panašus, tik skiriasi skaitinėmis koncentracijų skalėmis. 9 pav. pateikti CH koncentracijos $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sklaidos modeliavimo rezultatai 3 m/s greičiu pučiant pietvakarių, o 10 pav. – SO_2 vėjui pučiant 5 m/s greičiu. Kitų teršalų sklaidą galima gauti imant kitas spalvotas skales pateiktai 9 pav. skalei: $0,5 < \text{CO} < 22\,000$, $0,05 < \text{NO}_x < 1\,800$, $5 < \text{SO}_2 < 60$, $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

5–10 pav. pateiktos automobilių transporto išmetamų dujinių teršalų koncentracijų pernašos rodo gana apibendrintą vaizdą – teršalų sklaidos veikiant vėjui ir esant pastatams žemėlapi. Teršalų koncentracijų skaitinės reikšmės modeliuojant yra kiekvienoje diskretinėje lastelėje, kurių iš viso yra 404 800. Pagal jas galima surasti didesnės, viršijančios DLK, koncentracijos pasiskirstymą. Detalesnį teršalų sklaidos vaizdą galima gauti imant keliskart mažesnę teritoriją, kaip pateikta 11 pav., į kurią įeina Minties g., dalis Žirmūnų g., Apkasų g. ir dalis Tuskulėnų g. Pagal šį žemėlapi pateiksime tik vienos dujinės taršos CO koncentracijos sklaidos modeliavimo rezultatus.

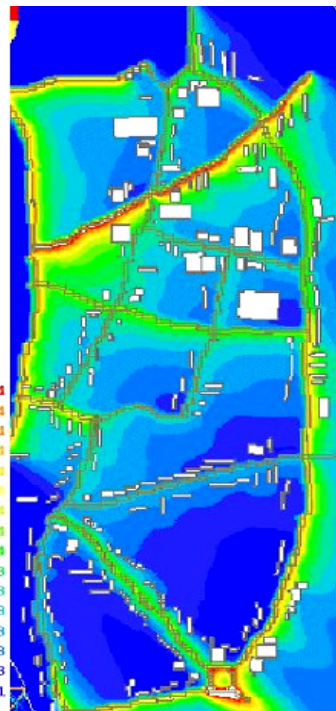
12 pav. pateikta CO koncentracijos sklaida (spalvoti kontūrai) nuo gatvių 2 m/s greičiu pučiant pietryčių vėjui kartu su greičių vektorių lauku 1,5 m aukštyje virš žemės paviršiaus. Pavėjui nuo Žirmūnų g. yra didesnės koncentracijos, viršijančios DLK sritis iki 150 m. Nuo Minties g., kurioje CO koncentracija yra tris kartus mažesnė negu Žirmūnų g., pavėjui sklaidos sritis yra visai maža. Tuskulėnų ir Apkasų g. koncentracija yra dukart didesnė negu Minties g., tad ir jose didesnės koncentracijos sritys pavėjui yra didesnės. Oro srautai tarp pastatų keičia kryptį kartu nešdami ir CO. Reikia pastebėti tai, kad srityje į pietus nuo Minties g. yra foninės koncentracijos zona. Realiai tai turėtų būti pernaša nuo Žirmūnų g. dalies į pietus iki kelio žiedo, ko neįvertinama teoriniu modeliu, nes Žirmūnų g. apimta tik ta dalis, kuri matyti 8 pav. Tokiais atvejais reikia analizuoti modeliavimo rezultatus dalinės srities su visos Žirmūnų seniūnijos modeliuojamais, esant toms pačioms pradinėms sąlygoms, rezultatais (4 pav.).

13 pav. pateikti CO sklaidos pernašos kontūrai (modeliavimo rezultatai), gauti sklaidai plintant esant pastatams prie gatvių. CO koncentracija nuo Žirmūnų g. (kurioje ji didžiausia) tolstant nuo gatvės 6–10 m gerokai sumažėja. Tačiau koncentracija, viršijanti foninę, pasklinda pavėjui iki 300 m ir toliau. Pastatai yra kliūtis koncentracijai plisti, pavėjinėje jų pusėje koncentracijos nėra visai ar ji labai nežymi.

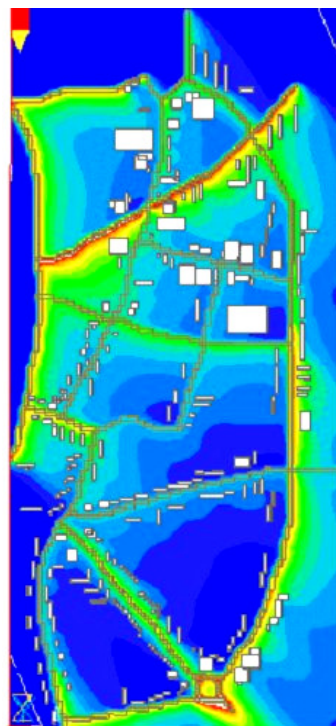
14 pav. pateikti CO sklaidos modeliavimo rezultatai 3 m/s greičiu pučiant šiaurės rytų vėjui ir esant pastatams. Nuo Žirmūnų g. CO teršalai nunešami pavėjui iki 300 m, tačiau koncentracija čia jau yra 10 kartų mažesnė už pradinę, esančią gatvėje. Pučiant vėjui automobilių transporto išmetamų dujinių medžiagų sklaida vyksta konvekcijos ir difuzijos būdu. Dėl konvekcijos teršalai nunešami pavėjui. Nesant vėjo dujinių medžiagų sklaida nuo gatvių vyksta molekulinės (iš dalies turbulentinės difuzijos būdu dėl automobilių sukeltų oro sūkurio), sklisdama į abi gatvės puses nedideliu atstumu, 5–10 m (15 pav.). Tuomet koncentracija būna ypač didelė piko valandomis virš gatvių ir šalia jų.



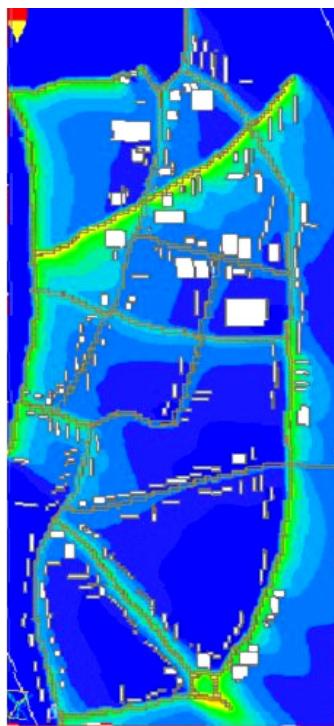
5 pav. CO koncentracijos $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sklaidos modeliavimo rezultatai Žirmūnuose 3 m/s greičiu pučiant šiaurės vakarų vėjui
Fig. 5. Modelling results of scatter of CO concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in Žirmūnai when wind blows from the north west at 3 m/s speed



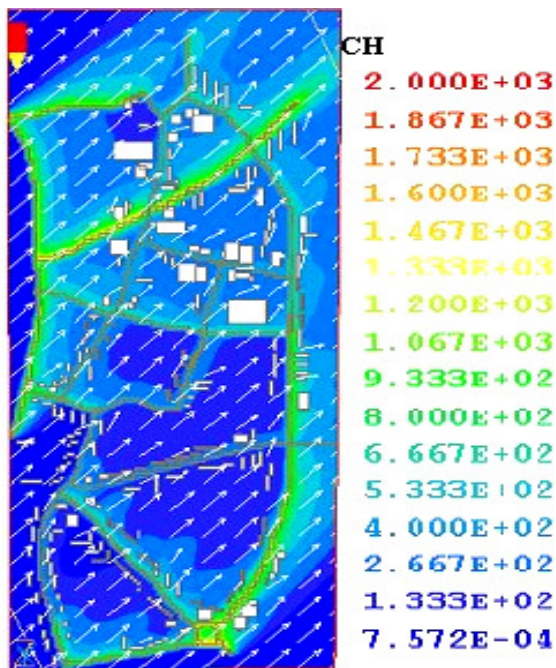
6 pav. CH_x (CH) koncentracijos $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sklaidos rezultatai Žirmūnuose 3 m/s greičiu pučiant šiaurės vakarų vėjui
Fig. 6. The result of scatter of CH_x (CH) concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in Žirmūnai when wind blows from the north west at 3 m/s speed



7 pav. NO_x (NO_x) koncentracijos $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sklaidos modeliavimo rezultatai Žirmūnuose 3 m/s greičiu pučiant šiaurės vakarų vėjui
Fig. 7. The modelling results of scatter of NO_x (NO_x) concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in Žirmūnai when the wind blows from the north west at 3 m/s speed

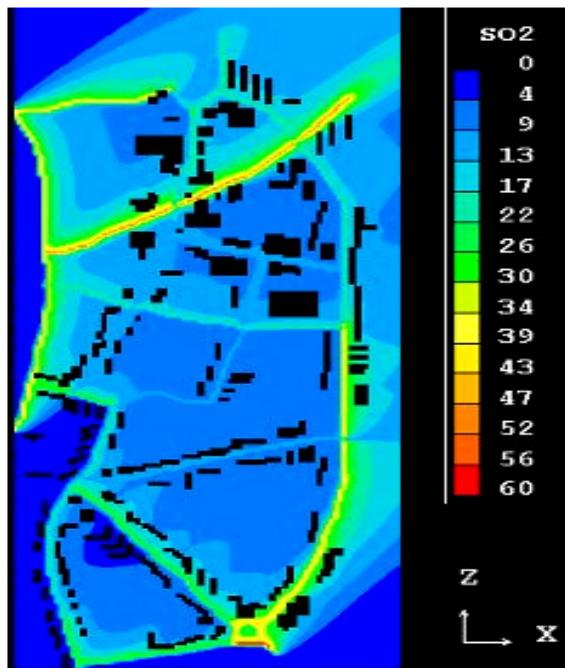


8 pav. SO₂ (SO₂) koncentracijos $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sklaidos modeliavimo rezultatai Žirmūnuose 3 m/s greičiu pučiant vėjui
Fig. 8. The modelling results of scatter of SO₂ (SO₂) concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in Žirmūnai when the wind blows from the north west at 3 m/s speed



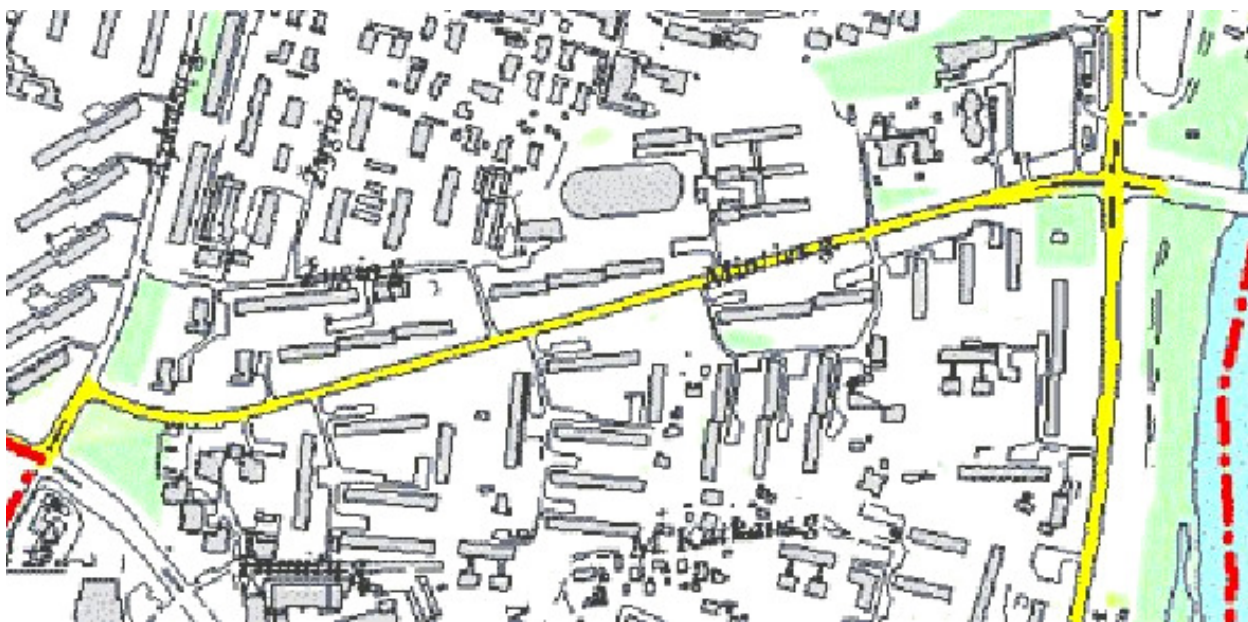
9 pav. CH_x (CH) koncentracijos µg/m³ sklaidos modeliavimo rezultatai Žirmūnuose 3 m/s greičiu pučiant pietvakarių vėjui

Fig 9. The modelling results of scatter of CH_x (CH) concentration (µg/m³) in Žirmūnai when the wind blows from the southwest at 3 m/s speed



10 pav. SO₂ (SO₂) koncentracijos µg/m³ sklaidos modeliavimo rezultatai Žirmūnuose 5 m/s greičiu pučiant pietvakarių vėjui

Fig 10. The modelling results of scatter of SO₂ (SO₂) concentration (µg/m³) in Žirmūnai when the wind blows from the southwest at 5 m/s speed

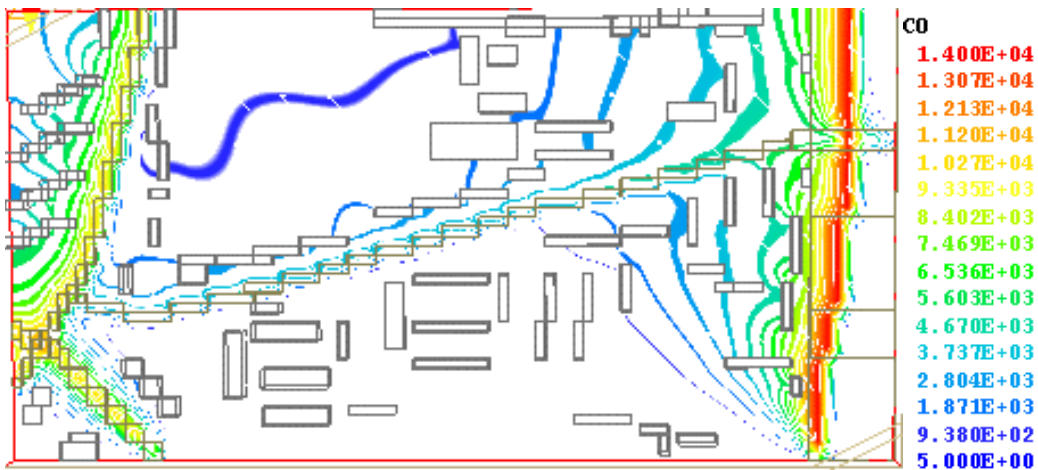


11 pav. Žirmūnų seniūnijos žemėlapių fragmentas: Žirmūnų, Minties, Apkasų gatvės

Fig. 11. The map's fragment of Žirmūnai district: Žirmūnų, Minties, Apkasų streets

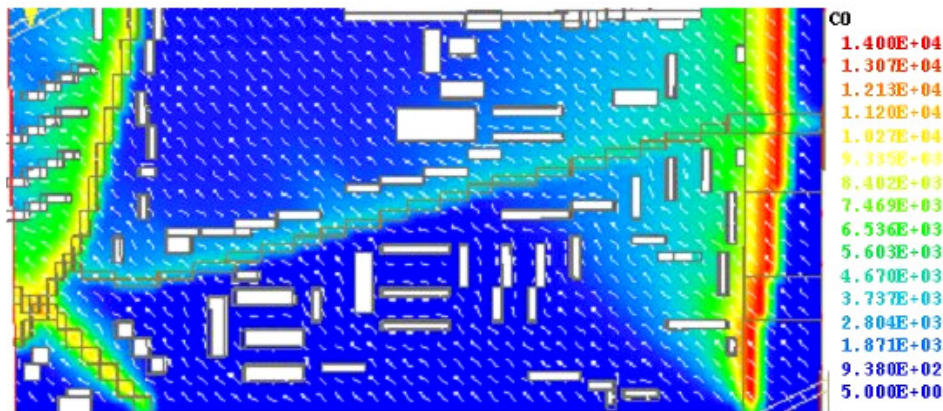
Nagrinėjamoju atveju rytinio ir vakarinio piko valandomis teršalų koncentracijos pateiktos 14 Žirmūnų seniūnijos vietų, lentelėje pateiktos koncentracijos taške Nr. 14, viršijančios DLK: CO viršija 4,4 karto, CH_x – 2, NO_x – 21 karta, o SO₂ – neviršijama visoje teritorijoje. Tuomet Žirmūnų seniūnijos teritorijoje yra zonų, kuriose

viršijamos DLK. Kitomis valandomis, sumažėjus gatvėse automobilių srautams, teršalų koncentracijos gerokai sumažėja. Tačiau tokių didelių linijinių taršos koncentracijų sklaidos modeliavimas pučiant įvairių kryptių ir stiprumo vėjams parodo teršalų pernašos nuo gatvių ypatumus.



12 pav. Žirmūnai (6 pav.), pietryčių vėjas 2 m/s, CO, koncentracijos izolinijos mg/m^3 1,5 m nuo žemės paviršiaus, maksimali koncentracija $14\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, DLK – $5,0\ \mu\text{g}/\text{m}^3$

Fig. 12. Žirmūnai (Fig. 6), south-east wind 2 m/s, the isolines of CO concentration (mg/m^3) 1,5 m from surface of earth, maximum concentration $14\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, DLK – $5,0\ \mu\text{g}/\text{m}^3$



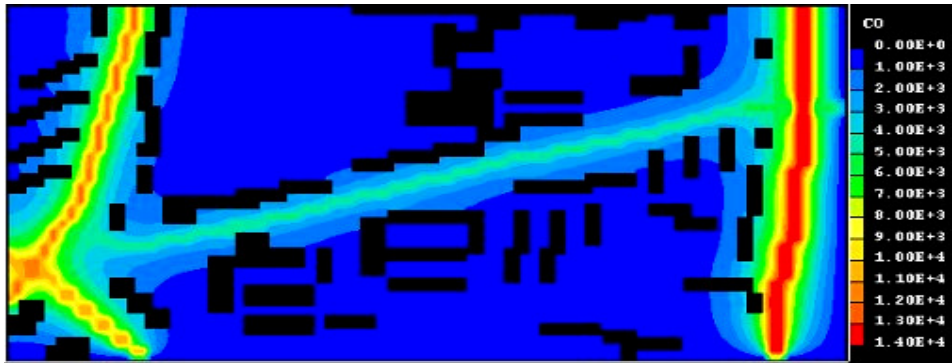
13 pav. Žirmūnai (6 pav.), pietryčių vėjas 2 m/s, CO koncentracijos izolinijos mg/m^3 ir greičio vektoriai 1,5 m nuo žemės paviršiaus, maksimali koncentracija $14\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, DLK – $5,0\ \mu\text{g}/\text{m}^3$

Fig. 13. Žirmūnai (Fig. 6), south-east wind 2 m/s, the isolines of CO concentration mg/m^3 and vector of speed 1,5 m from surface of earth, maximum concentration $14\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, DLK – $5,0\ \mu\text{g}/\text{m}^3$



14 pav. Žirmūnų ir Minties g. sankryža. CO, mg/m^3 , sklaidos modeliavimo izolinijos (juoda spalva): 1 – 14,0; 2 – 12,45; 3 – 10,895; 4 – 9,34; 5 – 7,785; 6 – 6,23; 7 – 4,675; 8 – 3,12; 9 – 1,565; 10 – 1,0. Foninė koncentracija $0,5\ \text{mg}/\text{m}^3$. Pietryčių vėjas 3 m/s. Statiniai pavaizduoti spalvotomis linijomis

Fig. 14. Crossing of Žirmūnų–Minties streets. CO, mg/m^3 , the isolines of scatter modelling (black colour): 1 – 14,0; 2 – 12,45; 3 – 10,895; 4 – 9,34; 5 – 7,785; 6 – 6,23; 7 – 4,675; 8 – 3,12; 9 – 1,565; 10 – 1,0. Background concentration $0,5\ \text{mg}/\text{m}^3$. Southeast wind 3 m/s. The palling image in the coloured lines



15 pav. CO sklaidos $\mu\text{g}/\text{m}^3$ modeliavimo rezultatai nesant vėjo, CO molekulinė difuzija Minties ir Žirmūnų g. (11 pav.)
Fig. 15. The modelling results of CO scatter $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in windless weather, CO molecular diffusion in Minties-Žirmūnų streets (Fig. 11)

5. Išvados

1. Remiantis automobilių transporto srautų skaičiais piko valandomis didžiausia CO, CH_x, NO_x ir SO₂ koncentracija gauta taške Nr. 14 ir, remiantis kitų koncentracijos matavimų rezultatais, galima teigti, kad šių medžiagų koncentracijos tiesiogiai priklauso nuo automobilių transporto eismo intensyvumo, jos tolygiai mažėja didėjant atstumui nuo kelio važiuojamosios dalies. Daugeliu atvejų nustatytas DLK ir leistinosios foninės koncentracijos viršijimas.

2. CO, CH_x, NO_x ir SO₂ koncentracija nuo linijinių taršos šaltinių (gatvių) dėl konvekcijos ir molekulinės difuzijos pasklinda pažemio atmosferos sluoksnyje 3–6 m aukštyje, o pučiant pietvakarių vėjui, t. y. išilgai su Kareivių g., CO koncentracija į šiaurės rytus nuo Žirmūnų g. viršijo DLK net 50 m aukštyje.

3. Nesant vėjo dujinių medžiagų sklaida nuo gatvių vyksta molekulinės difuzijos būdu, sklisdama į abi gatvės puses nedideliu atstumu (5–10 m). Tuomet koncentracija būna ypač didelė piko valandomis virš gatvių ir šalia jų.

4. Matematinis modelis buvo testuotas: modeliavimo rezultatai buvo lyginti su kitų darbų teoriniais ir eksperimentiniais rezultatais ir parodė priimtina sutapimą (vidutinė paklaida sudarė $\pm 8\%$).

Literatūra

Armolaitis, K.; Bartkevičius, E. 2002. Dispersion of some motor transport pollutants in Lithuania, *Aplinkos inžinerija* [Environmental Engineering] 10(4): 145–148.

Baklanov, A.; Burman, J.; Naslund, E. 1997. Numerical Modeling of three-dimensional flow and pollution transport over complex terrain, *The PHOENICS Journal of Computational Fluid Dynamics & its Applications* 10(1): 57–86.

Baltrėnas, P.; Kaziukonienė, D.; Kvasauskas, M. 2004 a. Air pollution at parking-lots of Vilnius, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 12(1): 38–43.

Baltrėnas, P.; Vaitiekūnas, P.; Mincevič, I. 2004 b. Investigation on the impact of transport exhaust emissions on the air, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 12(1): 3–11.

COPERT. 2005 [žiūrėta 2007 m. rugpjūčio 5 d.]. Prieiga per internetą: <<http://vergina.eng.auth.gr/mech/lat/copert/copert.htm>>.

Greičiūtė, K.; Vasarevičius, S.; Augulienė, V. 2002. NO₂ sklaidos intensyvaus autotransporto eismo gatvėje įvertinimas taikant AIRVIRO „Gatvės kanjono“ modelį, *Aplinkos inžinerija* [Environmental Engineering] 10(3): 108–115.

FLUENT. 2004 [žiūrėta 2007 m. rugpjūčio 15 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.fluent.com>>.

ISCST tech guide. 2002 [žiūrėta 2007 m. rugpjūčio 15 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.weblakes.com/ISCVOL2/Contents.htm>>.

Lippa, M.; Špakauskas, V. 2002. Lietuvos aplinkos oro užterštumo autotransporto priemonių išmetalais vertinimas, *Aplinkos inžinerija* [Environmental Engineering] 10(3): 121–129.

Makela, K.; Salo, M. 1994. *Traffic Emissions in Russia and the Baltic States: (St. Petersburg, Leningrad Oblast, Republic of Karelia, Estonia, Latvia and Lithuania)* / Participated in Lithuania – A. Klibavicus, VGTU). Espoo; Technical Research Center of Finland. 49 p.

Mickūnaitis, V. 1987. *Autotransportas ir atmosferos apsauga*. Vilnius: Mokslas. 34 p.

Pavitsky, N. I.; Yakushin, A. A.; Zhubrin, S. V. 1993. Vehicular exhaust dispersion around group of the buildings, *The PHOENICS Journal of Computational Fluid Dynamics & its applications* 6(3): 270–285.

Petkevičienė, J.; Vaitiekūnas, P. 1999. Automobilių išmetamų dujų dispersijos miesto gatvėje skaitinis modeliavimas, iš *Lietuvos mokslas ir pramonė. Šilumos energetika ir technologijos*. Konferencijos, įvykusios Kaune 1999 m. vasario 4, 5 d., pranešimų medžiaga. Kaunas: Technologija, 159–164.

PHOENICS-FLAIR 3.6.1 VR. 2004 [žiūrėta 2007 m. rugpjūčio 10 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.cham.co.uk>>.

PHOENICS 3.5 VR. 2002 [žiūrėta 2007 m. rugpjūčio 10 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.cham.co.uk>>.

Špakauskas, V. 2000. Normaliojo pasiskirstymo dėsnio taikymas taršalų sklaidai atmosferoje skaičiuoti, *Aplinkos inžinerija* [Environmental Engineering] 7(1): 36–40.

United States Environmental Protection Agency. 2002. Dispersion models [žiūrėta 2007 m. rugpjūčio 15 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.epa.gov/scram001/tt22.htm#rec>>.

MODELLING OF MOTOR TRANSPORT EXHAUST GAS INFLUENCE ON THE ATMOSPHERE**P. Baltrėnas, P. Vaitiekūnas, S. Vasarevičius, S. Jordaneh****Abstract**

Mobile pollutant sources, such as industry and energetics, are the basic sources of pollutant emission to the atmosphere in Lithuania. However, motor transport has the greatest share in the emission of mobile pollutant sources.

The carried out investigation revealed that in Vilnius Žirmūnai district the highest concentration of pollutants is emitted during morning and afternoon rush hours when traffic is the heaviest. In 14 places of the streets in Žirmūnai three types of cars were counted (lights, medium, heavy) and with COPERT program maximal emissions of CO, NO_x, CH_x, SO₂ were fixed. Using these data, numerical modelling of transfer processes of these pollutants was carried out.

The research results indicate that the high amounts of emitted gaseous pollutants are recorded 1–2 m away from the driving part and 4–6 m away the amounts of the exhaust sharply go down. It has been set that concentration of CO, NO_x, CH_x, SO₂ directly depend on motor transport's intensity. The amount of the substances goes evenly down receding from the driving part. In most cases maximum permitted concentration of these pollutants was recorded.

Keywords: air pollution, mobile pollution sources, motor transport, modelling pollution transfer processes.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ИЗ АВТОМОБИЛЕЙ В АТМОСФЕРЕ**П. Балтренас, П. Вайтекунас, С. Васаревичюс, С. Джорданех****Резюме**

Основными загрязнителями атмосферы в городе Вильнюсе являются мобильные, промышленные и энергетические источники. Больше всего загрязняют атмосферу выбросы из автотранспорта. Исследованиями в районе Жирмунай г. Вильнюса установлено, что максимальные выбросы отмечены в утренние и вечерние часы „лик“, когда движение автотранспорта наиболее интенсивно. Исследования проводились в 14 местах улиц района Жирмунай. Подсчитано количество проезжавшего автотранспорта (легкового, средней тяжести, тяжелого). По этим данным с помощью программы COPERT определены средние пиковые концентрации CO, CH_x, NO_x, SO₂. На основании данных выполнено математическое моделирование переноса газовых загрязнителей в районе Жирмунай.

Наибольшие выбросы из автотранспорта на улицах с интенсивным движением наблюдаются на расстоянии 2–5 метров от проезжей части, а на расстоянии 6–10 метров их концентрации значительно уменьшаются. Установлено, что концентрации CO, CH_x, NO_x, SO₂ напрямую зависят от интенсивности движения автотранспорта. Концентрации равномерно убывают с увеличением расстояния от проезжей части улицы. В нескольких случаях получено превышение наибольших допустимых концентраций (НДК) CO, CH_x, NO_x.

Ключевые слова: окружающая среда, загрязнение атмосферы, мобильные источники загрязнений, автотранспорт, моделирование переноса загрязнений.

Pranas BALTRĖNAS. Dr Habil. Prof. and head of the department of Environmental Protection, director of Environmental Protection Institute, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU). In 1975 in Ivanov Textile Institute Pranas Baltrėnas defended dissertation on Air Pollution and in 1990 in Leningrad Civil Engineering Institute he was awarded the degree of Doctor of Science. Prof. Baltrėnas had training in Weimar and Mikkeli Universities, Rostok, Dresden, Hamburg as well as Lulea Universities. Pranas Baltrėnas has written 13 monographs, published a textbook “Environmental protection”, presented 24 publications on training, methodological and review issues, more than 320 scientific articles and compiled a catalogue “Air Purification Equipment”. Moreover, Prof. Baltrėnas is a co-owner of 67 licenses of copyrights and patents. His research interests are in the spheres of theoretical and experimental environmental techno-sphere pollution, simulation of processes and environmental technology.

Petras VAITIEKŪNAS. Dr Habil. Prof. Department of Environmental Protection, Vilnius Gediminas Technical University. In 1965 P. Vaitiekūnas got a diploma of mathematician at Vilnius University. In 1973 P. Vaitiekūnas was awarded the degree of Doctor Science. In 1999 P. Vaitiekūnas got habilitation. In 1997 P. Vaitiekūnas became associate professor and in 2002 full professor at the department of Environmental Protection. Prof. Vaitiekūnas had training in London (PHOENICS 1.4 EP CFD in January–February 1996 and in PHOENICS 3. 1 VR CFD dated April–May 1998). P. Vaitiekūnas is the author and co-author of 3 monographs and more than 200 scientific articles. His research interest are: simulated dynamics of fluids, theoretical thermal physics, laminar, turbulent pollutants transfer processes, simulation of processes.

Saulius VASAREVIČIUS. Dr Assoc. Prof. (since 2003), Dept of Environmental Protection, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU). Master of Science (environmental protection engineering, 2002), Bachelor of Science (environmental engineering, 2002), VGTU. Publications: co-ator of 12 research papers. Research interests: negative impact of military activities on the soil, soil pollution with heavy metals, remediation technologies.

Saad JORDANEH. Master, doctoral student, Department of Environmental Protection, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU).