



FIZINIŲ IR
TECHNOLOGIJOS MOKSLŲ
CENTRAS

Tvirtinu
Fizinių ir technologijos mokslų centro
direktorius

prof. Vidmantas Remeikis
2011 m. mėn. d.

ATASKAITA

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS, PROGNOZĖ BEI ANTROPOGENINĖS TARŠOS LYGIŲ IR KRITINIŲ APKROVŲ EKOSISTEMOMS VERTINIMAS (I ir II DALYS)

2011 m. Sutartis Nr. 4F11-88.

Fizinių ir technologijos mokslų centras
LT-02300 Vilnius
Savanorių pr. 231
Aplinkos fizikos ir chemijos laboratorija
Tel.: 266 26 40

Temos vadovas: dr. Vidmantas Ulevičius
Vykdytojai: dr. K. Plauškaitė-Šukienė
dr. J. Andriejauskienė
inž. K. Senuta

Vilnius, 2011

TURINYS

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	3
LENTELIŲ SĄRAŠAS	4
I SKYRIUS.....	6
ĮVADAS	6
1. Į ATMOSFERĄ IŠMETAMŲ TERŠALŲ KIEKIO POKYČIŲ KAITA 2006 – 2010 METAIS	8
2. TERŠALŲ IŠMESTŲ Į ATMOSFERĄ IŠ STACIONARIŲ KURĄ DEGINANČIŲ ĮRENGINIŲ KIEKIO VERTINIMAS	13
3. KELIŲ TRANSPORTAS.....	20
4. NE KELIŲ IR KITOS TRANSPORTO PRIEMONĖS	43
5. GAMINIŲ GAMYBOS PROCESAI	46
6. ŽEMĖS ŪKIO SEKTORIUS	49
7. KITI ŠALTINIAI	51
8. IŠMESTAS Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ KIEKIS LIETUVOJE 2010 METAIS	56
IŠVADOS.....	58
LITERATŪRA	59
II SKYRIUS	60
ĮVADAS	60
1. KRITINIŲ APKROVŲ MODELIAVIMO SAUSUMOS EKOSISTEMOMS PRINCIPAI.....	61
1.1. MAISTINIO AZOTO (EUTROFIKACIJOS) KRITINĖS APKROVOS	61
1.1.1. MODELIO IŠVEDIMAS.....	61
1.1.2. PRIELAIDA DĖL AZOTO IŠPLOVIMO	63
1.1.3. ĮVESTIES DUOMENŲ KILMĖ IR ŠALTINIAI	64
1.1.4. AZOTO ĮSISAVINIMAS.....	64
1.1.5. DENITRIFIKACIJA.....	65
1.1.6. KRITULIŲ PERTEKLIUS	66
1.2. RŪGŠTĖJIMO KRITINĖS APKROVOS.....	66
1.2.1. PAPRASTAS MASĖS BALANSO (SMB) MODELIS.....	66
1.2.2. RŪGŠTIES NEUTRALIZACIJOS GEBOS CHEMINIAI KRITERIJAI IR KRITINIAI IŠPLOVIMAI.....	68
1.2.3. ĮVESTIES ŠALTINIAI IR KILMĖ	71
2. EMEP MODELIUOTOS KONCENTRACIJOS ORE IR NUSĖDIMAI	73
2.1. SAUSAS NUSĖDIMAS	73
2.1.2. AERODINAMINIS PASIPRIEŠINIMAS (R_A)	74
2.1.3. KVAZI-LAMINARAUS SLUOKSNIO PASIPRIEŠINIMAS (R_B)	74
2.1.4. PAVIRŠIAUS PASIPRIEŠINIMAS (R_C).....	75
2.1.5. STOMATINIS LAIDUMAS	75
2.1.6. NESTOMATINIS PASIPRIEŠINIMAS.....	75
2.1.7. AUGMENIJOS LAIDUMAS – NE VEGETACINIAI PAVIRŠIAI	77
2.1.8. SAUSAS AEROZOLIO NUSĖDIMAS.....	77
2.1.9. GRAVITACINIS NUSĖDIMAS (V_S)	77
2.1.10. KVAZI-LAMINARAUS SLUOKSNIO PASIPRIEŠINIMAS AEROZOLIAMS (R_B).....	78
2.1.11. ATŠOKIMAS.....	79
2.2. ŠLAPIAS NUSĖDIMAS.....	80
2.2.1. IŠMETIMAS DEBESYJE.....	80
2.2.2. IŠMETIMAS ŽEMIAU DEBESIES	80
3. REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS.....	81
IŠVADOS.....	86
LITERATŪRA.....	87
II DALIS	91
LIETUVOS 2010 M. TAM TIKRŲ IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ PASKIRSTYMAS PAGAL EMEP 50×50 KM ² TINKLELĮ	91

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

I DALIS

I SKYRIUS

Pav. 1. Į atmosferą išmetamų teršalų 2006 – 2010 metais pokyčių kaita	8
Pav. 2 Nacionalinė bendra NO _x kiekio tendencija	10
Pav. 3 Nacionalinė bendra NMLOJ kiekio tendencija	10
Pav. 4 Nacionalinė bendra SO ₂ kiekio tendencija	11
Pav. 5 Nacionalinė bendra NH ₃ kiekio tendencija	11

II SKYRIUS

Pav. 1. Sieros ir rūgštinančio azoto kritinių apkrovų funkcija (CLF), gauta naudojantis trimis dydžiais: CL _{max} (S), CL _{min} (N) ir CL _{max} (N). (a) pastovi denitrifikacija N _{de} su vėlesniu 45° CLF mažėjimu; (b) nuo nusėdimo priklausanti denitrifikacija, vykstanti esant mažesniai CL _{min} (N) ir nuožulnesniu mažėjimu, priklausančiu nuo f _{de} . Pilkas plotas po CLF žymi nusėdimą, kai ANC išplovimas yra didesnis nei ANC _{le,crit} (nėra viršijamos kritinės apkrovos).	68
Pav. 2. Kritinis ANC išplovimas (aprašytas (1.27) lygtimi, kai Q = 1 m/metai) kaip kritinio išplovimo funkcija (E _{Bc,crit}), kai [Bc] = 0,02 ekv./m ³ , K _{gibb} = 10 ⁸ , o K _{Gap} = 0,005 (kairioji kreivė); 0,01; 0,03 ir 0,05 (dešinioji kreivė)	71
Pav. 3. Oksiduotos sieros kritinės apkrovos Lietuvos ekosistemoms	81
Pav. 4. Oksiduoto azoto kritinės apkrovos Lietuvos ekosistemoms	82
Pav. 5. Maistinio azoto kritinės apkrovos Lietuvos ekosistemoms	82
Pav. 6. Oksiduotos sieros kritinių apkrovų ir bendro nusėdimo srauto skirtumas (neigiamos reikšmės parodo kritinių apkrovų viršijimus)	83
Pav. 7. Oksiduoto azoto kritinių apkrovų ir bendro nusėdimo srauto skirtumas (neigiamos reikšmės parodo kritinių apkrovų viršijimus)	84
Pav. 8. Maistinio azoto kritinių apkrovų ir bendro nusėdimo srauto skirtumas (neigiamos reikšmės parodo kritinių apkrovų viršijimus)	84

II DALIS

Pav. 1. Lietuvos 2010 m. anglies oksido (CO) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių.	91
Pav. 2. Lietuvos 2010 m. amoniako (NH ₃) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių.	92
Pav. 3. Lietuvos 2010 m. nemetaninių lakiųjų organinių junginių (NMLOJ) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių	93
Pav. 4. Lietuvos 2010 m. azoto oksidų (NO _x) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių	94
Pav. 5. Lietuvos 2010 m. sieros dioksido (SO ₂) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių	95
Pav. 6. Lietuvos 2010 m. dalelių (PM ₁₀), kurių skersmuo mažesnis už 10 μm, emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių	96
Pav. 7. Lietuvos 2010 m. dalelių (PM _{2,5}), kurių skersmuo mažesnis už 2.5 μm, emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių	97
Pav. 8. Lietuvos 2010 m. arseno (As) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių.	98
Pav. 9. Lietuvos 2010 m. kadmio (Cd) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių.	99
Pav. 10. Lietuvos 2010 m. chromo (Cr) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių	100
Pav. 11. Lietuvos 2010 m. vario (Cr) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių	101
Pav. 12. Lietuvos 2010 m. gyvsidabrio (Hg) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių.	102
Pav. 13. Lietuvos 2010 m. nikelio (Ni) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių	103
Pav. 14. Lietuvos 2010 m. švino (Pb) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių	104
Pav. 15. Lietuvos 2010 m. selenas (Se) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių	105
Pav. 16. Lietuvos 2010 m. cinkas (Zn) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių	106
Pav. 17. Lietuvos 2010 m. dioksinų ir furanų (DIOX) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių.	107
Pav. 18. Lietuvos 2010 m. policiklinių aromatinių anglevandenilių (PAH) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių	108

LENTELIŲ SARAŠAS

I DALIS

I SKYRIUS

Lentelė 1. Nacionaliniai teršalų išmetimo ribų limitai Lietuvai	6
Lentelė 2. SO ₂ taršos faktoriai, [kg/GJ].....	13
Lentelė 3. Kietųjų dalelių emisijos faktoriai, [kg/GJ].....	13
Lentelė 4. Kietųjų dalelių (PM ₁₀ ir PM _{2,5}) kiekio dalys, [%].....	13
Lentelė 5. NFR sektorių kodų susiejimas su [2] šaltinyje pateiktu kurą vartojančiu objektu.....	14
Lentelė 6. Kuro deginimo taršos faktoriai sunkiesiems metalams, [mg/GJ].	15
Lentelė 7. PAH taršos faktoriai, [mg/GJ].	16
Lentelė 8. PCB ir dioksinų/furanų taršos faktoriai.	17
Lentelė 9. NFR sektorių kodų sąsaja su sektoriais pagal statistikos departamentą.....	18
Lentelė 10. Kuro rūšių NAPFUE kodai ir energetinės vertės.....	18
Lentelė 11. Vidutiniai greičiai, įvesti į COPERT IV modelį, [km/h].	21
Lentelė 12. Kuro energetinės vertės.	22
Lentelė 13. Keleivinių automobilių emisijų faktoriai [g/GJ].....	22
Lentelė 14. Lengvųjų krovininių automobilių emisijų faktoriai [g/GJ].....	24
Lentelė 15. Sunkiųjų krovininių automobilių emisijų faktoriai [g/GJ].....	25
Lentelė 16. Autobusų taršos faktoriai [g/GJ].....	26
Lentelė 17. Motociklų taršos faktoriai [g/GJ].....	27
Lentelė 18. Transporto priemonių kategorijų bendri nuvažiuoti atstumai rajoniniuose ir miesto keliuose	28
Lentelė 19. Kelių transporto priemonių kiekis.	32
Lentelė 20. Kelių transporto priemonių bendras nuvažiuotas atstumas [mln. km].	37
Lentelė 21. Sieros dioksido (SO ₂) taršos faktoriai [g/kg].	37
Lentelė 22. Švino (Pb) taršos faktorius [mg/kg].	38
Lentelė 23. Sunkiųjų metalų taršos faktoriai visoms transporto priemonių kategorijoms [mg/kg kuro].	38
Lentelė 24. POP taršos faktoriai, [μg/km].	38
Lentelė 25. Benzino garavimo NMLOJ taršos faktoriai [4].	40
Lentelė 26. Automobilių padangų, stabdžių ir kelio dangos dėvėjimosi TSP taršos faktoriai [4].	41
Lentelė 27. Automobilių padangų, stabdžių ir kelio dangos dėvėjimosi KD ₁₀ taršos faktoriai [4].	41
Lentelė 28. Automobilių padangų, stabdžių ir kelio dangos dėvėjimosi KD _{2,5} taršos faktoriai [11].	42
Lentelė 29. Sunkiųjų metalų frakcijos automobilių padangų, stabdžių ir kelio dangos dėvėjimosi TSP taršos frakcija [4].	42
Lentelė 30. SO ₂ taršos faktoriai, [kg/GJ].....	43
Lentelė 31. Vandens transporto TSP, PM ₁₀ ir PM _{2,5} taršos faktoriai, [g/GJ].	43
Lentelė 32. Kietųjų dalelių dydžių pasiskirstymas, [%]	43
Lentelė 33. Taršos faktoriai tarptautinių skrydžių lėktuvų pakilimo – nusileidimo ciklams, [g/LTO].....	44
Lentelė 34. Sunkiųjų metalų taršos faktoriai, [g/t].	44
Lentelė 35. POP taršos faktoriai dyzeliniams ir keturtakčiams benzininiams varikliams, [μg/kg].	44
Lentelė 36. Kuro rūšių NAPFUE kodai ir energetinės vertės, [GJ/t].....	44
Lentelė 37. Sektorių pagal statistikos departamento leidinį „Kuras ir energijos balansas“ [7] susiejimo su NFR klasifikacijos kodu lentelė.	45
Lentelė 38. Kuro kiekio, sunaudoto tarptautinių skrydžių oro transporte 2010 m., skirstymas į sunaudotą LTO (iki 1000 m) ir virš 1000 m.	45
Lentelė 39. PGPK gaminio kodo susiejimo su NFR kodu lentelė.	46
Lentelė 40. Gamybos procesų PM taršos faktoriai, [g/t produkcijos].	48
Lentelė 41. Organinių cheminių medžiagų ir maisto gamybos procesų NMLOJ taršos faktoriai, [g/t produkcijos].....	48
Lentelė 42. Naminių gyvulių ir paukščių skaičius 2010 m, sausio 1 d.	49
Lentelė 43. Naminių gyvulių mėšlo tvarkymo NH ₃ taršos faktoriai [g/galvai].	49
Lentelė 44. Azoto trąšų PGPK kodai ir daugikliai.	50
Lentelė 45. Tiesioginės NH ₃ taršos iš dirvos.	50
Lentelė 46. Lietuvos degalinės ir atitikimas direktyvos 94/63/EC reikalavimams	52
Lentelė 47. Kuro nuostolių NMLOJ taršos faktoriai.	53
Lentelė 48. Cheminių medžiagų naudojimo NMLOJ taršos faktoriai.....	52

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

Lentelė 49. Integruotų aplinkos faktorių vidutinės reikšmės, G-iso ir G-mts yra 6-iems ir 12-kos mėnesių augimo periodui (valandomis).....	53
Lentelė 50. Žemės naudmenų taršos faktoriai ir plotas, [g/ha] [17].	54
Lentelė 51. B, "α" ir "β" reikšmės.....	55
Lentelė 52. Sudeginto miško plotas ir taršos faktoriai (g/ha) [18].....	55
Lentelė 53. Pagrindinių šaltinių indėlis į bendrą teralų kiekį 2010 m.	56
Lentelė 56. Lietuvos nacionaliniai išmetamų teršalų 2010 metų kiekiai.	57

II SKYRIUS

Lentelė 1. Kritinės azoto koncentracijos dirvožemio tirpale apskaičiuojant $CL_{nut}(N)$	63
Lentelė 2. Elementinių sudedamųjų dalių vidurkiai (ir standartiniai nuokrypiai) kamienuose ir šakose (įskaitant žievę) keturioms medžių rūšims	65
Lentelė 3. Denitrifikacijos frakcijos f_{de} priklausomybė nuo dirvos drenažo (Reinds et al., 2001).....	65
Lentelė 4. Lygties (2.37) koeficientai Gapon ir Gaines-Thomas apskaitimo medeliams.	70
Lentelė 5. K_{gibb} konstantos ribos kaip funkcija nuo dirvos organinių medžiagų kiekio.....	72
Lentelė 6. Dirvožemio sandaros, priklausomai nuo jų molingumo ir smėlingumo, klasės	72
Lentelė 7. Šlapio išmetimo ir surinkimo koeficientai, naudojami unifikuotame modelyje.....	80

I DALIS

I SKYRIUS

IVADAS

Inventoriaus ataskaitoje apie nacionalinius išmetamų į aplinkos orą teršalų kiekius Lietuvoje 2010 m. pateikiami išmetamų į atmosferą teršalų tyrimai, įvertinimas ir prognozė, atliktų vadovaujantis direktyvos 2001/81/EB reikalavimais. Ši direktyva yra Europos Sąjungos atmosferos rūgštėjimą mažinimo strategijos dalis. Direktyva 2001/81/EB dėl Nacionalinių Emisijos Limitų (NEL) tam tikriems atmosferos teršalams siekiama apriboti teršalų, didinančių rūgštingumą, eutrofikaciją ir pažemio ozono susidarymą, emisijas. Direktyvos ribojami teršalai yra: sieros dioksidas (SO_2), azoto oksidai (NO_x), nemetaniniai lakūs organiniai junginiai (NMLOJ) ir amoniakas (NH_3) [1].

Vykdydamos direktyvos 2001/81/EB reikalavimus, šalis narė ne vėliau kaip iki 2010 metų turi sumažinti metinius SO_2 , NO_x , NMLOJ ir NH_3 teršalų, išmestų į atmosferą kiekius, kad neviršytų direktyvos pirmajame priede nurodytų ribinių dydžių. Direktyvos nustatytas nacionalinis išmestų į aplinkos orą teršalų kiekio limitas yra didžiausias medžiagos kiekis (išreikštas kilotonomis), kurį šalis narė gali emituoti per kalendorinius metus. Remiantis direktyvos 6 straipsniu, šalis narė turi sudaryti nacionalines taršos mažinimo programas, kurių įgyvendinimas leistų neviršyti 2010 metams nustatytų emisijos limitų [1].

Direktyva 2001/81/EB dėl teršalų nacionalinių limitų buvo perkelta į Lietuvos teisinę bazę 2003 m. rugsėjo 25 d. aplinkos ministerijos įsakymu Nr. 468 dėl sieros dioksido, azoto oksidų, lakiųjų organinių junginių ir amoniako nacionalinių ribų patvirtinimo. Lietuvai buvo nustatyti teršalų išmetimo limitai stojimo į ES metu (1 lentelė).

Lentelė 1. Nacionaliniai teršalų išmetimo ribų limitai Lietuvai.

<i>Nacionaliniai teršalų išmetimo ribų limitai Limitai (kt/metus)</i>			
SO_2	NO_x	NMLOJ	NH_3
145	110	92	84

SO_2 , NO_x , NMLOJ ir NH_3 teršalų, išmetamų į aplinkos orą kiekiai pateikti apskaitos inventoriuje, nežymiai padidėjo nuo 2000 metų, nors atskirų teršalų kiekis 2010 metais buvo mažesnis už nustatytą kiekio limitą:

- SO_2 sudarė 26 % limitu;
- NO_x – 53 % limitu;
- NMLOJ – 75 % limitu;
- NH_3 – 36 % limitu.

Be to, siekiama pereiti prie ilgalaikių tikslų neviršyti kritinių lygių ir apkrovų bei veiksmingai apsaugoti nuo oro taršos pavojaus žmonių sveikatą, nustatant išmetamų teršalų nacionalines ribas, atsižvelgiant į 2010 ir 2020 metais išmestų į atmosferą teršalų kiekius.

Be Europos Sąjungos direktyvų įgyvendinimo Lietuva yra įsipareigojusi atitikti tarptautinius reikalavimus dėl tarpvalstybinės taršos. Tarptautiniu mastu oro teršalų išmetimo klausimas sprendžiamas UNECE Tolimųjų tarpvalstybinių oro teršalų pernašų

konvencija (LRTAP konvencija) ir jos protokolais. Gothenburg „daugelio teršalų“ protokole pagal LRTAP konvenciją nustatytos nacionalinės teršalų išmetimo ribos, kurios yra vienodos arba mažiau ambicingos nei nustatytosios ES NEL direktyvoje. Pagal tolimųjų tarpvalstybinių oro teršalų pernašų konvenciją šalys stengiasi apriboti ir kiek įmanoma laipsniškai sumažinti ir užkirsti kelią oro taršai ir tolimosioms oro teršalų pernašoms. Šalys plėtoja politiką ir strategijas kovai su oro terša, keitimasi informacija, tyrimu ir monitoringu.

EMEP išmetamų teršalų apskaitos ir prognozės centras (CEIP) įsikūręs Umweltbundesamt, Austrijos aplinkos agentūroje, pradėjo veiklą 2008 m. sausio 15 d. Pagrindinis CEIP uždavinys yra rinkti išmetamųjų teršalų kiekių ir prognozės rūgštinančių oro teršalų, sunkiųjų metalų, kietųjų dalelių (LRTAP konvencija) informaciją, rengti duomenų rinkinius, vertinti indėlių tolimų pernašų modeliams. CEIP centras taip pat peržiūri ir įvertina pateiktus teršalų išmestų į atmosferą kiekius bei aprašus, padėda šalims pagerinti nacionalinių inventorių kokybę.

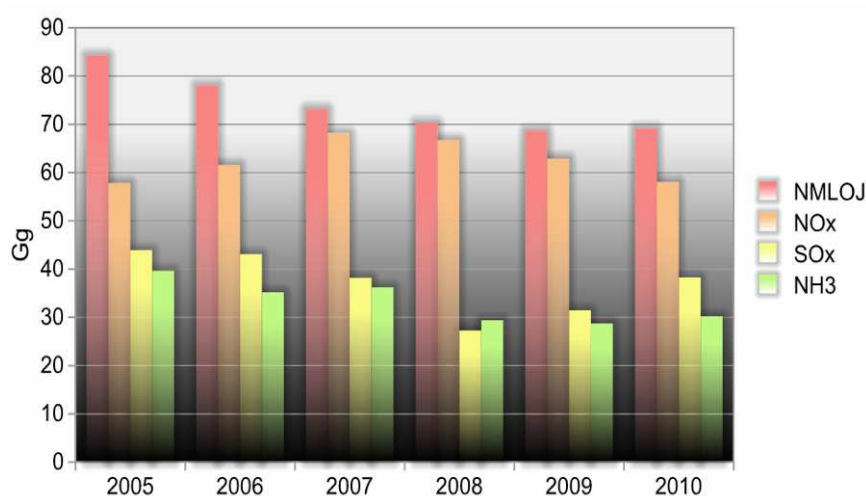
Šioje išmestų į aplinkos orą teršalų kiekių inventoriaus ataskaitoje yra pateikta informacija apie pagrindinių teršalų (SO_2 , NO_x , NMLOJ, NH_3 ir CO), kietųjų dalelių ($\text{KD}_{2,5}$, KD_{10} , TSP), sunkiųjų metalų (Pb, Cd, Hg, As, Cr, Cu, Ni, Zn) ir patvariųjų organinių junginių (dioksinai, PCB, HCB, PAH) išmetamus kiekius pagal šaltinius. Išmestų į aplinkos orą teršalų kiekio inventorių apima 1990-2010 m. laikotarpį. Veiklos, kurių metu išsiskiria teršalai klasifikuojamos naudojant į atmosferą išmetamų teršalų nomenklatūrą (ang. Nomenclature For Reporting - angl. santrumpa NFR). Ši nomenklatūra susideda iš trijų lygių: sektorių, posektorių ir žemiausio lygio, apimančio bazines teršalus išmetančias veiklas. Kiekvieną NFR galima naudoti tiek ploto, tiek taškiniais taršos šaltiniams. Nacionalinėje inventoriaus ataskaitoje taip pat aprašyta metodika ir duomenų šaltiniai, kuriais naudotasi apskaičiuojant išmetamus teršalus pagal šaltinius bei aptartos jų tendencijos.

LR Aplinkos oro apsaugos įstatymas reguliuoja duomenų rinkimo ir ataskaitų ruošimą. Teršalų kiekio vertinimo metodas yra nustatytas Aplinkos ministro reglamentu.

Visoms ES valstybėms narėms Europos Komisija parengė EMEP/CORINAIR Teršalų inventoriaus rekomendacijas ir sukūrė teršalų inventoriaus programinę įrangą (CollectER), kuri pilnai atitinka EMEP/CORINAIR rekomendacijas. Pagal vertinimo ir atskaitomybės duomenis apie dujų kiekius gaires, kiekviena šalis-narė turi pateikti ataskaitą apie nacionalinius metinius teršalų kiekius pagal teršalų šaltinių kategoriją ir pateikti informatyvų ataskaitos aprašą Konvencijos Sekretariatui.

1. Į ATMOSFERĄ IŠMETAMŲ TERŠALŲ KIEKIO POKYČIŲ KAITA 2006 – 2010 METAIS

Palyginę 2010 metų nacionalinius teršalų kiekius su pastarųjų penkerių metų vertėmis stebimas visų tirtų teršalų išmestų į atmosferą kiekių mažėjimas, išskyrus kietųjų dalelių išmestą kiekį (1 pav.). Panaudojus tiesinės regresijos lygtį ir penkerių metų inventoriaus duomenis suskaičiuota, kad sieros dioksido (SO₂) kiekiai mažėja vidutiniškai apie 5 proc. per metus. Azoto oksidų (NO_x) išmetimai 2005 – 2007 metais neženkiai didėjo, o nuo 2007 metų pradėjo mažėti. Nemetaninių lakiųjų organinių junginių (NMLOJ) išmetimai nuo 2005 metų tolygiai mažėja 4 proc. per metus. Kietųjų dalelių (KD_{2,5} ir KD₁₀) ryškaus išmetimų padidėjimo nėra, tačiau 2009-2010 metais buvo nustatytas mažėjimas. 2005-2009 metų laikotarpiu amoniako teršalų kiekio mažėjimo tempai siekė 1 proc.



Pav. 1. Į atmosferą išmetamų teršalų 2006 – 2010 metais pokyčių kaita

Energetikos sektorius yra pagrindinis teršalų išmetimų šaltinis – šio sektoriaus dalis bendroje struktūroje sudaro iki 30 proc., pramonės procesų dalis bendroje struktūroje ~17 proc., transporto sektoriaus ~18 proc. Energetikos sektoriaus į atmosferą išmetamų SOx kiekio sumažėjimą iš esmės lėmė sumažėjęs kuro suvartojimas bei naudojamo kuro struktūros pokyčiai 2005–2010 metais. Lietuva yra viena iš nedaugelio Europos valstybių, kuri beveik neturi savo tradicinių energijos šaltinių (anglies, naftos, gamtinių dujų, atominės energijos (nuo 2009 m.) ar didelių hidro-/vėjo energijos resursų). Keletą paskutiniųjų dešimtmečių naftos produktai užėmė reikšmingą vietą šalies pirminės energijos balanse. Tačiau, šiuo metu jų dalis pirminės energijos balanse ženkliai sumažėjo – nuo 40 iki 30 proc. Tai, iš esmės susiję su ženkliu mazuto panaudojimo elektros ir šilumos energijos gamybai mažinimu. Šiuo metu didelę pirminės energijos balanso dalį užima gamtinės dujos ir šiuo metu yra viena iš pagrindinių kuro rūšių. Per 2005-2007 metus galutinis energijos suvartojimas padidėjo 11,7 %, tačiau 2009 m. sumažėjo 12,1 %, lyginant su 2007 metais. Kaip ir pasaulinės ekonominės krizės metu Lietuvoje ekonominis vystymasis sulėtėjo iki 2008 metų pabaigos. Šiuo metu iš atsinaujinančių energijos šaltinių, galutinio energijos suvartojimo dalis siekia maždaug 14 %. Didžiąją dalį užima biomasė, kuri ir toliau vaidins pagrindinį vaidmenį energijos gamyboje iš atsinaujinančių

energijos šaltinių. Lietuvos statistikos departamento duomenimis, bendrosios šalies kuro ir energijos sąnaudos 2010 m., palyginti su 2009 m., sumažėjo 18,9 procento ir sudarė 7042,7 (2009 m. – 8685,9) tūkstančio tonų naftos ekvivalentu. Iki 2010 m. apie trečdalis šių sąnaudų teko atominiai energijai. 2009 m. pabaigoje uždarius Ignalinos AE, pasikeitė šalies kuro ir energijos sąnaudų struktūra. Didžiausią dalį 2010 m. bendrosiose sąnaudose užėmė naftos produktai (36,3 proc.) ir gamtinės dujos (35,4 proc.). 2010 m., palyginti su 2009 m., kuro ir energijos buvo importuota 15,3 % daugiau, iš jų gamtinių dujų – 13,5, akmens anglių – net 48,8 % daugiau nei 2009 m. Uždarius Ignalinos AE, elektros energijos importo poreikis žymiai padidėjo. 2010 m. elektros energijos buvo importuota 7031 GWh, o pagaminta – 5751 GWh. Didžiausia teršalų dalis energetikos pramonės procesuose susidaro stacionaraus deginimo gamybos ir statybos sektoriuje.

Pagrindinė pramonės šaka, kurioje išmetami didžiausi NH_3 kiekiai - žemės ūkis. Pagrindinis amoniako kiekis išsiskiria iš gyvulių mėšlo, o dėl žemės ūkyje naudojamų trąšų į atmosferą iš dirvos patenka ~20 % bendro amoniako kiekio. Nuo 2007 metų amoniako išmesto kiekio sumažėjimą lėmė sumažėjęs galvijų skaičius.

Transporto sektoriuje didžiausią dalį sudaro NO_x išmestas į atmosferą kiekis. Transporto sektoriuje azoto oksidų išmetami kiekiai didėja labai sparčiai. Tokį augimą lemia sparčiai didėjantis transporto priemonių kiekis, kuris įtakoja augančias kuro sąnaudas. Transporto sektoriaus kuro sąnaudų struktūra per nagrinėjamą laikotarpį taip pat ženkliai kito, t.y. lengvieji naftos produktai kuro sąnaudų struktūroje mažėjo, o sunkiųjų naftos produktų ir suskystintos naftos dujų dalis augo. Biodegalų gamybą ir panaudojimą Lietuvoje skatina tarptautiniai įsipareigojimai, susiję su šiltnamio efekto dujų kiekių mažinimu bei transporte vartojamų biodegalų kiekio didinimu. Įtakos turi ir nuolat didėjanti dyzelino (palyginti su benzino) paklausa bei kylančios naftos ir mineralinių degalų kainos. Pagrindinės Lietuvoje naudojamos biodegalų rūšys yra biodyzelinas ir bioetanolis. 2010 m. Lietuvoje buvo pagaminta 39,3 tūkst. tonų bioetanolio (palyginti su 2009 m., 59,8 proc. daugiau) ir 89,2 tūkst. tonų biodyzelino (palyginti su 2009 m., 14,8 proc. mažiau).

Dabartiniu metu veikiančių ir planuojamų pastatyti įmonių biodegalams gaminti pajėgumai viršija šalies poreikius, tad jų dalis eksportuojama.

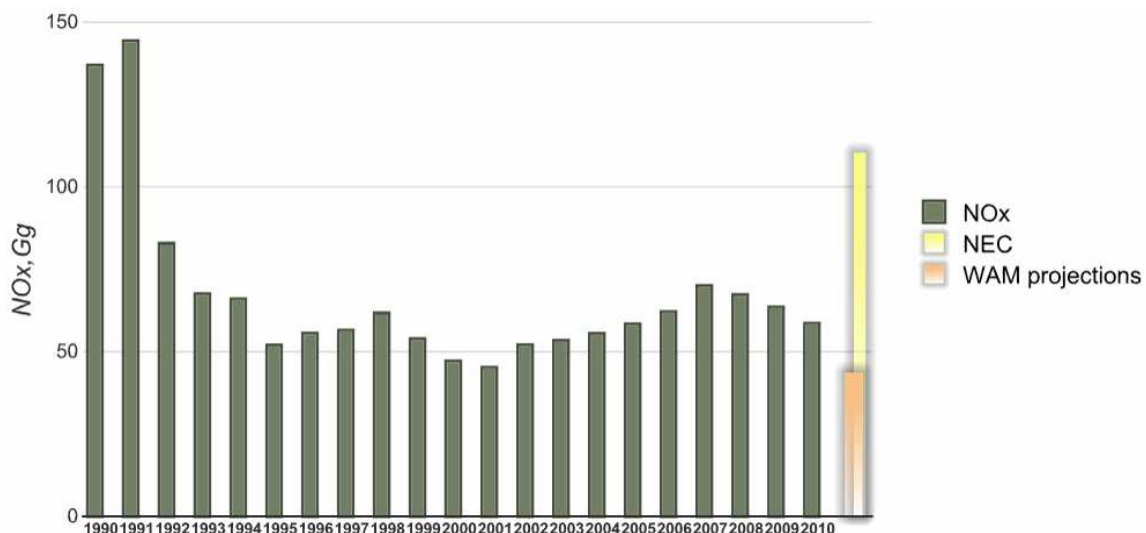
Teršalų, išmestų į atmosferą kiekio mažėjimas rodo, kad įdiegtos naujos kuro deginimo technologijos energetikos ir pramonės įmonėse, didesnė gamtinių dujų sąnaudų dalis pirminės energijos balanse, sąlygojo ekologinio efektyvumo pažangą. Transporto sektoriuje didėjantis transporto kiekis ir su tuo susijęs sunkiųjų naftos produktų bei suskystintos naftos dujų sąnaudų didėjimas nekompensuoja skystojo biokuro dalies didėjimą ir transporto parko atnaujinimo spartą.

Didėjantis sieros oksidų kiekis 2010 metais buvo nulemtas padidėjusiu kuro suvartojimu 1A1a, 1A 2f ii, 1A 4b i ir 1B2a iv sektoriuose. Azoto oksidų mažėjimą lėmė sumažėjęs kuro suvartojimas transporto sektoriuje, manoma vertinimui turėjo įtaka kuro „juodoji rinka“ neįtraukiama į oficialiąją ekonominę statistiką. Azoto oksidų bendras nacionalinis išmetamas kiekis sumažėjo, tačiau padidėjus dujų suvartojimui uždarius Ignalinos AE, 1A1a sektoriuje lėmė 54 % didesnę azoto oksidų kiekį.

Į atmosferą išmetamų teršalų kiekio pokyčių kaita 1990 – 2010 metais

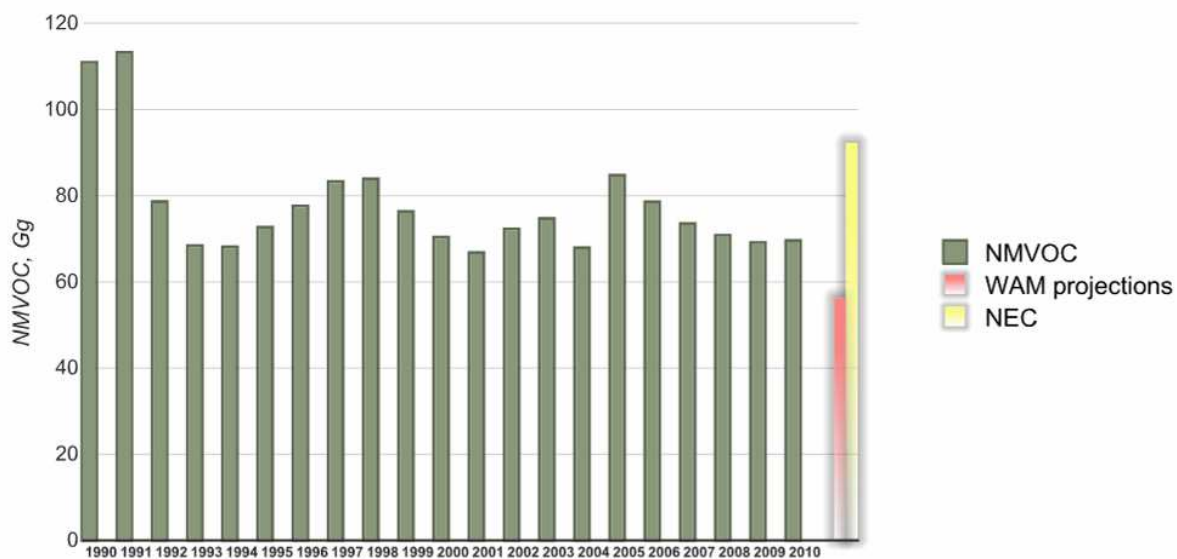
Į atmosferą išmetamų teršalų kiekis, jo pokyčiai (1990 – 2010 m.), bei Nacionaliniai teršalų išmetimo limitai parodyti 1-1 – 1-5.

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ



- *Papildomų priemonių (WAM) projekcija, atsižvelgiant į visus šiuo metu įgyvendintas, priimtas bei planuojamas priemones.*

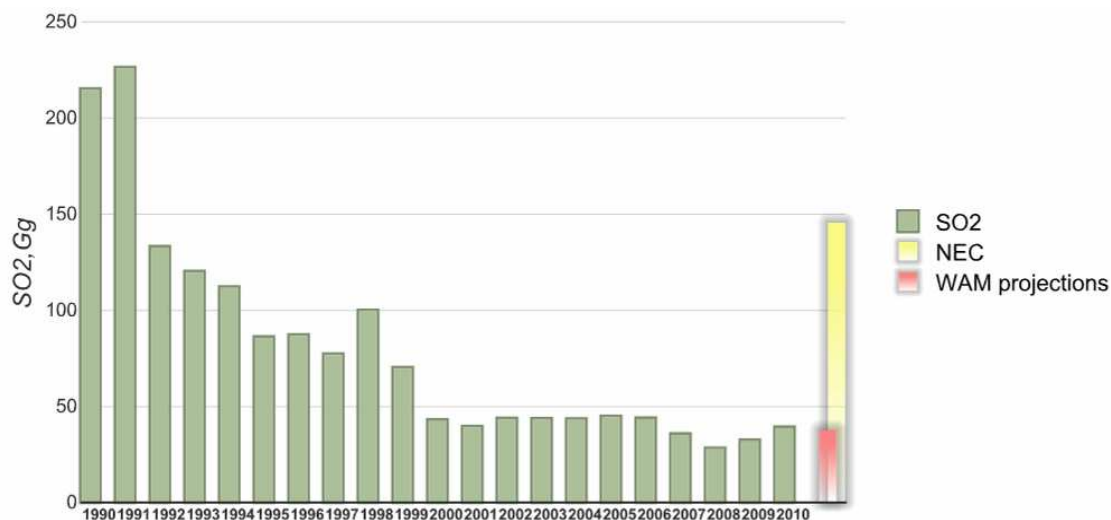
Pav. 2 Nacionalinė bendra NOx kiekio tendencija



* *Papildomų priemonių (WAM) projekcija, atsižvelgiant į visus šiuo metu įgyvendintas, priimtas bei planuojamas priemones.*

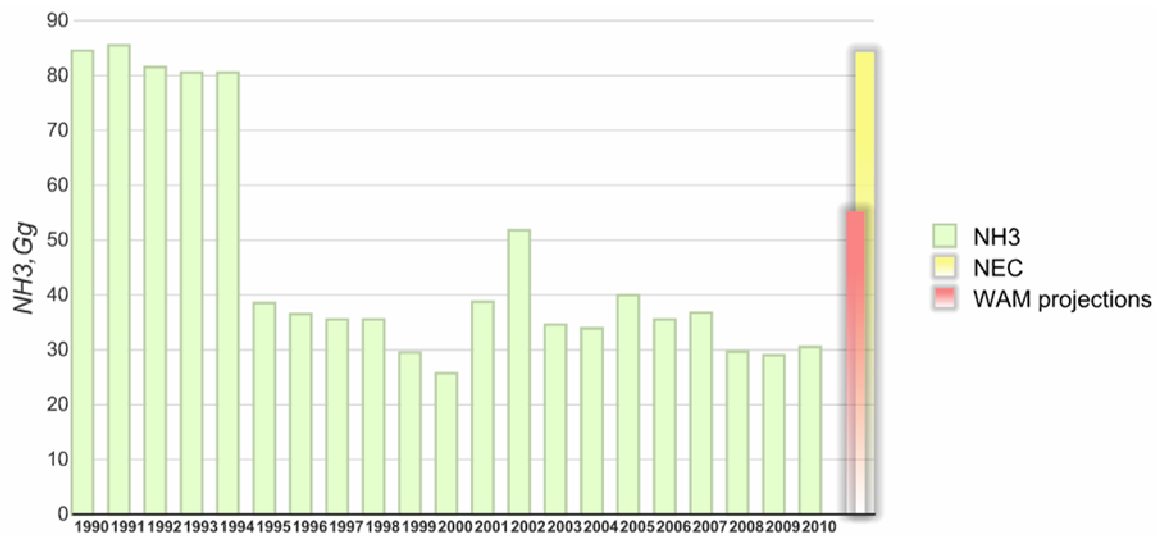
Pav. 3 Nacionalinė bendra NMLOJ kiekio tendencija

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ



* Papildomų priemonių (WAM) projekcija, atsižvelgiant į visus šiuo metu įgyvendintas, priimtas bei planuojamas priemones.

Pav. 4 Nacionalinė bendra SO₂ kiekio tendencija



* Papildomų priemonių (WAM) projekcija, atsižvelgiant į visus šiuo metu įgyvendintas, priimtas bei planuojamas priemones.

Pav. 5 Nacionalinė bendra NH₃ kiekio tendencija

1.1. Institucinė sąranga ir inventoriaus sudarymo procesas

Visa atsakomybė už metinio išmetamų į atmosferą teršalų inventoriaus parengimą ir pateikimą Europos Komisijai tenka Aplinkos apsaugos agentūrai, kuri koordinuoja visus klausimus, susijusius su inventoriu. Aplinkos apsaugos agentūra koordinuoja visą inventoriaus sudarymo procesą; galutinai patikrina ir tvirtina inventoriaus sudarymo procedūras; tvirtina kokybės užtikrinimo ir kokybės kontrolės planus ir procedūras; tikrina duomenų nuoseklumą, dokumentavimą, apdorojimą, archyvavimą; tikrina ir tvirtina inventoriaus sudarymo ekspertų pateiktas ataskaitas.

Svarbiausi duomenų teikėjai yra Lietuvos statistikos departamentas, Aplinkos apsaugos agentūra, Lietuvos energetikos institutas, Valstybinė miškotvarkos tarnyba, Lietuvos miškų institutas, Lietuvos agrarinės ekonomikos institutas, Lietuvos žemės ūkio institutas, pramonės įmonės, kt.

Išmetamų į atmosferą teršalų inventoriai yra sudaromi taikant EMEP/EEA teršalų išmestų į atmosferą kiekio inventoriaus rengimo vadovą (angl. *The EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2009*). Naudoti šaliai būdingi taršos faktoriai (naudojami energetikos sektoriuje, arba tarptautiniu mastu rekomenduojami numatytieji faktoriai (angl. *default factors*) pateikti rengimo vadove.

Kokybės kontrolė (KK)

Kokybės kontrolė (KK) yra sistema, sukurta matuoti ir kontroliuoti rengiamo inventoriaus kokybę. KK sistema yra skirta atlikti nuoseklią patikrą siekiant užtikrinti duomenų vientisumą, teisingumą ir išsamumą; nustatyti ir ištaisyti klaidas bei praleidimus; dokumentuoti ir archyvuoti inventoriaus medžiagą.

Kokybės užtikrinimas (KU)

Kokybės užtikrinimo (KU) veikla apima suplanuotų peržiūros procedūrų, kurias atlieka asmenys, tiesiogiai nedalyvaujantys sudarant/rengiant inventorių, sistema, skirta patikrinti, ar buvo įvykdyti duomenų kokybės tikslai; užtikrinti, kad inventorių atspindėtų kuo geresnį teršalų kiekio vertinimą atsižvelgiant į turimas mokslines žinias ir duomenis.

Pateiktų duomenų apie į atmosferą išmestų teršalų kiekį ir visos pagalbinės medžiagos archyvai yra saugomi ir tvarkomi tik Aplinkos apsaugos agentūroje. Vadovaujantis AAA nustatyta informacijos valdymo tvarka, reguliariai daromos atsarginės kopijos.

Perskaičiavimai

2009 metais buvo perskaičiuotos 2008 metų į atmosferą išmestų teršalų aktyvumo duomenys. Nustatyta, kad 2008 metų SO_x sudarė 36.6936 Gg. 2010 m. buvo perskaičiuoti iš transporto sektoriaus išmetami teršalų kiekiai.

2. TERŠALŲ IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ IŠ STACIONARIŲ KURĄ DEGINANČIŲ ĮRENGINIŲ KIEKIO VERTINIMAS

Pagrindinės išmetamų teršalų mažinimo priemonės pramonės sektoriuje yra pramoninių procesų efektyvumo padidėjimas, šalutinių dujinių produktų kiekio, susidarantių pramoninių procesų metu, sumažinimas bei pagerintos sveikatos ir saugumo sąlygos.

Šis skyrius taip pat apima pagrindinių teršalų (SO_2 , NO_x , CO, NMLOJ, NH_3), kietųjų dalelių ir sunkiųjų metalų (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn) kiekius.

2.1. Pagrindiniai teršalai

Sieros dioksido ir kietųjų dalelių (KD) taršos faktoriai suskaičiuoti pagal [5] šaltinio metodiką. Metodikoje nurodomi daugikliai, kuriuos padauginus iš kuro sieringumo arba kuro peleningumo gaunami taršos faktoriai. Suskaičiuotieji taršos faktoriai vienodi visiems stacionariams kurą vartojantiems objektams (2 ir 3 lentelės). Kitų bendrųjų teršalų, t. y. CO, NO_x , NMLOJ, SO_2 ir KD, taršos faktoriai paimti iš [2] šaltinio lentelių. Kokso ir naftos kokso deginimo taršos skaičiavimui naudojami akmens anglies taršos faktoriai; medžio anglies ir žemės ūkio atliekų – medienos taršos faktoriai. Kietųjų dalelių $< 10 \mu\text{m}$ ir $< 2,5 \mu\text{m}$ taršos faktoriai suskaičiuojami pagal kietųjų dalelių taršos faktorius ir kietųjų dalelių procentus, paimtus iš [3] šaltinio (4 lentelė).

Lentelė 2. SO_2 taršos faktoriai, [kg/GJ].

Kuro rūšis	Kuro sieringumas %	Daugiklis	Taršos faktorius
Akmens anglis	1,82	0,714	1,29
Nafta	0,24	0,488	0,12
Mazutas	2,20	0,488	1,05
Buitinis krosnių kuras	0,80	0,468	0,37

Lentelė 3. Kietųjų dalelių taršos faktoriai, [kg/GJ].

Kuro rūšis	Kuro peleningumas, %	Daugiklis	Taršos faktorius
Akmens anglis	10,00	0,04365	0,4365
Durpės	5,00	0,16400	0,8200
Nafta	0,03	0,24900	0,0070
Mazutas	0,08	0,24900	0,0199

Lentelė 4. Kietųjų dalelių (PM_{10} ir $\text{PM}_{2,5}$) kiekio dalys, [%].

Deginama medžiaga	KD_{10} , %	$\text{KD}_{2,5}$, %
Akmens anglis, koksas	52	13
Mediena, durpės	96	93
Sunkieji naftos produktai (pramonėje)	85	60
Sunkieji naftos produktai (namų ūkyje)	65	25
Lengvieji naftos produktai (šiluminėse ir elektrinėse)	50	19
Lengvieji naftos produktai (pramonėje)	50	14
Lengvieji naftos produktai (namų ūkyje)	53	47

Perkeliant taršos faktorius iš [2] šaltinio į CORINAIR duomenų bazę sudaroma darbinė nacionalinių taršos faktorių duomenų bazė Microsoft Access formatu (.mdb). Lentelėje „Efaktoriai“ pateikiami POP ir nacionaliniai taršos faktoriai, vėliau sukuriama kurą vartojančių objektų, kuro ir teršalų susiejimo lentelės. Kurą vartojantys objektai, nurodyti [2] šaltinio lentelėse, susiejami su SNAP97 sektoriaus kodu (5 lentelė). Taip pat sudaroma kuro rūšių susiejimo su NAPFUE kodu lentelė (9 lentelė), teršalų pavadinimų susiejimo su CORINAIR duomenų bazėje naudojamu teršalų identifikatoriais lentelė. Galiausiai taršos faktorių duomenys iš darbinės duomenų bazės įterpiami į CORINAIR duomenų bazę Microsoft Access programine įranga, nurodant atitinkamą SQL užklausą.

Lentelė 5. NFR sektorių kodų susiejimas su [2] šaltinyje pateiktu kurą vartojančiu objektu.

<i>NFR kodas</i>	<i>Kurą vartojantis objektas</i>
1A1a e	Elektrinės
1A1a h	Šiluminės katilinės
1A1c	Pramonė
1A2c	Pramonė
1A2d	Pramonė
1A2e	Pramonė
1A2f i	Žemės ūkio mašinos
1A2f ii	Pramonė
1A3a i (ii)	Oro transportas
1A3a ii	Oro transportas
1A3c	Geležinkelio transportas
1A3d	Vandens transportas
1A3e i	Pramonė
1A4a	Mažos įmonės
1A4b i	Namų ūkis
1A4c i	Mažos įmonės
1A4c ii	Žemės ūkio mašinos

2.2. Sunkieji metalai

Daugelis emituojamų sunkiųjų metalų (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn) yra oksidų ir chloridų sudėtinės dalys. Tik gyvsidabris (Hg) ir selenas (Se) iš dalies yra garų fazėje. Mažiau stabilūs elementai linkę kondensuotis ant mažų dalelių paviršiaus kaminų dujų sraute. Gamtinės dujos yra pagrindinis gyvsidabrio šaltinis. Anglies degimo metu pasikeičia dalelių junginiai ir tokiu būdu yra skatinas nestabilių elementų garavimas. Sunkiųjų metalų junginių garavimo greitis priklauso nuo kuro charakteristikų (anglies koncentracijos, neorganinių komponentų, tokių kaip kalcis (Ca), frakcijos) ir technologinių charakteristikų (katilo rūšies, veikimo principo).

Sunkiųjų metalų taršos faktoriai buvo imami iš duomenų bazės „emfa_defa“ lentelės, kurioje saugomi rekomenduojami taršos faktoriai (6 lentelė). Koksui naudojami akmens anglies taršos faktoriai.

Lentelė 6. Kuro deginimo taršos faktoriai sunkiesiems metalams, [mg/GJ].

Medžiaga	Taršos faktoriai			
	Mazutas	Gamtinės dujos	Akmens anglis	Lignitas
As	12,20	0	5,61	2,90
Cd	24,40	0	0,22	0,25
Cr	61,00	0	4,09	3,02
Cu	24,40	0	7,00	0,99
Hg	24,40	0,1	4,27	10,33
Ni	853,66	0	7,34	2,49
Pb	31,71	0	19,11	2,60
Se	0	0	0,68	0
Zn	24,39	0	22,70	8,68

2.3. POP taršos faktoriai

Policikliniai organiniai junginiai (POP) yra kietos, vandenyje netirpios medžiagos, kurių lydymosi ir virimo temperatūra yra aukšta (lydymosi temperatūra – virš 100 °C) [4]. Policikliniai organiniai junginiai susidaro vykstant degimo procesams įvairių tipų kuro deginimo įrenginiuose. Detalus POP formavimosi mechanizmas nėra tiksliai žinomas. Manoma, kad POP susidaro iš laisvųjų radikalų dujinėje fazėje, o patekę į atmosferą virsta dalelėmis.

Daugelio bandymų metu nustatyta, kad POP šaltinis yra kieto, skysto ir dujinio kuro (tokio kaip akmens anglis, lignitas ar mediena) deginimas. POP degimo įrenginiuose susiformuoja iš nepilnai sudegusių produktų. POP formavimosi greitis ir išmetimai priklauso nuo deginamo kuro ir degimo proceso charakteristikų. POP išmetimai gali vykti degant kure esantiems policikliniams organiniams junginiams arba aukštoje temperatūroje transformuojantis organiniams junginiams.

Svarbi kuro charakteristika, įtakojanti POP formavimąsi, yra anglies ir vandenilio santykis bei molekulinė kuro struktūra, t.y. aukštesnis anglies ir vandenilio santykis sąlygoja didesnę POP formavimosi tikimybę. Atsižvelgiant į anglies ir vandenilio santykį bei kuro molekulinę sudėtį. POP susidarymo tendencija deginant įvairių rūšių kurą būtų tokia: akmens anglis > lignitas > mediena > naudota alyva > mazutas > distiliuota alyva.

Svarbiausios degimo procesų charakteristikos, įtakojančios POP formavimąsi, yra šios:

- degimo zonos temperatūra,
- degimo trukmė,
- turbulencija arba oro ir kuro maišymosi efektyvumas,
- oro ir kuro santykis,
- kuro padavimo kiekis.

Nustatyta, kad PAH koncentracija didinant temperatūrą smarkiai mažėja. Įvairių degimo įrenginių degimo procesų valdomumas skiriasi. Paprastai dideli pramoniniai deginimo įrenginiai, tokie kaip katilinės, turi daugiau monitoringo įrenginių ir mechanizmų, kontroliuojančių degimo efektyvumą. Maži komerciniai ir namų ūkyje naudojami deginimo įrenginiai yra labai skirtingi degimo efektyvumo atžvilgiu, degimo procesų valdymas juose yra labai ribotas.

Pagrindinė nepilno sudegimo priežastis yra nepakankamas oro ir kuro maišymasis. Skysto ir susmulkinto kieto kuro deginimo įrenginiai pasižymi geru kuro ir oro maišymusi,

tuo tarpu stambesnių gabaritų kieto kuro deginimo įrenginiai pasižymi prastu kuro ir oro maišymusi.

Oro ir kuro santykis degimo aplinkoje yra svarbus faktorius POP formavimuisi. Oro padavimas yra svarbus sistemoms su prastu kuro ir oro maišymu. Degimo įrenginiai su prastu oro padavimu paprastai pasižymi žema degimo temperatūra ir negali visiškai oksiduoti viso kuro. Dažnai paleidžiamose ir išjungiamose sistemose oro ir kuro santykis taip pat yra prastas. Nesudegę angliavandeniliai, tarp kurių yra nemažai policiklinių aromatinių junginių, gali būti emituojami į atmosferą.

Kieto ir skysto kuro deginimo įrenginiuose tiekiamo kuro kiekis gali įtakoti degimo efektyvumą, o taip pat ir POP formavimąsi. Didesnių skysto kuro lašelių susidarymas sąlygoja prastas degimo sąlygas ir didina POP formavimosi tikimybę. Dažniausiai skysto kuro lašelių dydžio pasiskirstymą sąlygoja kuro klampumas. Didesnio klampumo kuro atomizavimo efektyvumas mažesnis, todėl gaunami didesni lašeliai. Tai gi, distiliuota alyva yra lengviau atomizuojama nei mazutas ir gaunami smulkesni lašeliai. Dėl šios priežasties, taip pat atsižvelgiant į distiliuotos alyvos mažesnę anglies ir vandenilio santykį. POP formavimosi tikimybė distiliuotą alyvą deginančiuose šaltiniuose yra mažesnė nei deginančiuose mazutą.

Kieto kuro dydis įtakoja degimo greitį, o taip pat ir POP formavimąsi. Kieto kuro degimo procesas sudarytas iš daugelio ciklų sekos. Kiekviename degimo cikle gali susiformuoti POP. Pirmiausiai sudega lakieji komponentai esantys ant kuro dalelės paviršiaus, po to – likutinė kieta struktūra. Kai atsidengia nauja nesureagavusi kieta medžiaga – procesas kartojasi. Taigi, kuo didesnio dydžio bus kietas kuras, tuo daugiau ciklų reikės pakartoti ir tuo ilgesnė bus degimo proceso trukmė. Didėjant ciklų pakartojimų skaičiui didėja ir nepilno sudegimo bei POP formavimosi tikimybė. Kietu kuru kūrenamos krosnys ir oro šildytuvai turi didžiausią POP taršos potencialą, priklausantį nuo kieto kuro dydžio.

PAH taršos faktoriai buvo imami iš [4] šaltinio ir apibendrinti 7 lentelėje. Polichlorinuotų bifenilų (PCB) taršos faktoriai buvo imami iš [5] šaltinio, dioksinų/furanų taršos faktoriai buvo imami iš [6] šaltinio (8 lentelė).

Lentelė 7. PAH taršos faktoriai, [mg/GJ].

Deginimo objektas	Kuras	BaP*	BbF*	BkF*	I _P *
Elektrinės	Akmens anglis	3,870	1,38	1,38	1,24
Elektrinės	Mediena	0,330	0,26	0,26	0,14
Elektrinės	Nafta	0,003	0,01	0,01	0,01
Elektrinės	Orimulsija	0,003	0,01	0,01	0,01
Elektrinės	Mazutas	0,003	0,01	0,01	0,01
Elektrinės	Gazoliai	0,003	0,01	0,01	0,01
Elektrinės	Dyzelinis kuras	0,080	0,04	0,07	0,16
Elektrinės	Lignitas	0,020	0,01	0,01	0,02
Šiluminės katilinės	Akmens anglis	0,010	6,17	6,17	0,11
Šiluminės katilinės	Mediena	0,330	0,26	0,26	0,14
Šiluminės katilinės	Nafta	0,003	0,01	0,01	0,01
Šiluminės katilinės	Orimulsija	0,003	0,01	0,01	0,01
Šiluminės katilinės	Mazutas	0,003	0,01	0,01	0,01
Šiluminės katilinės	Gazoliai	0,003	0,01	0,01	0,01
Šiluminės katilinės	Dyzelinis kuras	0,080	0,04	0,07	0,16
Šiluminės katilinės	Lignitas	0,020	0,01	0,01	0,02
Pramonė	Akmens anglis	0,010	6,17	6,17	0,11

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

Pramonė	Mediena	0,330	0,26	0,26	0,14
Pramonė	Nafta	0,000	0,01	0,01	0,01
Pramonė	Mazutas	0,000	0,01	0,01	0,01
Pramonė	Gazoliai	0,000	0,01	0,01	0,01
Pramonė	Dyzelinis kuras	0,080	0,04	0,07	0,16
Pramonė	Lignitas	0,020	0,01	0,01	0,02
Mažos įmonės	Akmens anglis	119,400	79,62	79,62	79,62
Mažos įmonės	Mediena	0,010	0,70	0,70	0,02
Mažos įmonės	Nafta	0,003	0,01	0,01	0,01
Mažos įmonės	Mazutas	0,003	0,01	0,01	0,01
Mažos įmonės	Gazoliai	0,003	0,01	0,01	0,01
Mažos įmonės	Dyzelinis kuras	0,080	0,04	0,07	0,16
Mažos įmonės	Lignitas	0,020	0,01	0,01	0,02
Namų ūkis	Akmens anglis	119,400	79,62	79,62	79,62
Namų ūkis	Mediena	179,800	207,00	114,00	279,10
Namų ūkis	Nafta	0,060	0,06	0,06	0,06
Namų ūkis	Gamtinės dujos	0,040	0,05	0,05	0,03
Namų ūkis	Mazutas	0,060	0,06	0,06	0,06
Namų ūkis	Gazoliai	0,060	0,06	0,06	0,06
Namų ūkis	Lignitas	204,900	136,60	136,60	136,60

* Sutrumpinimai: BaP – benzo(a)pirenas, BbF – benzo(b)fluorantenas, BkF – benzo(k)fluorantenas, I_P – Indeno(1,2,3-c,d)pirenas.

Lentelė 8. PCB ir dioksinų/furanų taršos faktoriai.

Kuras	PCB* [µg/GJ]	DIOX* [ng Tek/GJ]
Akmens anglis	144	2,4
Mediena	350	90,0
Orimulsija	90	25,0
Mazutas	90	25,0
Gazoliai	90	25,0
Lignitas	257	4,5

* Sutrumpinimai: PCB – polichlorinuoti bifenilai, DIOX – dioksinai ir furanai.

2.4. Kuro suvartojimo duomenys

Kuro suvartojimo duomenys buvo imti iš Statistikos departamento leidinio „Kuro ir energijos balansas“ [7]. Aplinkos apsaugos agentūra ir regioniniai aplinkos apsaugos departamentai (RAAD) pateikė duomenis apie kuro suvartojimą katilinėse, kurių galingumas > 50 MW, bei didžiųjų taškinių šaltinių atsiskaitymus už išmetamą į atmosferą teršalų kiekį ir sudegintą kurą. Sudeginto kuro kiekių duomenų įvedimui, saugojimui, tvarkymui bei skaičiavimui buvo sukurta emisijų inventoriaus duomenų bazė PostgreSQL duomenų bazių valdymo sistemoje. Visi skaičiavimai buvo atlikti PostgreSQL programine įranga sudarant SQL užklausas. Statistikos leidinių duomenys apie sudegintą kurą ir katilinių, kurių galingumas > 50 MW, kartu su didžiųjų taškinių šaltinių atsiskaitytais duomenimis apie sudegintą kurą saugomi atskirose lentelėse.

Smulkių stacionarių šaltinių sudeginto kuro kiekis gaunamas iš Statistikos departamento leidinyje pateiktų sunaudoto kuro kiekių atėmus katilinių, kurių galingumas > 50 MW, sudeginto kuro kiekius bei didžiųjų taškinių šaltinių sudeginto kuro kiekius.

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

Statistikos departamento leidinyje nurodyti sektoriai su NFR sektoriumi buvo susiejami pagal sudarytą susiejimo lentelę (9 lentelė). Kuro rūšys buvo susiejamos su NAPFUE kuro kodu pagal sudarytą susiejimo lentelę (10 lentelė). Katilinių, kurių galingumas > 50 MW, suvartoto kuro duomenys perkeliama į inventoriaus duomenų bazę atskirai, priskiriant NFR kodą priklausomai nuo ekonominio sektoriaus ir katilinės galingumo, Visi į duomenų bazę įvesti sudeginto kuro duomenys perskaičiuojami į energijos vienetus (GJ) pagal 10 lentelę.

Į atmosferą patekęs teršalų kiekis skaičiuojamas naudojant inventoriaus duomenų bazėje įvestus duomenis: sudeginto kuro kiekį padauginus iš taršos faktorių. Didiesiems taškiniais šaltiniams skaičiuojamos tik metalų ir POP kiekiai pagal sudegintą kurą ir taršos faktorius, o pagrindinių teršalų išmetamus kiekius pateikia įmonės.

Lentelė 9. NFR sektorių kodų sąsaja su sektoriais pagal statistikos departamentą.

NFR kodas	Sektorius
1A1a e	Transformuota elektrinėse
1A1a h	Transformuota katilinėse
1A1a hg	Transformuota geoterminiuose įrenginiuose
1A1c	Sunaudota energetikos įmonėse
1A2c	Galutinis sunaudojimas pramonėje (chemikalų ir chemijos pramonės gaminių gamyba)
1A2d	Galutinis sunaudojimas pramonėje (plaušiena, popieriaus ir popierinių gaminių gamyba; leidyba, spausdinimas ir įrašytų laikmenų tiražavimas)
1A2e	Galutinis sunaudojimas pramonėje (maisto produktų, tabako ir gėrimų gamyba)
1A2f i c	Galutinis sunaudojimas statyboje (benzinas, dyzelinas, SND)
1A2f i o	Galutinis sunaudojimas pramonėje (kita pramonė; benzinai, dyzelinas, SND)
1A2f ii c	Galutinis sunaudojimas statyboje (kitas kuras)
1A2f ii e	Transformuota pramonės įmonių elektrinėse
1A2f ii h	Transformuota pramonės įmonių katilinėse
1A2f ii o	Galutinis sunaudojimas pramonėje (kita pramonė; kitas kuras)
1A3e i	Galutinis sunaudojimas kitame transporte (dujotiekyje)
1A4a	Galutinis sunaudojimas paslaugose ir kitose veiklose
1A4b i	Galutinis sunaudojimas namų ūkyje
1A4c i	Galutinis sunaudojimas žemės ūkyje (kitas kuras)
1A4c ii	Galutinis sunaudojimas žemės ūkyje (benzinas, dyzelinas, SND)

Lentelė 10. Kuro rūšių NAPFUE kodai ir energetinės vertės.

Kuro rūšis	NAPFUE kodas	Energetinė vertė[GJ/t]
Akmens anglis	102	25,118
Anglių briketai	102	16,250
Benzinas	208	43,800
Biodujos [GJ/m ³]	309	0,021
Dyzelinas	205	42,500
Durpės kurui	113	11,700
Durpių briketai	113	14,700
Gamtinės dujos [GJ/m ³]	301	0,0335
Gazoliai	204	43,000
Koksas	107	29,300
Lignitas	105	14,640

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

Mazutas	203	40,000
Mediena	111	10,750
Medžio anglis	112	28,000
Naftos dujos	314	50,000
Naftos koksas	110	32,700
Naudotos alyvos	212	41,300
Nevalytos lengvosios alyvos	201	42,300
Orimulsija	202	28,020
Skalūnų alyva	211	40,700
Suskystintos naftos dujos	303	46,000
Žalia nafta	201	41,860
Žemės ūkio atliekos	117	14,7
Žibalas	206	43,0

3. KELIŲ TRANSPORTAS

Remiantis prognozėmis, ženkliausias lengvųjų naftos produktų sunaudojimo padidėjimas yra transporto sektoriuje. Dabartinės transporto kuro apdirbimo, saugojimo ir platinimo sąlygos yra pakankamos, kad būtų galima patenkinti ateities poreikius.

Naudojamos energijos efektyvumo ir transporto saugumo didėjimas bei alternatyvaus ir labiau tausojančio gamtą kuro naudojimas yra vienas iš transporto sektoriaus tikslų *Plėtros Palaikymo Strategijoje*. Ilgalaikis tikslas yra padidinti mažiau teršiančio kuro skystos naftos dujų (LPG) ir suspaustų natūralių dujų (CNG) bei mažiau sieros turinčio naftos kuro laivams) ir alternatyvaus kuro naudojimą. Vienas uždavinių yra užtikrinti, kad biokuras (biodyzelinas ir bioetanolis) sudarytų ne mažiau 15 % transporto kuro iki 2020 m. Labiau aplinką tausojančių transporto priemonių naudojimas yra taip pat svarbus, kaip ir tobulesnių transporto sistemų sukūrimas.

3.1. Teršalų išmestų į atmosferą kiekio iš kurą deginančių transporto priemonių vertinimas

Oro kokybė buvo didžiausia nerimą kelianti problema nagrinėjant transporto priemonių išmetimus, bet ženklus technologijų tobulėjimas efektyviai sumažino šį pavojų. Dabar šiltnamio dujos (ir energijos suvartojimas) iš transporto priemonių yra pagrindinė transporto priemonių plėtros problema.

Šiame skyriuje pateikta informacija apie taršos faktorius ir aktyvumo duomenis, reikalingus išmetamų teršalų kiekio iš transporto priemonių išmetimo sistemų skaičiavimui (NFR sektoriai 1A3b i - iv). Pagrindiniai transporto sektoriaus teršalai yra: ozono pirmtakai (CO, NO_x, NMLOJ), šiltnamio dujos (CO₂, CH₄, N₂O), rūgštinančios medžiagos (NH₃, SO₂), kietosios dalelės (TSP, PM₁₀, PM_{2,5}), kancerogenai (PAH ir POP), toksinės medžiagos (dioksinai ir furanai) ir sunkieji metalai (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn).

Vertinant išmetamus kiekius buvo naudojama UNECE transporto priemonių klasifikacija, Transporto teršalų kiekio vertinime įskaitomos tokios transporto priemonių kategorijos:

- Lengvosios TP,
- Lengvosios krovininės TP,
- Sunkiosios krovininės TP,
- Autobusai,
- Mopedai,
- Motociklai.

Transporto priemonės yra varomos vidaus degimo varikliu, kurie degina benzina, dyzeliną arba LPG. Degimo proceso pagrindiniai produktai yra CO₂ ir nekenksmingas H₂O. Degimo proceso metu atsiranda ir šalutiniai produktai dėl nepakankamos kuro oksidacijos (CO, angliavandeniliai, dalelinė medžiaga) ar dėl į variklį patekusių nedegiančių medžiagų oksidacijos (NO_x iš esančio ore N₂, SO_x iš kure ir tepale esančios S ir k.t.). Kad būtų sumažintas šalutinių produktų kiekis transporto priemonių išmetimo sistemoje sumontuojami katalizatoriai. Deja, šios priemonės taip pat gali generuoti mažus teršalus, tokių kaip NH₃ ir N₂O, kiekius.

Benzininiai (taip pat tiesioginio įpurškimo) varikliai naudojami lengvuosiuose automobiliuose (iki 3,5 t BAM), nes jų galios/svorio santykis yra didesnis, tylesnis veikimas ir platesnės naudojimo galimybės palyginus su dyzeliniais varikliais. Labai

mažoms transporto priemonėms (mopedams ir motociklams) tinkamesni dvitakčiai vidaus degimo varikliai, nes jų galios/dydžio santykis yra didžiausias. Dyzeliniai varikliai dominuoja didelėms transporto priemonėms dėl geresnio kuro efektyvumo ir sukimo momento charakteristikų, lyginant su benzininiais varikliais. Bet pastaruoju metu padidėjo ir lengvųjų dyzelių automobilių paklausa dėl keletu technologinių patobulinimų, tokių kaip tiesioginis kuro įpurškimas, elektroninė variklių kontrolė ir pan., kurie padidino jų galingumą.

Transporto priemonės emituoja CO, NO_x, NMLOJ, CH₄, CO₂, N₂O, NH₃, SO_x, dyzelino išmetamas sveikatai žalingas daleles (TSP, PM₁₀, PM_{2,5}), PAH ir POP, dioksinus ir furanus bei kure esančius sunkiuosius metalus (šviną, kadmį, varį, chromą, nikelį, seleną ir cinką). NMLOJ teršalų kiekis apima angliavandenilių, tokių kaip alkenai, alkinai, aldehidai, ketonai ir aromatiniai angliavandeniliai, junginius. Teršalų kiekio vertės priklauso nuo naudojamo kuro. Skaičiavimuose, kiekvienai transporto priemonių kategorijai, variklio tipui, ekologiniam standartui ir skirtingoms eismo sąlygoms – miesto, užmiesčio ir automagistralių – priskiriami atitinkami emisijų ir kuro sunaudojimo faktoriai.

3.1.1. Teršalų išmetų į atmosferą kiekio, kuro suvartojimo ir ridos vertinimas naudojant COPERT IV

Kelių transporto išmetami teršalai ir suvartotas kuras skaičiuojami kiekvienai transporto kategorijai, variklio tipui, ekologiniam standartui ir vairavimo režimui atskirai. Šiems skaičiavimams buvo naudojami kuro balanso (iš Statistikos departamento) [7] ir eismo intensyvumo (iš Transporto instituto) [8] duomenys, transporto priemonių kiekis pagal kategoriją, variklio tipą ir pagaminimo metus (iš Regitros); taip pat buvo naudojama COPERT IV programinė įranga taršos faktorių ir kuro suvartojimo faktorių skaičiavimams [9]. Eismo intensyvumo, transporto priemonių kiekis, taip pat COPERT IV skaičiavimo rezultatai buvo perkelti į inventoriaus duomenų bazę ir apdorojami PostgreSQL duomenų bazių valdymo sistema.

Taršos faktoriams skaičiuoti buvo naudojama COPERT IV programinė įranga. Naudojantis šia programa buvo skaičiuojami kelių transporto priemonių taršos faktoriai šioms teršalams: CO, NO_x, NH₃, NMLOJ, TSP, taip pat kuro suvartojimo faktoriai. Taršos faktoriai ir kuro suvartojimo faktoriai buvo skaičiuojami kiekvienai transporto kategorijai, variklio tipui, ekologiniam standartui ir vairavimo režimui atskirai. Programos naudojami pradiniai duomenys yra skirtingų vairavimo režimų vidutiniai greičiai (magistralės, užmiesčio, miesto) kiekvienai transporto kategorijai atskirai (11 lentelė).

Lentelė 11. Vidutiniai greičiai, COPERT IV modelyje, [km/h].

Transporto kategorija	Miesto režimas	Užmiesčio režimas	Magistralės režimas
Lengvosios TP	30	70	100
Lengvosios krovininės TP	25	65	100
Sunkiosios krovininės TP	25	65	90
Autobusai	20	65	85
Motociklai > 50 cm ³	30	70	90

Gauti rezultatai (taršos faktoriai ir kuro suvartojimo faktoriai) buvo perkelti į inventoriaus duomenų bazę. Iš COPERT IV sesijos rezultatų duomenų bazės į darbinę duomenų bazę importuojamos šios lentelės: tblHOTfact (darbinės temperatūros variklių

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

taršos faktorių ir kuro faktorių lentelė), tblSector (sektorių – transporto kategorijų vardų lentelė), tblSubsector (subsektorių – variklių tipų vardų lentelė), tblTech (technologijų – ekologinių standartų vardų lentelė). Taršos faktoriai perkelti į inventoriaus duomenų bazę taršos faktorių lentelę perskaičiuojami į [g/GJ] vienetus padalijant taršos faktorius (g/km vienetais) iš atitinkamų kuro suvartojimo faktorių (g/km vienetais) ir padauginant iš atitinkamo kuro energetinės vertės (12 lentelė).

CO, NMLOJ, NO_x, NH₃ ir TSP kiekiai bei kuro faktoriai buvo suskaičiuoti naudojant COPERT IV programą (13 – 17 lentelės). PM₁₀ ir PM_{2,5} taršos faktoriai skaičiuojami pagal TSP taršos faktorius ir pagal tokių dalelių dydžių pasiskirstymą [3]: PM₁₀ sudaro 96 % TSP, PM_{2,5} – 86,5 % TSP.

Lentelė 12. Kuro energetinės vertės.

Kuras	Energetinė vertė (GJ/t)
Dyzelinas	42,7
Benzinas	43,8
LPG	46,0

Lentelė 13. Keleivinių TP taršos faktoriai [g/GJ].

Variklio tipas	Ekologijos standartas	CO	NO _x	NMVOG	NH ₃	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}
Greitkelis								
Benzinas < 1,4 l	PRE ECE	5647,45	736,13	453,76	0,73	0	0	0
	ECE 15/00-01	8747,20	950,35	526,78	0,94	0	0	0
	ECE 15/02	3683,29	1297,18	423,62	0,89	0	0	0
	ECE 15/03	3397,90	1460,83	423,62	0,89	0	0	0
	ECE 15/04	2054,12	1274,14	334,09	0,96	0	0	0
	Euro I	1650,39	307,89	53,52	51,96	0	0	0
	Euro II	1122,26	110,84	11,24	51,96	0	0	0
	Euro III	924,22	73,89	8,03	51,96	0	0	0
	Euro IV	561,13	40,03	1,61	51,96	0	0	0
Benzinas 1,4 – 2,0 l	PRE ECE	4638,78	935,53	372,72	0,60	0	0	0
	ECE 15/00-01	7049,99	1185,09	424,57	0,76	0	0	0
	ECE 15/02	3159,93	1255,94	363,43	0,77	0	0	0
	ECE 15/03	2915,09	1328,12	363,43	0,77	0	0	0
	ECE 15/04	1882,38	1545,70	306,16	0,88	0	0	0
	Euro I	1141,55	251,88	39,16	47,53	0	0	0
	Euro II	776,26	90,68	8,22	47,53	0	0	0
	Euro III	639,27	60,45	5,48	47,53	0	0	0
	Euro IV	388,13	32,74	1,17	47,53	0	0	0
Benzinas > 2,0 l	PRE ECE	4014,39	1422,62	322,55	0,52	0	0	0
	ECE 15/00-01	6411,98	1893,98	386,15	0,69	0	0	0
	ECE 15/02	2667,39	1188,38	306,78	0,65	0	0	0
	ECE 15/03	2460,71	1486,76	306,78	0,65	0	0	0
	ECE 15/04	1401,74	1204,26	227,98	0,65	0	0	0
	Euro I	436,50	233,01	51,70	44,72	0	0	0
	Euro II	296,82	83,88	12,41	44,72	0	0	0
	Euro III	244,44	55,92	8,27	44,72	0	0	0
	Euro IV	152,77	30,29	2,58	44,72	0	0	0
Dyzelinas < 2,0 l	Conventional	179,70	246,87	28,81	0,47	79,48	76,30	68,75
	Euro I	81,36	305,55	14,47	0,49	35,52	34,10	30,72
	Euro II	81,36	305,55	14,47	0,49	35,52	34,10	30,72

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

	Euro III	81,36	235,27	12,30	0,49	25,57	24,55	22,12
	Euro IV	81,36	161,94	9,99	0,49	15,98	15,34	13,83
Dyzelinas > 2,0 l	Conventional	179,70	402,56	28,81	0,47	79,48	76,30	68,75
	Euro I	81,36	305,55	14,47	0,49	35,52	34,1	30,72
	Euro II	81,36	305,55	14,47	0,49	35,52	34,10	30,72
	Euro III	81,36	235,27	12,30	0,49	25,57	24,55	22,12
	Euro IV	81,36	161,94	9,99	0,49	15,98	15,34	13,83
	Conventional	3914,25	1151,70	197,15	0	0	0	0
LPG	Euro I	1429,78	119,61	33,38	0	0	0	0
	Euro II	972,25	43,06	7,01	0	0	0	0
	Euro III	800,68	28,71	5,01	0	0	0	0
	Euro IV	486,13	15,55	1,00	0	0	0	0
	Conventional	3914,25	1151,70	197,15	0	0	0	0
Užmiestis								
Benzinas < 1,4 l	PRE ECE	8025,24	855,96	663,02	0,83	0	0	0
	ECE 15/00-01	7435,75	1058,88	645,00	1,03	0	0	0
	ECE 15/02	4144,67	1062,45	536,28	1,01	0	0	0
	ECE 15/03	4444,40	1138,77	536,28	1,01	0	0	0
	ECE 15/04	2604,71	1098,09	470,44	1,05	0	0	0
	Euro I	334,69	213,79	49,02	60,09	0	0	0
	Euro II	227,59	76,97	10,29	60,09	0	0	0
	Euro III	187,43	51,31	7,35	60,09	0	0	0
	Euro IV	113,79	27,79	1,47	60,09	0	0	0
	PRE ECE	6587,88	914,26	544,27	0,68	0	0	0
Benzinas 1,4 – 2,0 l	ECE 15/00-01	6470,81	1198,98	561,29	0,89	0	0	0
	ECE 15/02	3693,62	1070,70	477,92	0,90	0	0	0
	ECE 15/03	3960,73	1161,97	477,92	0,90	0	0	0
	ECE 15/04	2303,89	1281,48	416,11	0,93	0	0	0
	Euro I	485,79	181,25	43,09	51,87	0	0	0
	Euro II	330,34	65,25	9,05	51,87	0	0	0
	Euro III	272,05	43,50	6,03	51,87	0	0	0
	Euro IV	165,17	23,56	1,29	51,87	0	0	0
	PRE ECE	5517,35	1167,24	455,83	0,57	0	0	0
	ECE 15/00-01	5790,74	1635,65	502,30	0,80	0	0	0
Benzinas > 2,0 l	ECE 15/02	2959,45	965,43	382,92	0,72	0	0	0
	ECE 15/03	3173,46	1241,74	382,92	0,72	0	0	0
	ECE 15/04	1948,15	1081,17	351,86	0,79	0	0	0
	Euro I	400,53	199,75	80,79	49,20	0	0	0
	Euro II	272,36	71,91	19,39	49,20	0	0	0
	Euro III	224,30	47,94	12,93	49,20	0	0	0
	Euro IV	140,18	25,97	4,04	49,20	0	0	0
	Conventional	268,08	246,02	48,91	0,57	75,13	72,12	64,99
	Euro I	60,57	270,74	18,20	0,55	19,15	18,38	16,56
	Euro II	60,57	270,74	18,20	0,55	19,15	18,38	16,56
Dyzelinas < 2,0 l	Euro III	60,57	208,47	15,47	0,55	13,78	13,23	11,92
	Euro IV	60,57	143,49	12,56	0,55	8,62	8,27	7,45
	Conventional	268,08	410,71	48,91	0,57	75,13	72,12	64,99
	Euro I	60,57	270,74	18,20	0,55	19,15	18,38	16,56
	Euro II	60,57	270,74	18,20	0,55	19,15	18,38	16,56
Dyzelinas > 2,0 l	Euro III	60,57	208,47	15,47	0,55	13,78	13,23	11,92
	Euro IV	60,57	143,49	12,56	0,55	8,62	8,27	7,45
	Conventional	268,08	410,71	48,91	0,57	75,13	72,12	64,99
	Euro I	60,57	270,74	18,20	0,55	19,15	18,38	16,56
	Euro II	60,57	270,74	18,20	0,55	19,15	18,38	16,56
LPG	Euro III	389,52	32,68	5,13	0	0	0	0
	Euro IV	60,57	143,49	12,56	0,55	8,62	8,27	7,45
	Conventional	1146,38	1248,46	322,09	0	0	0	0
	Euro I	695,58	136,15	34,23	0	0	0	0
Euro II	472,99	49,01	7,19	0	0	0	0	

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

	Euro IV	236,50	17,70	1,03	0	0	0	0
Miestas								
Benzinas < 1,4 l	PRE ECE	9508,97	496,65	828,67	0,58	0	0	0
	ECE 15/00-01	7718,40	563,16	745,54	0,65	0	0	0
	ECE 15/02	7134,59	547,27	812,13	0,72	0	0	0
	ECE 15/03	7480,48	568,38	812,13	0,72	0	0	0
	ECE 15/04	4745,53	642,04	726,25	0,80	0	0	0
	Euro I	1232,18	130,9	111,4	26,74	0	0	0
	Euro II	837,88	47,12	23,39	26,74	0	0	0
	Euro III	690,02	31,42	16,71	26,74	0	0	0
	Euro IV	418,94	17,02	3,34	26,74	0	0	0
Benzinas 1,4 – 2,0 l	PRE ECE	8028,98	480,96	699,70	0,49	0	0	0
	ECE 15/00-01	6518,66	545,50	629,65	0,55	0	0	0
	ECE 15/02	5996,81	519,83	682,62	0,6	0	0	0
	ECE 15/03	6287,54	521,96	682,62	0,60	0	0	0
	ECE 15/04	3891,13	639,59	595,50	0,66	0	0	0
	Euro I	1105,03	100,56	66,46	20,24	0	0	0
	Euro II	751,42	36,20	13,96	20,24	0	0	0
	Euro III	618,82	24,13	9,30	20,24	0	0	0
	Euro IV	375,71	13,07	1,99	20,24	0	0	0
Benzinas > 2,0 l	PRE ECE	6508,72	491,56	567,21	0,39	0	0	0
	ECE 15/00-01	5860,85	618,34	566,11	0,50	0	0	0
	ECE 15/02	4867,48	476,11	554,07	0,49	0	0	0
	ECE 15/03	5103,46	661,96	554,07	0,49	0	0	0
	ECE 15/04	3134,75	596,46	479,74	0,53	0	0	0
	Euro I	1284,48	107,30	74,33	16,19	0	0	0
	Euro II	873,44	38,63	17,84	16,19	0	0	0
	Euro III	719,31	25,75	11,89	16,19	0	0	0
	Euro IV	449,57	13,95	3,72	16,19	0	0	0
Dyzelinas < 2,0 l	Conventional	262,11	201,13	65,03	0,34	83,40	80,07	72,14
	Euro I	244,45	319,35	39,31	0,39	30,56	29,34	26,44
	Euro II	244,45	319,35	39,31	0,39	30,56	29,34	26,44
	Euro III	244,45	245,90	33,41	0,39	22,01	21,13	19,04
	Euro IV	244,45	169,26	27,12	0,39	13,75	13,20	11,90
Dyzelinas > 2,0 l	Conventional	262,11	311,04	65,03	0,34	83,40	80,07	72,14
	Euro I	244,45	319,35	39,31	0,39	30,56	29,34	26,44
	Euro II	244,45	319,35	39,31	0,39	30,56	29,34	26,44
	Euro III	244,45	245,90	33,41	0,39	22,01	21,13	19,04
	Euro IV	244,45	169,26	27,12	0,39	13,75	13,20	11,90
LPG	Conventional	1287,03	747,93	511,25	0	0	0	0
	Euro I	694,61	152,71	136,53	0	0	0	0
	Euro II	472,33	54,98	28,67	0	0	0	0
	Euro III	388,98	36,65	20,48	0	0	0	0
	Euro IV	236,17	19,85	4,10	0	0	0	0

Lentelė 14. Lengvųjų krovinių TP taršos faktoriai [g/GJ].

Variklio tipas	Ekologijos standartas	CO	NO _x	NM _{VOC}	NH ₃	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}
Greitkelis								
Benzinas	Conventional	6054,66	1344,06	195,04	0,72	0	0	0
	Euro I	1213,08	158,92	23,24	30,50	0	0	0
	Euro II	739,98	54,03	5,58	30,50	0	0	0
	Euro III	630,80	33,37	3,25	30,50	0	0	0

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

	Euro IV	339,66	15,89	1,39	30,50	0	0	0
Dyzelinas	Conventional	311,92	342,74	26,37	0,25	87,39	83,90	75,60
	Euro I	194,93	346,15	29,60	0,28	42,71	41,00	36,90
	Euro II	194,93	346,15	29,60	0,28	42,71	41,00	36,90
	Euro III	159,84	290,77	18,35	0,28	28,62	27,47	24,70
	Euro IV	126,70	235,38	6,81	0,28	14,95	14,35	12,90
Užmiestis								
Benzinas	Conventional	2316,18	1188,86	277,84	0,76	0	0	0
	Euro I	279,60	129,74	35,50	32,44	0	0	0
	Euro II	170,56	44,11	8,52	32,44	0	0	0
	Euro III	145,39	27,25	4,97	32,44	0	0	0
	Euro IV	78,29	12,97	2,13	32,44	0	0	0
Dyzelinas	Conventional	358,42	299,25	37,49	0,36	107,73	103,42	93,19
	Euro I	132,09	392,54	42,48	0,40	26,48	25,42	22,91
	Euro II	132,09	392,54	42,48	0,40	26,48	25,42	22,91
	Euro III	108,31	329,74	26,34	0,40	17,74	17,03	15,35
	Euro IV	85,86	266,93	9,77	0,40	9,27	8,90	8,02
Miestas								
Benzinas	Conventional	5800,27	518,76	641,71	0,43	0	0	0
	Euro I	1549,64	90,04	59,11	12,91	0	0	0
	Euro II	945,28	30,61	14,19	12,91	0	0	0
	Euro III	805,81	18,91	8,28	12,91	0	0	0
	Euro IV	433,90	9,00	3,55	12,91	0	0	0
Dyzelinas	Conventional	320,78	650,03	38,14	0,24	68,74	65,99	59,46
	Euro I	151,94	370,88	41,96	0,27	26,66	25,59	23,06
	Euro II	151,94	370,88	41,96	0,27	26,66	25,59	23,06
	Euro III	124,59	311,54	26,02	0,27	17,86	17,15	15,45
	Euro IV	98,76	252,20	9,65	0,27	9,33	8,96	8,07

Lentelė 15. Sunkiųjų krovinių TP taršos faktoriai [g/GJ].

Svoris	Ekologijos standartas	CO	NO _x	NM ₁₀ VOC	NH ₃	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}
Greitkelis								
3,5 – 7,5 t	Conventional	312,67	621,92	147,76	0,57	36,12	34,68	31,25
	Euro I	171,97	559,72	110,82	0,57	23,48	22,54	20,31
	Euro II	156,34	404,25	103,43	0,57	14,45	13,87	12,50
	Euro III	109,43	282,97	72,40	0,57	10,11	9,71	8,75
	Euro IV	79,73	197,77	50,68	0,57	1,91	1,84	1,66
7,5 – 16 t	Conventional	208,52	530,86	98,54	0,38	46,64	44,77	40,34
	Euro I	114,69	477,78	73,90	0,38	30,32	29,10	26,22
	Euro II	104,26	345,06	68,98	0,38	18,66	17,91	16,14
	Euro III	72,98	241,54	48,28	0,38	13,06	12,54	11,30
	Euro IV	53,17	168,81	33,80	0,38	2,47	2,37	2,14
16 – 32 t	Conventional	157,16	679,98	74,27	0,29	42,72	41,01	36,95
	Euro I	102,16	373,99	55,70	0,29	27,77	26,66	24,02
	Euro II	102,16	305,99	48,27	0,29	10,68	10,25	9,24
	Euro III	71,51	214,19	33,79	0,29	7,48	7,18	6,47
	Euro IV	52,18	149,60	23,62	0,29	1,41	1,35	1,22
> 32 t	Conventional	122,43	806,16	57,85	0,22	35,97	34,53	31,12
	Euro I	79,58	443,39	43,39	0,22	23,38	22,45	20,23
	Euro II	79,58	362,77	37,61	0,22	8,99	8,63	7,78
	Euro III	55,70	253,94	26,32	0,22	6,30	6,04	5,45

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

	Euro IV	40,65	177,36	18,40	0,22	1,19	1,14	1,03
Užmiestis								
3,5 – 7,5 t	Conventional	522,80	553,87	262,2	0,76	60,65	58,22	52,46
	Euro I	313,68	387,71	196,65	0,76	39,42	37,84	34,1
	Euro II	287,54	304,63	183,54	0,76	24,26	23,29	20,98
	Euro III	201,28	213,24	128,48	0,76	16,98	16,3	14,69
	Euro IV	146,91	148,99	89,94	0,76	3,21	3,09	2,78
7,5 – 16 t	Conventional	317,19	648,41	159,08	0,46	71,67	68,81	62,00
	Euro I	190,31	453,89	119,31	0,46	46,59	44,72	40,30
	Euro II	174,45	356,63	111,36	0,46	28,67	27,52	24,80
	Euro III	122,12	249,64	77,95	0,46	20,07	19,27	17,36
	Euro IV	89,13	174,42	54,57	0,46	3,80	3,65	3,29
16 – 32 t	Conventional	213,60	897,96	107,13	0,31	58,36	56,03	50,49
	Euro I	128,16	538,78	69,63	0,31	37,94	36,42	32,82
	Euro II	106,80	404,08	64,28	0,31	14,59	14,01	12,62
	Euro III	74,76	282,86	44,99	0,31	10,21	9,81	8,83
	Euro IV	54,47	197,55	31,50	0,31	1,93	1,85	1,67
> 32 t	Conventional	159,10	1002,18	79,80	0,23	46,77	44,9	40,46
	Euro I	95,46	601,31	51,87	0,23	30,40	29,19	26,30
	Euro II	79,55	450,98	47,88	0,23	11,69	11,23	10,11
	Euro III	55,69	315,69	33,51	0,23	8,19	7,86	7,08
	Euro IV	40,57	220,48	23,46	0,23	1,54	1,48	1,34
Miestas								
3,5 – 7,5 t	Conventional	754,67	796,58	450,78	0,57	88,60	85,05	76,64
	Euro I	377,34	557,61	338,08	0,57	57,59	55,28	49,81
	Euro II	301,87	398,29	315,54	0,57	35,44	34,02	30,65
	Euro III	211,31	278,80	220,88	0,57	24,81	23,81	21,46
	Euro IV	153,95	195,16	154,62	0,57	4,70	4,51	4,06
7,5 – 16 t	Conventional	423,77	911,10	253,13	0,32	98,67	94,73	85,35
	Euro I	211,89	637,77	189,84	0,32	64,14	61,57	55,48
	Euro II	169,51	455,55	177,19	0,32	39,47	37,89	34,14
	Euro III	118,66	318,89	124,03	0,32	27,63	26,52	23,9
	Euro IV	86,45	223,22	86,82	0,32	5,23	5,02	4,52
16 – 32 t	Conventional	269,51	1041,22	160,98	0,20	74,78	71,78	64,68
	Euro I	148,23	572,67	80,49	0,20	48,6	46,66	42,04
	Euro II	121,28	416,49	72,44	0,20	18,69	17,95	16,17
	Euro III	84,90	291,54	50,71	0,20	13,09	12,56	11,32
	Euro IV	61,99	204,08	35,42	0,20	2,47	2,37	2,13
> 32 t	Conventional	205,19	1134,53	122,56	0,15	60,41	57,99	52,25
	Euro I	112,85	623,99	61,28	0,15	39,26	37,69	33,96
	Euro II	92,33	453,81	55,15	0,15	15,10	14,50	13,06
	Euro III	64,63	317,67	38,61	0,15	10,57	10,15	9,14
	Euro IV	47,19	222,37	26,96	0,15	1,99	1,91	1,72

Lentelė 16. Autobusų taršos faktoriai [g/GJ].

Autobuso tipas	Ekologijos standartas	CO	NO _x	NMVOG	NH ₃	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}
Greitkelis								
Tarpmiestiniai autobusai	Conventional	179,59	921,71	100,71	0,35	41,16	39,52	35,61
	Euro I	116,74	506,94	75,54	0,35	26,76	25,69	23,14
	Euro II	116,74	414,77	65,46	0,35	10,29	9,88	8,90
	Euro III	81,72	290,34	45,82	0,35	7,2	6,92	6,23
	Euro IV	59,63	202,78	32,03	0,35	1,36	1,30	1,18
Užmiestis								
Tarpmiestiniai autobusai	Conventional	216,98	913,47	123,24	0,34	48,39	46,45	41,86

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

	Euro I	130,19	548,08	80,11	0,34	31,45	30,19	27,21
	Euro II	108,49	411,06	73,95	0,34	12,10	11,61	10,46
	Euro III	75,94	287,74	51,76	0,34	8,47	8,13	7,32
	Euro IV	55,33	200,96	36,23	0,34	1,60	1,53	1,38
Miestas								
	Conventional	394,57	1174,31	124,13	0,19	53,96	51,80	46,67
Miesto autobusai	Euro I	197,29	822,02	93,10	0,19	35,07	33,67	30,34
	Euro II	157,83	587,16	86,89	0,19	21,58	20,72	18,67
	Euro III	110,48	411,01	60,83	0,19	15,11	14,50	13,07
	Euro IV	80,49	287,71	42,58	0,19	2,86	2,75	2,47
	Conventional	317,20	1083,23	190,59	0,18	62,73	60,22	54,26
Tarp miestiniai autobusai	Euro I	174,46	595,77	95,30	0,18	40,77	39,14	35,27
	Euro II	142,74	433,29	85,77	0,18	15,68	15,05	13,56
	Euro III	99,92	303,30	60,04	0,18	10,98	10,54	9,50
	Euro IV	72,96	212,31	41,93	0,18	2,07	1,99	1,79
	Conventional	317,20	1083,23	190,59	0,18	62,73	60,22	54,26

Lentelė 17. Motociklų taršos faktoriai [g/GJ].

Variklio tipas	Ekologijos standartas	CO	NO _x	NM _{VOC}	NH ₃	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}
Greitkelis								
2-takčiai > 50 cm ³	Conventional	17230,13	78,41	5343,2	1,29	0	0	0
	97/24/EC	20795,80	44,33	4590,39	1,61	0	0	0
4-takčiai < 250 cm ³	Conventional	23992,76	223,35	716,41	1,4	0	0	0
	97/24/EC	10094,42	295,57	291,08	1,5	0	0	0
4-takčiai 250 – 750 cm ³	Conventional	17126,12	232,84	697,81	1,42	0	0	0
	97/24/EC	10094,42	295,57	291,08	1,5	0	0	0
4-takčiai > 750 cm ³	Conventional	13703,09	214,44	811,9	1,24	0	0	0
	97/24/EC	10094,42	295,57	291,08	1,5	0	0	0
Užmiestis								
2-takčiai > 50 cm ³	Conventional	17975,71	62,06	5925,14	1,41	0	0	0
	97/24/EC	17477,41	31,67	5139,66	1,71	0	0	0
4-takčiai < 250 cm ³	Conventional	22473,86	206,79	820,34	1,71	0	0	0
	97/24/EC	7800,24	261,69	394,64	1,68	0	0	0
4-takčiai 250 – 750 cm ³	Conventional	17152,78	200,09	752,53	1,59	0	0	0
	97/24/EC	7800,24	261,69	394,64	1,68	0	0	0
4-takčiai > 750 cm ³	Conventional	11982,41	176,78	1069,98	1,33	0	0	0
	97/24/EC	7800,24	261,69	394,64	1,68	0	0	0
Miestas								
2-takčiai > 50 cm ³	Conventional	17975,71	62,06	5925,14	1,41	0	0	0
	97/24/EC	17477,41	31,67	5139,66	1,71	0	0	0
4-takčiai < 250 cm ³	Conventional	22473,86	206,79	820,34	1,71	0	0	0
	97/24/EC	7800,24	261,69	394,64	1,68	0	0	0
4-takčiai 250 – 750 cm ³	Conventional	17152,78	200,09	752,53	1,59	0	0	0
	97/24/EC	7800,24	261,69	394,64	1,68	0	0	0
4-takčiai > 750 cm ³	Conventional	11982,41	176,78	1069,98	1,33	0	0	0
	97/24/EC	7800,24	261,69	394,64	1,68	0	0	0

Kelių transporto priemonių aktyvumo duomenys – sudeginto kuro kiekiai ir bendras nuvažiuotas atstumas atskirų transporto priemonių kategorijų, variklio tipų, ekologinių standartų ir vairavimo režimų duomenys buvo skaičiuojami remiantis kuro ir energijos balanso statistiniais duomenimis [17], eismo intensyvumo tyrimo rezultatais [18] bei transporto priemonių registro duomenimis (valst. įm. „Regitra“). 2010 metų eismo intensyvumo tyrimo rezultatuose pateikiami atskirų transporto priemonių kategorijų bendri nuvažiuoti atstumai magistraliniuose ir krašto keliuose atskirai. Transporto priemonių kategorijų bendri nuvažiuoti atstumai rajoniniuose ir miesto keliuose pateikti 18 lentelėje.

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

Lentelė 18. Transporto priemonių kategorijų bendri nuvažiuoti atstumai rajoniniuose ir miesto keliuose.

Sektorius	Kuras	Sunaudota, [g]			Nuvažiuota, [mln, km]		
		Greitkelis	Užmiestis	Miestas	Greitkelis	Užmiestis	Miestas
Lengvieji automobiliai, Benzias <1,4 l, ECE 15/00-01	Automobilių benzinas	3593	5450	8521	2	3	3
Lengvieji automobiliai, Benzias <1,4 l, ECE 15/02	Automobilių benzinas	2000	2926	4116	1	1	1
Lengvieji automobiliai, Benzias <1,4 l, ECE 15/03	Automobilių benzinas	11763	17207	24211	5	9	9
Lengvieji automobiliai, Benzias <1,4 l, ECE 15/04	Automobilių benzinas	76126	114948	149657	36	60	60
Lengvieji automobiliai, Benzias <1,4 l, Euro I	Automobilių benzinas	60868	87278	136674	32	52	52
Lengvieji automobiliai, Benzias <1,4 l, Euro II	Automobilių benzinas	16583	23778	37236	9	14	14
Lengvieji automobiliai, Benzias <1,4 l, Euro III	Automobilių benzinas	10765	15436	24172	6	9	9
Lengvieji automobiliai, Benzias <1,4 l, Euro IV	Automobilių benzinas	8034	11520	18040	4	7	7
Lengvieji automobiliai, Benzias 1,4 - 2,0 l, ECE 15/00-01	Automobilių benzinas	142067	199576	321521	54	89	89
Lengvieji automobiliai, Benzias 1,4 - 2,0 l, ECE 15/02	Automobilių benzinas	116880	164588	245531	45	74	74
Lengvieji automobiliai, Benzias 1,4 - 2,0 l, ECE 15/03	Automobilių benzinas	559522	787907	1175395	214	355	353
Lengvieji automobiliai, Benzias 1,4 - 2,0 l, ECE 15/04	Automobilių benzinas	1214857	1900524	2669187	533	884	880
Lengvieji automobiliai, Benzias 1,4 - 2,0 l, Euro I	Automobilių benzinas	385751	586074	1047020	183	304	303
Lengvieji automobiliai, Benzias 1,4 - 2,0 l, Euro II	Automobilių benzinas	84202	127928	228544	40	66	66
Lengvieji automobiliai, Benzias 1,4 - 2,0 l, Euro III	Automobilių benzinas	36836	55965	99981	18	29	29
Lengvieji automobiliai, Benzias 1,4 - 2,0 l, Euro IV	Automobilių benzinas	19880	30204	53959	9	16	16
Lengvieji automobiliai, Benzias 1,4 - 2,0 l, Euro V	Automobilių benzinas	6	9	17	0	0	0
Lengvieji automobiliai, Benzias >2,0 l, ECE 15/00-01	Automobilių benzinas	1101	1572	2521	0	1	1
Lengvieji automobiliai, Benzias >2,0 l, ECE 15/02	Automobilių benzinas	1407	2087	3074	0	1	1
Lengvieji automobiliai, Benzias >2,0 l, ECE 15/03	Automobilių benzinas	11760	17446	25691	4	6	6
Lengvieji automobiliai, Benzias >2,0 l, ECE 15/04	Automobilių benzinas	157376	216813	319613	51	85	85
Lengvieji automobiliai, Benzias >2,0 l, Euro I	Automobilių benzinas	93612	141075	298864	42	69	69
Lengvieji automobiliai, Benzias >2,0 l, Euro II	Automobilių benzinas	33097	49878	105666	15	25	24

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

Lengvieji automobiliai, Benzinas >2,0 l, Euro III	Automobilių benzinas	25642	38643	81863	11	19	19
Lengvieji automobiliai, Benzinas >2,0 l, Euro IV	Automobilių benzinas	7396	11146	23612	3	5	5
Lengvieji automobiliai, Dyzelinas <2,0 l, Conventional	Dyzelinis kuras	305159	416269	689676	143	237	236
Lengvieji automobiliai, Dyzelinas <2,0 l, Euro I	Dyzelinis kuras	199761	295016	415358	99	164	163
Lengvieji automobiliai, Dyzelinas <2,0 l, Euro II	Dyzelinis kuras	93893	138666	195230	46	77	77
Lengvieji automobiliai, Dyzelinas <2,0 l, Euro III	Dyzelinis kuras	74275	109692	154437	37	61	61
Lengvieji automobiliai, Dyzelina <2,0 l, Euro IV	Dyzelinis kuras	23094	34106	48018	11	19	19
Lengvieji automobiliai, Dyzelinas >2,0 l, Conventional	Dyzelinis kuras	109747	149707	248035	51	85	85
Lengvieji automobiliai, Dyzelinas >2,0 l, Euro I	Dyzelinis kuras	100492	148410	208949	50	82	82
Lengvieji automobiliai, Dyzelinas >2,0 l, Euro II	Dyzelinis kuras	52024	76832	108172	26	43	42
Lengvieji automobiliai, Dyzelinas >2,0 l, Euro III	Dyzelinis kuras	35224	52021	73241	17	29	29
Lengvieji automobiliai, Dyzelinas >2,0 l, Euro IV	Dyzelinis kuras	11002	16249	22877	5	9	9
Lengvieji automobiliai, LPG, Conventional	Suskystintos naftos dujos	1701409	2350854	3069027	685	1136	1131
Lengvieji automobiliai, LPG, Euro I	Suskystintos naftos dujos	463118	640615	753706	186	308	307
Lengvieji automobiliai, LPG, Euro II	Suskystintos naftos dujos	114392	158234	186168	46	76	76
Lengvieji automobiliai, LPG, Euro III	Suskystintos naftos dujos	62335	86226	101448	25	42	41
Lengvieji automobiliai, LPG, Euro IV	Suskystintos naftos dujos	30530	42231	49686	12	20	20
Lengvieji automobiliai, LPG, Euro V	Suskystintos naftos dujos	5	7	9	0	0	0
Lengvieji krovininiai automobiliai, Benzinas < 3,5 t, Conventional	Automobilių benzinas	63089	95795	286451	23	37	62
Lengvieji krovininiai automobiliai, Benzinas < 3,5t, Euro I	Automobilių benzinas	14059	21324	63516	4	7	12
Lengvieji krovininiai automobiliai, Benzinas < 3,5t, Euro II	Automobilių benzinas	12628	19154	57054	4	6	11
Lengvieji krovininiai automobiliai, Benzinas <3,5 t, Euro III	Automobilių benzinas	23315	35364	105337	7	11	19
Lengvieji krovininiai automobiliai, Benzinas <3,5 t, Euro IV	Automobilių benzinas	9338	14164	42190	3	5	8
Lengvieji krovininiai automobiliai, Dyzelinas <3,5 t, Conventional	Dyzelinis kuras	933293	1042468	2567184	230	370	627
Lengvieji krovininiai automobiliai, Dyzelinas	Dyzelinis kuras	230793	255359	647773	64	103	174

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

<3,5 t, Euro I								
Lengvieji krovininiai automobiliai, Dizelinas <3,5 t, Euro II	Dyzelinis kuras	153716	170078	431439	42	68	116	
Lengvieji krovininiai automobiliai, <3,5 t, Euro III	Dyzelinis kuras	135294	149695	379734	37	60	102	
Lengvieji krovininiai automobiliai, Dizelinas <3,5 t, Euro IV	Dyzelinis kuras	129227	142982	362704	36	58	97	
Lengvieji krovininiai automobiliai, Dizelinas <3,5 t, Euro V	Dyzelinis kuras	27	30	77	0	0	0	
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas 3,5 - 7,5 t, Conventional	Dyzelinis kuras	831340	576039	508435	159	147	96	
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas 3,5 - 7,5 t, Euro I	Dyzelinis kuras	108720	75332	66491	21	19	13	
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas 3,5 - 7,5 t, Euro II	Dyzelinis kuras	148032	102572	90534	28	26	17	
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas 3,5 - 7,5 t, Euro III	Dyzelinis kuras	121525	84205	74323	23	21	14	
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas 3,5 - 7,5 t, Euro IV	Dyzelinis kuras	52333	36262	32006	10	9	6	
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas 7,5 - 16 t, Conventional	Dyzelinis kuras	711892	542208	517082	91	84	55	
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas 7,5 - 16 t, Euro I	Dyzelinis kuras	61153	46577	44418	8	7	5	
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas 7,5 - 16 t, Euro II	Dyzelinis kuras	59647	45430	43325	8	7	5	
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas 7,5 - 16 t, Euro III	Dyzelinis kuras	37703	28716	27385	5	4	3	
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas 7,5 - 16 t, Euro IV	Dyzelinis kuras	15759	12003	11446	2	2	1	
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas 7,5 - 16 t, Euro V	Dyzelinis kuras	54	41	39	0	0	0	
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas 16 - 32 t, Conventional	Dyzelinis kuras	2143404	1827117	1845038	206	190	125	
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas 16 - 32 t, Euro I	Dyzelinis kuras	258827	220634	222798	25	23	15	
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas 16 - 32 t, Euro II	Dyzelinis kuras	552264	470770	475388	53	49	32	
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas 16 - 32 t, Euro III	Dyzelinis kuras	570747	486526	491298	55	51	33	

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas 16 - 32 t, Euro IV	Dyzelinis kuras	372862	317841	320959	36	33	22
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas 16 - 32 t, Euro V	Dyzelinis kuras	71	61	61	0	0	0
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas >32t, Conventional	Dyzelinis kuras	15573	13883	13716	1	1	1
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas >32t, Euro I	Dyzelinis kuras	13283	11842	11699	1	1	1
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas >32t, Euro II	Dyzelinis kuras	23909	21315	21058	2	2	1
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas >32t, Euro III	Dyzelinis kuras	19421	17313	17105	1	1	1
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas >32t, Euro IV	Dyzelinis kuras	16947	15108	14926	1	1	1
Autobusai, miesto, Conventional	Dyzelinis kuras	71012	67765	305019	8	7	19
Autobusai, miesto, Euro I	Dyzelinis kuras	16070	15335	69026	2	2	4
Autobusai, miesto, Euro II	Dyzelinis kuras	14825	14147	63678	2	1	4
Autobusai, miesto, Euro III	Dyzelinis kuras	5370	5124	23064	1	1	1
Autobusai, miesto, Euro IV	Dyzelinis kuras	6265	5978	26909	1	1	2
Autobusai, tarp miestiniai autobusai, Conventional	Dyzelinis kuras	375740	331071	1647811	44	37	101
Autobusai, tarp miestiniai autobusai, Euro I	Dyzelinis kuras	39724	35002	174211	5	4	11
Autobusai, tarp miestiniai, Euro II	Dyzelinis kuras	52927	46635	232112	6	5	14
Autobusai, tarp miestiniai, Euro III	Dyzelinis kuras	43855	38641	192326	5	4	12
Autobusai, tarp miestiniai, Euro IV	Dyzelinis kuras	23626	20817	103613	3	2	6
Motociklai, dvitakčiai >50 cm ³ , Conventional	Automobilių benzinas	1	1	0	0	0	0
Motociklai, dvitakčiai >50 cm ³ , 97/24/EC	Automobilių benzinas	0	0	0	0	0	0
Motociklai, keturtakčiai <250 cm ³ , Conventional	Automobilių benzinas	132	226	99	0	0	0
Motociklai, keturtakčiai <250 cm ³ , 97/24/EC	Automobilių benzinas	46	86	42	0	0	0
Motociklai, keturtakčiai 250 - 750 cm ³ , Conventional	Automobilių benzinas	3390	6265	3393	2	5	2
Motociklai, keturtakčiai 250 - 750 cm ³ , 97/24/EC	Automobilių benzinas	132	245	121	0	0	0
Motociklai, keturtakčiai >750 cm ³ , Conventional	Automobilių benzinas	126	245	141	0	0	0
Motociklai, keturtakčiai >750 cm ³ , 97/24/EC	Automobilių benzinas	196	364	180	0	0	0

Transporto priemonių kategorijų bendri nuvažiuoti atstumai miesto, užmiesčio ir greitkelio režimais paskirstomi skirtingų variklio tipų ir ekologinių standartų transporto priemonių grupėms (suderinamai su COPERT IV nomenklatūra) proporcingai transporto priemonių skaičiams (VĮ „Regitra“, 18 lentelė). Benzininių keleivinių automobilių skaičius paskirstomas proporcingai tarp benzinu ir LPG varomų automobilių skaičių pagal statistinius kelių transporto benzino ir LPG suvartotus kiekius energijos (TJ) vienetais. Nustatyta, kad 62 % benzininių automobilių nuvažiuoto kelio buvo nuvažiuota naudojant benzina, 38 % – naudojant LPG. Naudojant kuro suvartojimo faktorius, suskaičiuotus COPERT IV programa, buvo skaičiuojami transporto priemonių suvartoto kuro kiekiai ir, pagal statistinius suvartoto kuro kiekius, išvedami korekcijos koeficientai benzinu, dyzelinu ir LPG varomoms transporto priemonėms atskirai. Naudojantis šiais duomenimis buvo perskaičiuojami transporto priemonių nuvažiuoti atstumai ir sudeginto kuro kiekiai atskirų transporto priemonių grupių (kategorijų, variklio tipų ir ekologinių standartų) skirtingais vairavimo režimais atskirai pritaikant korekcijos koeficientus. Atlikus šiuos perskaičiavimus buvo gauti transporto priemonių aktyvumo duomenys (19 lentelė), kurie atitinka statistinius kuro suvartojimo duomenis.

Į teršalų išmetamų į atmosferą šaltinių aktyvumo duomenų lentelę buvo įterpiami suskaičiuoti atskirų transporto priemonių grupių ir vairavimo režimų suvartoto kuro kiekiai [GJ]. Automobilių padangų, stabdžių trinkelėlių ir kelio dangos dėvėjimosi išmetamų teršalų skaičiavimams buvo naudojami transporto priemonių grupių bendri nuvažiuoti atstumai (20 lentelė).

Lentelė 19. Kelių transporto priemonių kiekis.

Sektorius	Subsektorius	Technologija	2010
Lengvieji automobiliai	Benzinas<1,4 l	PRE ECE	9673
Lengvieji automobiliai	Benzinas<1,4 l	ECE 15/00-01	34594
Lengvieji automobiliai	Benzinas<1,4 l	ECE 15/02	28064
Lengvieji automobiliai	Benzinas<1,4 l	ECE 15/03	150526
Lengvieji automobiliai	Benzinas<1,4 l	ECE 15/04	151141
Lengvieji automobiliai	Benzinas<1,4 l	PC Euro 1 - 91/441/EEC	36811
Lengvieji automobiliai	Benzinas<1,4 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	26797
Lengvieji automobiliai	Benzinas<1,4 l	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	13930
Lengvieji automobiliai	Benzinas<1,4 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	12752
Lengvieji automobiliai	Benzinas<1,4 l	PC Euro 5 - EC 715/2007	3184
Lengvieji automobiliai	Benzinas1,4 - 2,0 l	PRE ECE	291
Lengvieji automobiliai	Benzinas1,4 - 2,0 l	ECE 15/00-01	991
Lengvieji automobiliai	Benzinas1,4 - 2,0 l	ECE 15/02	1164
Lengvieji automobiliai	Benzinas1,4 - 2,0 l	ECE 15/03	28018
Lengvieji automobiliai	Benzinas1,4 - 2,0 l	ECE 15/04	155159
Lengvieji automobiliai	Benzinas1,4 - 2,0 l	Improved Conventional	0
Lengvieji automobiliai	Benzinas1,4 - 2,0 l	Open Loop	0
Lengvieji automobiliai	Benzinas1,4 - 2,0 l	PC Euro 1 - 91/441/EEC	158722
Lengvieji automobiliai	Benzinas1,4 - 2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	112862
Lengvieji automobiliai	Benzinas1,4 - 2,0 l	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	43211
Lengvieji automobiliai	Benzinas1,4 - 2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	28689
Lengvieji automobiliai	Benzinas1,4 - 2,0 l	PC Euro 5 - EC 715/2007	5336
Lengvieji automobiliai	Benzinas>2,0 l	PRE ECE	1538
Lengvieji automobiliai	Benzinas>2,0 l	ECE 15/00-01	488
Lengvieji automobiliai	Benzinas>2,0 l	ECE 15/02	447
Lengvieji automobiliai	Benzinas>2,0 l	ECE 15/03	5169
Lengvieji automobiliai	Benzinas>2,0 l	ECE 15/04	38486

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

Lengvieji automobiliai	Benzinas>2,0 l	PC Euro 1 - 91/441/EEC	37983
Lengvieji automobiliai	Benzinas>2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	29073
Lengvieji automobiliai	Benzinas>2,0 l	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	23862
Lengvieji automobiliai	Benzinas>2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	14025
Lengvieji automobiliai	Benzinas>2,0 l	PC Euro 5 - EC 715/2007	0
Lengvieji automobiliai	Dyzelinas <2,0 l	Conventional	63314
Lengvieji automobiliai	Dyzelinas <2,0 l	PC Euro 1 - 91/441/EEC	83139
Lengvieji automobiliai	Dyzelinas <2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	108582
Lengvieji automobiliai	Dyzelinas <2,0 l	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	91578
Lengvieji automobiliai	Dyzelinas <2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	37939
Lengvieji automobiliai	Dyzelinas <2,0 l	PC Euro 5 - EC 715/2007	10572
Lengvieji automobiliai	Dyzelinas >2,0 l	Conventional	23348
Lengvieji automobiliai	Dyzelinas >2,0 l	PC Euro 1 - 91/441/EEC	40496
Lengvieji automobiliai	Dyzelinas >2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	47800
Lengvieji automobiliai	Dyzelinas >2,0 l	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	42936
Lengvieji automobiliai	Dyzelinas >2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	16916
Lengvieji automobiliai	Dyzelinas >2,0 l	PC Euro 5 - EC 715/2007	2727
Lengvieji automobiliai	LPG	Conventional	0
Lengvieji automobiliai	LPG	PC Euro 1 - 91/441/EEC	0
Lengvieji automobiliai	LPG	PC Euro 2 - 94/12/EEC	0
Lengvieji automobiliai	LPG	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	2230
Lengvieji automobiliai	LPG	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	109
Lengvieji automobiliai	LPG	PC Euro 5 - EC 715/2007	851
Lengvieji krovininiai automobiliai	Benzinas<3,5t	Conventional	3147
Lengvieji krovininiai automobiliai	Benzinas<3,5t	LD Euro 1 - 93/59/EEC	716
Lengvieji krovininiai automobiliai	Benzinas<3,5t	LD Euro 2 - 96/69/EEC	589
Lengvieji krovininiai automobiliai	Benzinas<3,5t	LD Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	960
Lengvieji krovininiai automobiliai	Benzinas<3,5t	LD Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	1070
Lengvieji krovininiai automobiliai	Dyzelinas <3,5 t	Conventional	42986
Lengvieji krovininiai automobiliai	Dyzelinas <3,5 t	LD Euro 1 - 93/59/EEC	10512
Lengvieji krovininiai automobiliai	Dyzelinas <3,5 t	LD Euro 2 - 96/69/EEC	8720
Lengvieji krovininiai automobiliai	Dyzelinas <3,5 t	LD Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	12531
Lengvieji krovininiai automobiliai	Dyzelinas <3,5 t	LD Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	13341
Sunkieji krovininiai automobiliai	Benzinas>3,5 t	Conventional	3049
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid <=7,5 t	Conventional	13122
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid <=7,5 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	2376
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid <=7,5 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	2148
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid <=7,5 t	HD Euro III - 2000 Standards	764
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid <=7,5 t	HD Euro IV - 2005 Standards	528
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 7,5 - 12 t	Conventional	7824

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	768
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	918
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro III - 2000 Standards	518
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro IV - 2005 Standards	381
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 7,5 - 12 t	HD Euro V - 2008 Standards	0
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 12 - 14 t	Conventional	871
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 12 - 14 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	266
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 12 - 14 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	184
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 12 - 14 t	HD Euro III - 2000 Standards	53
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 12 - 14 t	HD Euro IV - 2005 Standards	92
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 12 - 14 t	HD Euro V - 2008 Standards	0
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 14 - 20 t	Conventional	5836
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 14 - 20 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	1644
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 14 - 20 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	2737
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 14 - 20 t	HD Euro III - 2000 Standards	1399
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 14 - 20 t	HD Euro IV - 2005 Standards	617
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 14 - 20 t	HD Euro V - 2008 Standards	0
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 20 - 26 t	Conventional	1548
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 20 - 26 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	1180
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 20 - 26 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	1882
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 20 - 26 t	HD Euro III - 2000 Standards	1509
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 20 - 26 t	HD Euro IV - 2005 Standards	2455
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 20 - 26 t	HD Euro V - 2008 Standards	1641
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 26 - 28 t	Conventional	104
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 26 - 28 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	115
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 26 - 28 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	192
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 26 - 28 t	HD Euro III - 2000 Standards	116
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 26 - 28 t	HD Euro IV - 2005 Standards	147
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 26 - 28 t	HD Euro V - 2008 Standards	162
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 28 - 32 t	Conventional	71

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 28 - 32 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	172
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 28 - 32 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	295
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 28 - 32 t	HD Euro III - 2000 Standards	141
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 28 - 32 t	HD Euro IV - 2005 Standards	90
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid 28 - 32 t	HD Euro V - 2008 Standards	45
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid >32 t	Conventional	103
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid >32 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	74
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid >32 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	142
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid >32 t	HD Euro III - 2000 Standards	124
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid >32 t	HD Euro IV - 2005 Standards	241
Sunkieji krovininiai automobiliai	Rigid >32 t	HD Euro V - 2008 Standards	182
Sunkieji krovininiai automobiliai	Articulated 14 - 20 t	Conventional	1304
Sunkieji krovininiai automobiliai	Articulated 14 - 20 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	793
Sunkieji krovininiai automobiliai	Articulated 14 - 20 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	3645
Sunkieji krovininiai automobiliai	Articulated 14 - 20 t	HD Euro III - 2000 Standards	4301
Sunkieji krovininiai automobiliai	Articulated 14 - 20 t	HD Euro IV - 2005 Standards	5798
Sunkieji krovininiai automobiliai	Articulated 14 - 20 t	HD Euro V - 2008 Standards	4223
Sunkieji krovininiai automobiliai	Articulated 20 - 28 t	Conventional	3
Sunkieji krovininiai automobiliai	Articulated 20 - 28 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	0
Sunkieji krovininiai automobiliai	Articulated 20 - 28 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	7
Sunkieji krovininiai automobiliai	Articulated 20 - 28 t	HD Euro III - 2000 Standards	1
Sunkieji krovininiai automobiliai	Articulated 20 - 28 t	HD Euro IV - 2005 Standards	0
Sunkieji krovininiai automobiliai	Articulated 20 - 28 t	HD Euro V - 2008 Standards	2
Sunkieji krovininiai automobiliai	Articulated 28 - 34 t	Conventional	0
Sunkieji krovininiai automobiliai	Articulated 28 - 34 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	0
Sunkieji krovininiai automobiliai	Articulated 28 - 34 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	0
Sunkieji krovininiai automobiliai	Articulated 28 - 34 t	HD Euro III - 2000 Standards	0
Sunkieji krovininiai automobiliai	Articulated 28 - 34 t	HD Euro IV - 2005 Standards	0
Sunkieji krovininiai automobiliai	Articulated 28 - 34 t	HD Euro V - 2008 Standards	0
Sunkieji krovininiai automobiliai	Articulated 28 - 34 t	HD Euro VI	0

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

Autobusai	Miesto autobusai Standard 15 - 18 t	Conventional	5329
Autobusai	Miesto autobusai Standard 15 - 18 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	773
Autobusai	Miesto autobusai Standard 15 - 18 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	1359
Autobusai	Miesto autobusai Standard 15 - 18 t	HD Euro III - 2000 Standards	1112
Autobusai	Miesto autobusai Standard 15 - 18 t	HD Euro IV - 2005 Standards	870
Autobusai	Miesto autobusai Standard 15 - 18 t	HD Euro V - 2008 Standards	421
Autobusai	Miesto autobusai Articulated >18 t	Conventional	0
Autobusai	Miesto autobusai Articulated >18 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	0
Autobusai	Miesto autobusai Articulated >18 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	0
Autobusai	Miesto autobusai Articulated >18 t	HD Euro III - 2000 Standards	0
Autobusai	Miesto autobusai Articulated >18 t	HD Euro IV - 2005 Standards	0
Autobusai	Miesto autobusai Articulated >18 t	HD Euro V - 2008 Standards	0
Autobusai	Miesto autobusai Articulated >18 t	HD Euro VI	0
Autobusai	Tarpmiestiniai autobusai Standard <=18 t	Conventional	832
Autobusai	Tarpmiestiniai autobusai Standard <=18 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	517
Autobusai	Tarpmiestiniai autobusai Standard <=18 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	354
Autobusai	Tarpmiestiniai autobusai Standard <=18 t	HD Euro III - 2000 Standards	84
Autobusai	Tarpmiestiniai autobusai Standard <=18 t	HD Euro IV - 2005 Standards	115
Autobusai	Tarpmiestiniai autobusai Standard <=18 t	HD Euro V - 2008 Standards	2
Autobusai	Tarpmiestiniai autobusai Standard <=18 t	HD Euro VI	0
Autobusai	Tarpmiestiniai autobusai Articulated >18 t	Conventional	1061
Autobusai	Tarpmiestiniai autobusai Articulated >18 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	430
Autobusai	Tarpmiestiniai autobusai Articulated >18 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	420
Autobusai	Tarpmiestiniai autobusai Articulated >18 t	HD Euro III - 2000 Standards	117
Autobusai	Tarpmiestiniai	HD Euro IV - 2005 Standards	49

Autobusai	autobusai Articulated >18 t Tarpmiestiniai autobusai Articulated >18 t	HD Euro V - 2008 Standards	65
Motoroleriai	<50 cm ³	Conventional	22025
Motoroleriai	<50 cm ³	Mop - Euro I	3209
Motoroleriai	<50 cm ³	Mop - Euro II	3267
Motoroleriai	<50 cm ³	Mop - Euro III	8814
Motociklai	2-takčiai >50 cm ³	Conventional	0
Motociklai	2-takčiai >50 cm ³	Mot - Euro I	0
Motociklai	2-takčiai >50 cm ³	Mot - Euro II	0
Motociklai	2-takčiai >50 cm ³	Mot - Euro III	0
Motociklai	4-takčiai <250 cm ³	Conventional	2570
Motociklai	4-takčiai <250 cm ³	Mot - Euro I	1514
Motociklai	4-takčiai <250 cm ³	Mot - Euro II	918
Motociklai	4-takčiai <250 cm ³	Mot - Euro III	2058
Motociklai	4-takčiai 250 - 750 cm ³	Conventional	9246
Motociklai	4-takčiai 250 - 750 cm ³	Mot - Euro I	1703
Motociklai	4-takčiai 250 - 750 cm ³	Mot - Euro II	1153
Motociklai	4-takčiai 250 - 750 cm ³	Mot - Euro III	882
Motociklai	4-takčiai >750 cm ³	Conventional	1825
Motociklai	4-takčiai >750 cm ³	Mot - Euro I	1943
Motociklai	4-takčiai >750 cm ³	Mot - Euro II	1935
Motociklai	4-takčiai >750 cm ³	Mot - Euro III	1103

Lentelė 20. Kelių transporto priemonių bendras nuvažiuotas atstumas [mln, km].

Transporto priemonė	Nuvažiutas atstumas, km
Keleiviniai automobiliai	7 502 454 100
Lengvieji krovininiai automobiliai	1 566 991 000
Sunkieji krovininiai automobiliai	1 887 711 951
Autobusai	752 344 000
Motociklai	5 632 879
Mopedai	10 176 919

3.1.2. Sieros dioksido (SO₂) kiekio vertinimas

SO₂ taršos kiekiai nustatomi laikant, kad kure esanti siera yra pilnai transformuojama į SO₂:

$$E_{SO_2,j}^{CALC} = 2 \cdot k_{S,m} \cdot FC_{jm}^{CALC}, \quad (1)$$

čia $k_{S,m}$ – koeficientas, parodantis sieros kiekį m tipo kure [kg/kg kuro], LPG sudėtyje sieros nėra (21 lentelė).

Lentelė 21. Sieros dioksido (SO₂) taršos faktoriai [g/kg].

Kuro rūšis	k	Taršos faktorius
Benzinas	0,0005	1
Dyzelinas	0,0020	4

3.1.3. Švino (Pb) ir kitų sunkiųjų metalų kiekio vertinimas

Švino kiekis nustatomas laikant, kad 75 % esančio kure švino patenka į orą [6]:

$$E_{Pb,j}^{CALC} = 0.75 \cdot k_{Pb,m} \cdot FC_{jm}^{CALC}, \quad (2)$$

čia $k_{Pb,m}$ – m tipo benzine esančio švino koncentracija [kg/kg kuro]. Laikoma, kad švino koncentracija benzine yra 0,013 g/litre, benzino tankis – 0,75 kg/litre. Konvertavus vienetus ir apskaičiavus pagal (2) formulę, gauname taršos faktorių (22 lentelė).

Lentelė 22. Švino (Pb) taršos faktorius [mg/kg].

Kuro rūšis	k	Taršos faktorius
Benzinas	$1,73 \cdot 10^{-5}$	13
Benzinas	$1,73 \cdot 10$	15
Benzinas	$1,73 \cdot 10$	1

Sunkiųjų metalų teršalų kiekis priklauso nuo jų kiekio kure, todėl teršalų kiekis vertinamas pagal sudegintą kurą. Sunkiųjų metalų kiekio kure taršos faktoriai pateikti 22 lentelėje [6]. Suskystintos dujos (LPG) savo sudėtyje sunkiųjų metalų neturi, dėl to deginantiesiems LPG automobiliams metalų išmestas kiekis nevertinamas.

Lentelė 23. Sunkiųjų metalų taršos faktoriai visoms transporto priemonių kategorijoms [mg/kg kuro].

Kategorija	Kadmis	Varis	Chromas	Nikelis	Selenas	Cinkas
Kelių transporto priemonės	0,01	1,70	0,05	0,07	0,01	1,0

Atsižvelgiant į kitų sunkiųjų metalų išmetamus kiekius, numatyti taršos faktoriai atitinka kuro sudėtį ir variklio susidėvėjimą. Todėl laikoma, kad visas sunkiųjų metalų kiekis yra išmetamas į atmosferą (t.y, variklyje nuostolių nėra).

3.1.4. PAH ir kitų POP teršalų kiekis

PAH ir dioksinų/furanų taršos faktoriai buvo imami iš [6, 10] šaltinio, PCB – iš [6] šaltinio (24 lentelė). Taršos faktorius perkeliant į inventoriaus duomenų bazę, taršos faktoriai perskaičiuojami į masės per kuro šiluminės energijos vienetus [$\mu\text{g}/\text{GJ}$] pagal kuro suvartojimo faktorius, suskaičiuotus COPERT IV programa.

Lentelė 24. POP taršos faktoriai, [$\mu\text{g}/\text{km}$].

Teršalas	Taršos faktoriai					
	Benzininiai LA ir LKA		Dyzeliniai LA ir LKA		SKA	LPG
	Standartiniai (iki Euro I)	Euro I ir vėlesni	Tiesioginis įpurškimas	Netiesioginis įpurškimas	Tiesioginis įpurškimas	
Indeno(1,2,3-cd)pirenas	1,0300	0,3900	0,7000	2,5400	1,4000	0,01
Benzo(k)fluorantenas	0,3000	0,2600	0,1900	2,8700	6,0900	0,01
Benzo(b)fluorantenas	0,8800	0,3600	0,6000	3,3000	5,4500	0
Benzo(a)pirenas	0,4800	0,3200	0,6300	2,8500	0,9000	0,01
PCB	0,0012	0,0012	0,0500	0,0500	5,3900	0
Dioksinai ir furanai [ng Tek/km]	0,0315	0,0315	0,0015	0,0015	0,0109	0

3.2. Kelių transporto priemonių eksploatavimo metu išmestų NMLOJ į atmosferą kiekio vertinimas

CORINAIR duomenų bazėje sukaupti duomenys parodė, kad ES apie 25 % bendras LOJ teršalų kiekis gaunamas iš transporto dėl kuro išgaravimo nuostolių [4, 6]. Tai reiškia, kad garavimo nuostoliai turi didelę įtaką bendram LOJ išmestam į atmosferą kiekiui iš transporto priemonių.

Metodika, aprašoma EMEP/CORINAIR inventorizavimo vadove (2003) [4, 6], yra skirta paros nuostolių, karšto variklio ir eigos nuostolių, kurie yra pirminiai garavimo šaltiniai iš lengvųjų transporto priemonių (TP) šaltiniai, įvertinimui (NFR sektorius 1A3b v). Ši metodika taikoma benzininėms TP.

Pagrindinės lygtys garavimo metu išmestų į atmosferą NMLOJ¹ kiekiui įvertinti:

$$E_{EVA, VOC; j} = 365 \times N_j \times (e_d + S_c + S_{fi}) + R, \quad (1)$$

čia, $E_{EVA, VOC; j}$ yra išmestų NMLOJ kiekis dėl garavimo iš j kategorijos (kategorijos pateiktos priedo 2 lentelė) transporto priemonių per metus, [g]; N_j – benzininių transporto priemonių skaičius j kategorijoje (kategorijos pateiktos priedo 2 lentelė); e_d – išmetamas į atmosferą NMLOJ kiekis per parą iš benzinu varomų stovinčių transporto priemonių su atšalusiais varikliais, [g/diena]; S_c – NMLOJ kiekis, išmetamas į atmosferą dėl garavimo iš benzinu varomos transporto priemonės karšto variklio karbiuratoriaus plūdės kameros iš transporto priemonių stovinčių su užgesintais, bet dar neatšalusiais varikliais, [g/diena]; S_{fi} – NMLOJ kiekis, išmetamas į atmosferą iš benzinu varomos transporto priemonės karšto variklio su benzino įpurškimo ir garų gražinimo sistemomis, [g/diena]; R – eigos metu išmetamas į atmosferą NMLOJ kiekis iš transporto priemonių veikiant jų varikliams, [g/metus]. Be to:

$$S^c = (1 - q) \cdot (p \cdot x \cdot e^{s, hot} + w \cdot x \cdot e^{s, warm}), \quad (2)$$

$$S^{fi} = q \cdot e^{fi} \cdot x, \quad (3)$$

$$R = m_j \cdot (p \cdot e^{r, hot} + w \cdot e^{r, warm}), \quad (4)$$

čia $e^{s, hot}$ yra įkaitusio variklio karbiuratoriaus plūdės kameros išmetimų taršos faktoriaus vertė (*angl.*, emission factor) (priklausanti nuo benzino garų slėgio), [g/kelionė]; $e^{s, warm}$ – nepasiekusio darbinės temperatūros variklio išmetimų taršos faktoriaus vertė (priklausanti nuo benzino garų slėgio ir temperatūros), [g/kelionė]; e^{fi} – karšto variklio kuro išmetimų taršos faktoriaus vertė benzinu varomoms transporto priemonėms su kuro įpurškimo sistema, [g/kelionė]; $e^{r, hot}$ – karšto variklio eigos metu išmestų NMLOJ taršos faktoriaus vertė benzinu varomoms transporto priemonėms (priklausantis nuo benzino garų slėgio ir temperatūros), [g/km]; $e^{r, warm}$ – nepasiekusio darbinės temperatūros variklio eigos metu išmetamų į atmosferą NMLOJ taršos faktoriaus vertė benzinu varomoms transporto priemonėms (priklausanti nuo benzino garų slėgio ir temperatūros), [g/km] (priklausantis nuo nP ir t_a); q – benzinu varomų transporto priemonių su kuro įpurškimu frakcija [%]; p – kelionių su karštu varikliu frakcija (apibrėžiama kaip $1-w$); w – kelionių, kurios baigiasi esant šaltam arba šiltam varikliui ($< 70^\circ\text{C}$) arba prieš įsijungiant katalizatoriui, frakcija (priklauso nuo vidutinės mėnesio aplinkos temperatūros ir vidutinio apskaičiuoto kelionės ilgio, l_{trip}) [%]; x – vidutinis transporto priemonės kelionių skaičius per dieną, metinis

¹ Mūsų naudojamoje (1) formulėje, kuri paimta iš [EMEP/EEA metodikos \(The EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook, 2009\)](#), skaičiuojamas išmetamas LOJ kiekis, tačiau pagal JRC (2007) vertinimo metodiką iš benzino garavimo metu išsiskyrę LOJ kiekiai prilyginami NMLOJ kiekiams.

vidurkis ($x = v_j / (365 \cdot l_{trip})$); m_j – j kategorijos benzinu varomos transporto priemonės bendra metinė rida [km].

Taršos faktoriai e^d , $e^{s,hot}$, $e^{s,warm}$, e^{fi} , $e^{r,hot}$ ir $e^{r,warm}$ priklauso nuo naudojamos technikos, degalų savybių ir vidutinės aplinkos temperatūros. Skaičiavimo formulės paremtos Concawe [1, 2], Eggleston [5], Heine [9] ir JAV Aplinkos apsaugos agentūra (US EPA) [21] metodikomis.

Technologiniai išraiškų skirtumai atsiskleidžia skaičiavimuose, kurie buvo padaryti nustatant taršos faktorius „nekontroliuojamoms transporto priemonėms“ ir „kontroliuojamoms transporto priemonėms su mažu anglies kanistru“.

Be technologinių išraiškų skirtumo, nustatant LOJ garavimo emisiją pagal Gorißen [8] lygtį, gali būti keičiami šie parametrai: q – benzininių transporto priemonių frakcija su įdiegtu kuro įpurškimu [%], v_j – vidutinė metinė j kategorijos benzininių transporto priemonių rida [km], l_{trip} – vidutinis nuvažiuoto kelio ilgis [km], RVP – absoliutus dujų slėgis (kuro lakumas) [kPa], $t_{a,min}$ – vidutinė minimali mėnesio aplinkos temperatūra [°C], $t_{a,rise}$ – vidutinis mėnesinis aplinkos temperatūros pokytis dienos metu [°C], t_a – vidutinė mėnesio aplinkos temperatūra [°C].

Lentelėje 25 pateikiami NMLOJ garavimo taršos faktoriai ir emisijos sparta [4]. Jie apskaičiuoti Lietuvai naudojantis oficialiais „Regitros“ duomenimis apie transporto priemonių kiekį 2010 metais. Taršos faktoriai [4] literatūroje pateikti žiemos ir vasaros sezonams atskirai; įvedant taršos faktorius į inventoriaus duomenų bazę atitinkami vasaros ir žiemos sezonų taršos faktoriai sudedami – gaunami metiniai taršos faktoriai. Paros ir karšto kuro, eigos nuostolių kiekiai skaičiuojami kiekvienai kelių transporto kategorijai atskirai; skaičiavimams naudojami Valstybės Įmonės „Regitros“ transporto priemonių registro duomenys ir mūsų įvertintos transporto priemonių ridos (20 lentelė 2.1. skyriuje).

Lentelė 25. Benzino garavimo NMLOJ taršos faktoriai [4].

	NMLOJ taršos faktoriai	Vienetai
Lengvosios TP		
Paros iš stovinčių su atšalusiais varikliais ir dėl garavimo iš karšto variklio transporto priemonių išmetamas kiekis vasarą	3642,000	g/transporto priemonei
Paros iš stovinčių su atšalusiais varikliais ir dėl garavimo iš karšto variklio transporto priemonių išmetamas kiekis žiemą	4807,000	g/transporto priemonei
Eigos metu išmetamas NMLOJ kiekis vasarą	0,022	g/km
Eigos metu išmetamas NMLOJ kiekis žiemą	0,006	g/km
Lengvosios komercinės TP		
Paros iš stovinčių su atšalusiais varikliais ir dėl garavimo iš karšto variklio transporto priemonių išmetamas kiekis vasarą	3642,000	g/transporto priemonei
Paros iš stovinčių su atšalusiais varikliais ir dėl garavimo iš karšto variklio transporto priemonių išmetamas kiekis žiemą	4807,000	g/transporto priemonei
Eigos metu išmetamas NMLOJ kiekis vasarą	0,022	g/km
Eigos metu išmetamas NMLOJ kiekis žiemą	0,006	g/km
Motociklai		
Paros iš stovinčių su atšalusiais varikliais ir dėl garavimo iš karšto variklio transporto priemonių išmetamas kiekis vasarą	1457,000	g/transporto priemonei

Paros iš stovinčių su atšalusiais varikliais ir dėl garavimo iš karšto variklio transporto priemonių išmetamas kiekis žiemą	1923,000 g/transporto priemonei
Eigos metu išmetamas NMLOJ kiekis vasarą	0,009 g/km
Eigos metu išmetamas NMLOJ kiekis žiemą	0,002 g/km

3.3. Transporto priemonių padangų, stabdžių trinkelėlių ir kelio dangos dėvėjimosi metu atsiradusių teršalų kiekio vertinimas

TP padangų, stabdžių trinkelėlių ir kelio dangos dėvėjimosi emisijos (NFR sektoriai 1A3b vi - vii) skaičiuojami pagal atskirų kategorijų transporto priemonių ridą, kuri yra pateikta 20 lentelėje (2.1 skyriuje).

Automobilių padangų, stabdžių trinkelėlių ir kelio dangos dėvėjimosi metu emituojami TSP, PM₁₀, PM_{2,5} ir sunkieji metalai. TSP ir PM₁₀ išmetamų teršalų kiekio skaičiavimams naudojami [4] literatūroje pateikti taršos faktoriai (26 ir 27 lentelės). PM_{2,5} kiekio skaičiavimams naudojami [11] literatūroje pateikti emisijų faktoriai (28 lentelė). Autobusų emisijų skaičiavimui taikomi sunkiųjų krovinių automobilių emisijų faktoriai.

Sunkiųjų metalų išmestas kiekis vertinamas pagal šią lygtį [4]:

$$E = A \cdot EF \cdot SF, \quad (5)$$

čia E – automobilių padangų, stabdžių ir kelio dangos dėvėjimosi metalų emisija [g/metus], A – transporto priemonės nuvažiuotas kelias [km], EF – automobilių padangų, stabdžių ir kelio dangos dėvėjimosi TSP taršos faktorius [g TSP/km], SF – sunkiųjų metalų, esančių TSP sudėtyje, frakcija. Sunkiųjų metalų frakcijos TSP pateiktos 29 lentelėje. Sunkiųjų metalų taršos faktoriai suskaičiuojami kiekvienai transporto kategorijai padangų, stabdžių trinkelėlių ir kelio dangos dėvėjimosi procesams atskirai padauginus TSP taršos faktorių iš atitinkamos sunkiojo metalo frakcijos.

Lentelė 26. Automobilių padangų, stabdžių ir kelio dangos dėvėjimosi TSP taršos faktoriai [4].

Transporto priemonės rūšis	Taršos faktorius (g/km)		
	Padangų dėvėjimasis	Stabdžių dėvėjimasis	Kelio dangos dėvėjimasis
Dviratės transporto priemonės	0,0028	0,0037	0,0030
Lengvieji automobiliai	0,0064	0,0073	0,0075
Lengvieji krovininiai automobiliai	0,0101	0,0115	0,0075
Sunkieji krovininiai automobiliai	0,0270	0,0320	0,0380

Lentelė 27. Automobilių padangų, stabdžių ir kelio dangos dėvėjimosi KD₁₀ taršos faktoriai [4].

Transporto priemonės rūšis	Taršos faktorius (g/km)		
	Padangų dėvėjimasis	Stabdžių dėvėjimasis	Kelio dangos dėvėjimasis
Dviratės transporto priemonės	0,0028	0,0020	0,0030
Lengvieji automobiliai	0,0064	0,0033	0,0075
Lengvieji krovininiai automobiliai	0,0101	0,0052	0,0075
Sunkieji krovininiai automobiliai	0,0270	0,0130	0,0380

Lentelė 28. Automobilių padangų, stabdžių ir kelio dangos dėvėjimosi $KD_{2,5}$ taršos faktoriai [11].

Transporto priemonės rūšis	Taršos faktorius (g/km)		
	Padangų dėvėjimasis	Stabdžių dėvėjimasis	Kelio dangos dėvėjimasis
Dviratės transporto priemonės	0,0001	0,0003	0,0016
Lengvieji automobiliai	0,0003	0,0022	0,0042
Lengvieji krovininiai automobiliai	0,0003	0,0022	0,0042
Sunkieji krovininiai automobiliai	0,0020	0,0071	0,0209

Lentelė 29. Sunkiųjų metalų frakcijos automobilių padangų, stabdžių ir kelio dangos dėvėjimosi TSP emisijoje [4].

Metalai	Padangų dėvėjimasis [mg/kg TSP]	Stabdžių dėvėjimasis [mg/kg TSP]	Kelio dangos dėvėjimasis [mg/kg TSP]
As	0,8	10,0	0
Cd	2,6	13,2	1
Cr	12,4	669,0	40
Cu	174,0	51112,0	12
Ni	33,6	463,0	20
Pb	107,0	3126,0	15
Zn	7434,0	8676,0	35

4. NE KELIŲ TRANSPORTAS IR KITOS TRANSPORTO PRIEMONĖS

Šis skyrius apima ne kelių transporto, tokio kaip geležinkelių, oro ir vandens transporto bei žemės ūkio ir statybų mašinų darbo metu išmesto kiekio skaičiavimo metodiką. Teršalų išmestų į atmosferą vertinimo metodika paremta kuro sunaudojimo duomenimis, kurie dauginami iš atitinkamų taršos faktorių. Jų skaičiavimo formulė:

$$E_i = FC \cdot EF_i, \quad (6)$$

čia E_i – teršalo i išmestas kiekis per tam tikrą laiką; FC – kuro sunaudojimas; EF_i – teršalų i taršos vidurkis sunaudoto kuro vienetui.

SO₂ taršos faktoriai mazutui ir aviaciniam benzinui suskaičiuojami [5] metodikoje nurodytą daugiklį padauginus iš kuro sieringumo. Skaičiavimo rezultatai pateikti 30 lentelėje.

Lentelė 30. SO₂ taršos faktoriai, [kg/GJ].

Kuro rūšis	Daugiklis	Kuro sieringumas, %	Taršos faktorius
Aviacinis benzinas	0,500	0,01	0,005
Mazutas	0,488	2,20	1,073

Vandens transporto TSP, PM₁₀ ir PM_{2,5} taršos faktoriai paimti iš [3] literatūros (31-32 lentelės).

Lentelė 31. Vandens transporto TSP, PM₁₀ ir PM_{2,5} taršos faktoriai, [g/GJ].

Kuro rūšis	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}
Dyzelinas	28,6	28,3	27,7
Gazoliai	28,6	28,3	27,7
Mazutas	125,0	123,0	121,0

Lentelė 32. Kietųjų dalelių dydžių pasiskirstymas, [%].

Kuro rūšis	PM ₁₀	PM _{2,5}
Dyzelinas	96	90
Mazutas	99	97
Benzinas, žibalas	99	84

Kitų ne kelių transporto pagrindinių teršalų, taip pat ir tiesiogiai nurodytų, taršos faktoriai perkelti į inventoriaus duomenų bazę iš nacionalinių taršos faktorių duomenų bazės, sudarytos pagal [5] metodikoje pateiktus taršos faktorius. PM₁₀ ir PM_{2,5} taršos faktoriai suskaičiuojami pagal TSP taršos faktorius ir [3] šaltinyje nurodytus kietųjų dalelių dydžių pasiskirstymus (33 lentelė).

Tarptautinių skrydžių lėktuvų pakilimo – nusileidimo ciklą (LTO) išmetami kiekiai skaičiuojami pagal pakilimų – nusileidimų kiekį. [10] šaltinyje pateikti įvairių lėktuvų modelių LTO taršos ir kuro suvartojimo faktoriai (33 lentelė). Skirtingų modelių lėktuvų pakilimų kiekius procentais pateikė Lietuvos aviacijos administracija, Vilniaus oro uoste lėktuvų pakilimų – nusileidimų kiekis sudaro 95 % visų kylimų – nusileidimų skaičiaus Lietuvoje. Perkeliant duomenis į inventoriaus duomenų bazę lėktuvų modelių taršos faktoriai perskaičiuojami į [g/GJ].

Lentelė 33. Taršos faktoriai tarptautinių skrydžių lėktuvų pakilimo – nusileidimo ciklams, [g/LTO].

Lėktuvo modelis	CO	NO _x	NMLOJ	SO ₂	Kuro suvartojimas [kg/LTO]
Boeing 737 (65 %)*	11831	8300	666,8	825,4	825,4
Fokker 50 (25 %)*	728,1	1268	0	125,7	125,7
Dash 8 (5 %)*	1140,2	2427	0	211,7	211,7
Saab 2000 (5 %)*	826,0	1040	35,6	146,7	146,7

* Skausteliuose nurodyta lėktuvo modelio pakilimų skaičiaus dalis Vilniaus oro uoste.

Sunkiųjų metalų taršos faktoriai buvo imami iš [10] šaltinio, kuriame nurodomi taršos faktoriai iš dyzelinių ir benzininių variklių, taip pat mazuto bei distiliuoto kuro (gazolio), naudojamų vandens transporte (34 lentelė).

Lentelė 34. Sunkiųjų metalų taršos faktoriai, [g/t].

Teršalai	Taršos faktoriai			
	Dyzelinas	Benzinas	Distiliuotas kuras (gazolis)	Mazutas
As	0	0	0,05	0,50
Cd	0,01	0,01	0,01	0,03
Cr	0,05	0,05	0,04	0,20
Cu	1,70	1,70	0,05	0,50
Hg	0	0	0,05	0,02
Ni	0,07	0,07	0,07	30,00
Pb	0	0	0,10	0,20
Se	0,01	0,01	0,20	0,40
Zn	1,00	1,00	0,50	0,90

POP taršos faktoriai buvo imami iš [10] šaltinio, kuriame nurodomi taršos faktoriai dyzeliniams ir keturtakčiams benzininiams varikliams. Dvitačiams benzininiams varikliams POP taršos faktoriai minėtoje literatūroje nurodomi. Be to, nėra duomenų, kiek ne kelių transporto sektoriuje yra dvitačių ir kiek keturtakčių benzininių variklių, todėl POP išmestas kiekis iš sudeginto benzino šiame sektoriuje skaičiuojamas naudojant keturtakčių benzininių variklių taršos faktorius (35 lentelė).

Lentelė 35. POP taršos faktoriai dyzeliniams ir keturtakčiams benzininiams varikliams, [μg/kg].

Teršalai	Taršos faktoriai	
	Dyzeliniai varikliai	Keturtakčiai benzininiai varikliai
Benzo(b)fluorantenas	50	40
Benzo(a)pirenas	30	40
Fluorantenas	450	450

Sunkiųjų metalų ir POP taršos faktoriai, perkelti juos į CORINAIR duomenų bazę, perskaičiuojami į [mg/GJ] pagal kuro rūšių šiluminės energetinės vertės (36 lentelė).

Lentelė 36. Kuro rūšių NAPFUE kodai ir energetinės vertės, [GJ/t].

Kuro rūšis	NAPFUE kodas	Energetinė vertė
Automobilių benzinai	208	43,8
Dyzelinas	205	42,7
Gazolis	204	43

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

Mazutas	203	40
Žibalas	206	43
LPG	303	46
Aviacinis kuras	209	44
Reaktyvinių variklių kuras	207	43,8

Ne kelių transporto priemonių išmestas į atmosferą kiekis vertinamas pagal sudeginto kuro kiekį šiame sektoriuje. Sudeginto kuro kiekiai šiame sektoriuje buvo imami iš statistikos departamento leidinio „Kuro ir energijos balansas“ [7], lėktuvų pakilimo – nusileidimo ciklų (LTO) skaičius buvo imamas iš statistikos departamento leidinio „Transportas ir ryšiai“ [11] (paimtas pakilusių lėktuvų skaičius) (37 – 38 lentelės). Tarptautinių skrydžių oro transporto sudegintas kuro kiekis buvo suskirstytas į sudegintą kuro kiekį LTO cikluose (< 1000 m) ir sudegintą kuro kiekį skrendant aukščiau 1000 m: kuro suvartojimo faktorius dauginamas iš LTO skaičiaus ir gaunamas kuro kiekis sudegintas LTO cikluose; likęs kuro kiekis sudeginamas skrendant aukščiau 1000 m (38 lentelė). Vietiniams skrydžiams sudegintas kuro kiekis iki ir virš 1000 m neskirstomas.

Žemės ūkio ir statybos sektoriuose vertinami tik benzino, dyzelino ir LPG deginimo išmesti teršalų kiekiai – laikoma, kad tik šios kuro rūšys deginamos mobiliuose taršos šaltiniuose. Kitų kuro rūšių deginimo žemės ūkio ir statybos sektoriuose išmestas teršalų kiekis vertinamas kaip stacionarių taršos šaltinių išmestas kiekis.

Lentelė 37. Sektorių pagal statistikos departamento leidinį „Kuras ir energijos balansas“ [7] susiejimo su NFR klasifikacijos kodu lentelė.

NFR kodas	Transporto rūšis
1A2f i	Statybos mašinos
1A3c	Geležinkelių transportas
1A3a i (i)	Oro transportas (tarptautiniai skrydžiai, < 1000m)
1A3a i (ii)	Oro transportas (tarptautiniai skrydžiai, > 1000m)
1A3a ii	Oro transportas (vietiniai skrydžiai)
1A3d i	Jūrinis bunkeravimas
1A3d ii	Vidaus vandenų transportas
1A4c ii	Žemės ūkio mašinos

Lentelė 38. Kuro kiekio, sunaudoto tarptautinių skrydžių oro transporte 2009-2010 m., skirstymas į sunaudotą LTO (iki 1000 m) ir virš 1000 m.

Visas sunaudotas kuras, [TJ]	Vid, kuro suvartojimo faktorius, [GJ/LTO]	Pakilimų skaičius	Sunaudotas kuras < 1000 m, [TJ]	Sunaudotas kuras > 1000 m, [TJ]
1700		15632	393,613	1306,387
2242	25,18	18836	474,29048	1767,70952

5. GAMINIŲ GAMYBOS PROCESAI

Šis skyrius apima gamybos procesų išmetamus teršalų kiekius, patenkančius į NFR sektorius 2A, 2B ir 2D. Lietuvos gamybos procesų išmestas teršalų kiekis buvo vertinamos šiems procesams: negesintų kalkių, organinių cheminių medžiagų (polietileno, polivinilchlorido, polipropileno, polistireno) bei maisto produktų ir gėrimų (alaus, vyno, spirito, duonos, pyragų, mėsos, margarino, pašarų) gamyba. Šių gaminių kiekiai buvo imami iš Statistikos Departamento leidinio „Gaminių gamyba“ [12]. Leidinyje naudojamo PGPK kodo susiejimas su NFR kodu pateiktas 39 lentelėje. Kitų gaminių (cemento, amonio, azoto rūgšties, sieros rūgšties, fosfato trąšų, karbamido, amonio nitrato, formaldehido ir metanolio) gamybos procesų išmetamas į atmosferą kiekius gamyklos atsiskaito tiesiogiai.

Lentelė 39. PGPK gaminio kodo susiejimo su NFR kodu lentelė.

Gaminio kodas pagal PGPK	NFR kodas	Gaminio pavadinimas
1511114000	2D2 4m	Šviežia arba šaldyta jautiena ar veršiena: skerdienos, šalinės ir ketvirtikės su kaulais
1511119000	2D2 4m	Švieži arba šaldyti jautienos ir veršienos gabalai
1511120000	2D2 4m	Užšaldytos jautienos ir veršienos skerdienos, šalinės, ketvirtikės ir gabalai
1511133000	2D2 4m	Šviežia arba šaldyta kiauliena: skerdienos, šalinės (įskaitant šviežią mėsą užpiltą druska, kaip laikinuoju konservantu)
1511135000	2D2 4m	Šviežia arba šaldyta kiauliena: kumpiai, mentės ir jos dalys su kaulais (įskaitant šviežią mėsą užpiltą druska, kaip laikinuoju konservantu)
1511139000	2D2 4m	Šviežia arba šaldyta kiauliena (įskaitant šviežią mėsą užpiltą druska, kaip laikinuoju konservantu) (išskyrus skerdieną ir šalines, kumpius, mentes ir gabalus su kaulais)
1511143000	2D2 4m	Užšaldytos kiaulienos skerdienos arba šalinės
1511145000	2D2 4m	Užšaldyti kiaulienos kumpiai, mentės ir gabalai su kaulais
1511149000	2D2 4m	Užšaldyta kiauliena (išskyrus skerdieną ir šalines, kumpius, mentes ir gabalus su kaulais)
1511150000	2D2 4m	Šviežios arba šaldytos ėrienos ir avienos skerdienos, šalinės ir gabalai
1511190000	2D2 4m	Švieži, šaldyti arba užšaldyti raguočių mėsos, kiaulienos, avienos, ožkienos, arklėnos, asilų, mulų ir arklėnų mėsos subproduktai
1513121300	2D2 4m	Kepeninės dešros ir panašūs kepenų produktai (įskaitant paštetus ir pastas, sudėtas į dešrų apvalkalus arba turinčias dešrų pavidalą)
1513121500	2D2 4m	Dešros, išskyrus kepenines
1520119000	2D2 4m	Šviežia arba šaldyta žuvų filė ir kita žuviena be kaulų
1520121000	2D2 4m	Užšaldyta nesupjaustyta jūrų žuvis
1520123000	2D2 4m	Užšaldyta nesupjaustyta gėlavandenė žuvis
1520127000	2D2 4m	Užšaldyta žuvų filė
1520129000	2D2 4m	Užšaldyta žuviena be kaulų (išskyrus filė)
1520133000	2D2 4m	Džiovinata, sūdyta arba užpilta sūrų žuvų filė, išskyrus rūkytą
1520135300	2D2 4m	Rūkytos Ramiojo vandenyno, Atlanto ir Dunojaus lašišos (įskaitant filė)
1520135500	2D2 4m	Rūkytos silkės (įskaitant filė)

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

1520135900	2D2 4m	Rūkyta žuvis (įskaitant filė) (išskyrus Ramiojo vandenyno, Atlanto ir Dunojaus lašišas, silkes)
1520137000	2D2 4m	Džiovinta sūdyta ar nesūdyta žuvis, sūdyta nedžiovinta žuvis, žuvis užpilta sūrymu (išskyrus filė ir rūkytą)
1520141200	2D2 4m	Paruoštos ar konservuotos silkės, nesupjaustytos arba gabalais, bet nesmulkintos (įskaitant acte, aliejuje ar marinate, tešloje) (išskyrus džiovintas, sūdytas, užpiltas sūrymu ar rūkytas)
1520141500	2D2 4m	Paruoštos ar konservuotos skumbrės, nesupjaustytos arba gabalais, bet nesmulkintos (įskaitant acte, aliejuje ar marinate, tešloje) (išskyrus džiovintas, sūdytas, užpiltas sūrymu ar rūkytas)
1543103000	2D2 4f	Margarinas ir panašios sumažinto ir mažo riebumo pastos (išskyrus skystąjį margariną)
1571101000	2D2 4a	Ūkio gyvulių pašarų premiksai
1571103000	2D2 4a	Mišiniai naudojami ūkio gyvulių pašarams (išskyrus premiksus)
1572103000	2D2 4a	Šunų ir kačių ėdalas, skirtas mažmeninei prekybai
1572106000	2D2 4a	Mišiniai, naudojami naminiams gyvūnėliams šerti (išskyrus mišinius katėms arba šunims šerti, skirtus mažmeninei prekybai)
1581110000	2D2 4b	Šviežia duona, kurioje cukraus yra ne daugiau kaip 5%, o riebalų ne daugiau kaip 5% sausos medžiagos masės (išskyrus duoną su medaus, kiaušinių, sūrio, vaisių arba uogų priedais)
1581120000	2D2 4c	Pyrago ir konditerijos gaminiai; kiti kepiniai su saldžiųjų medžiagų priedais
1582113000	2D2 4c	Duonos traškučiai
1582115000	2D2 4c	Džiūvėsiai, skrebučiai ir panašūs skrudinti gaminiai
1582123000	2D2 4c	Meduoliai su imbieru ir panašūs gaminiai
1582125300	2D2 4c	Saldieji sausainiai ir paplotėliai, vafliai ir vafliukai visiškai ar dalinai padengti ar apipilti šokoladu ar kitais su kakava maišytomis mišiniais
1582125500	2D2 4c	Saldieji sausainiai ir paplotėliai (įskaitant sumuštinių paplotėlius) (išskyrus visiškai ar dalinai padengtus ar apipiltus šokoladu ar kitais su šokoladu maišytomis mišiniais)
1582125900	2D2 4c	Vafliai ir vafliukai (įskaitant sūrius) (išskyrus visiškai ar dalinai padengtus ar apipiltus šokoladu ar kitais su šokoladu maišytomis mišiniais)
1582133000	2D2 4c	Vafliai ir vafliukai, kuriuose vandens kiekis didesnis kaip 10% gaminio masės (išskyrus ledų indelius, sumuštinių vaflius ir panašius gaminius)
1582134000	2D2 4c	Sausainiai ir paplotėliai (išskyrus visiškai ar dalinai padengtus ar apipiltus šokoladu ar kitais su kakava maišytomis mišiniais, saldžiuosius sausainius ir paplotėlius, vaflius ir vafliukus)
1582135000	2D2 4c	Sūdyti ar kvapieji išspausti ar kočioti gaminiai
1582139000	2D2 4c	Kepiniai be saldiklių (įskaitant lietinius su įdaru blynus, blynus, apkepus su įdaru, picas; išskyrus sumuštinius, duonos traškučius, vaflius, sausblynus, džiūvėsius, skrudintus, kvapintus ar sūdytus presuotus arba kočiotus produktus)
1583123000	2D2 4s	Rafinuotas baltasis kietasis cukranendrių ar runkelinis cukrus
1585113000	2D2 4c	Nevirti miltiniai tešlos gaminiai su kiaušiniiais (išskyrus įdarytus ar kitaip paruoštus)
1585115000	2D2 4c	Nevirti miltiniai tešlos gaminiai (išskyrus miltinius tešlos gaminius su kiaušiniiais, įdarytus ar kitaip paruoštus)
1585123300	2D2 4c	Virti ar nevirti miltiniai tešlos gaminiai, įdaryti mėsa, žuvimi, sūriu ar kitokiu įdaru bet kokiomis porcijomis
1591106300	2D2 3	Degtinė (vodka), kurios tūrinė alkoholio koncentracija ne didesnė

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

		kaip 45,4 %
1591108000	2D2 3	Spiritai, likeriai ir kiti spirituoti gėrimai (išskyrus spiritus, pagamintus distiliuojant vynuogių vyną, vynuogių ar vaisių išspaudas ir (arba) viskį, romą, tafiją, džiną ir kadaginę (Genevą), iš vaisių distiliuotus spiritus)
1592110000	2D2 3	Nedenatūruotas etilo alkoholis, kurio tūrinė alkoholio koncentracija didesnė kaip 80 %
1593119300	2D2 1	Putojantis šviežių vynuogių vinas, kurio faktinė tūrinė alkoholio koncentracija didesnė kaip 8,5 % (išskyrus šampaną)
1593121300	2D2 1	Nerūšinis baltasis vinas, pagamintas kituose rajonuose
1593121900	2D2 1	Vynas ir vynuogių misa, kurios fermentacijai neleista vykti arba ji sustabdyta pridendant alkoholio, kurio tūrinė koncentracija ne didesnė kaip 15 % (išskyrus rūšinį baltą ir putojantį vynus, pagamintus konkrečiame rajone)
1594100010	2D2 1	Vaisių ir uogų vinas
1595100000	2D2 1	Vermutas ir kiti šviežių vynuogių vynai su aromatinių medžiagų ar augalų priedais
1596100000	2D2 2	Salyklinis alus (išskyrus nealkoholinį alų bei alų, kurio tūrinė alkoholio koncentracija ne didesnė kaip 0,5 %)
2416109000	2B5 j1	Pirminių formų polietilenas (išskyrus polietileno, etileno-vinilacetato kopolimerus)
2416203500	2B5 j4	Pirminių formų plėtrusis polistirenas
2416203900	2B5 j4	Pirminių formų polistirenas (išskyrus plėtrųjį polistireną)
2416302500	2B5 j2	Pirminių formų plastifikuotas su kitomis medžiagomis sumaišytas polivinilchloridas
2416513000	2B5 j3	Pirminių formų polipropilenas
2652103300	2A2	Negesintos kalkės

Gamybos procesų taršos faktoriai paimti iš [6] šaltinio ir CORINAIR duomenų bazės. Apibendrinti taršos faktoriai pateikti 40 ir 41 lentelėse.

Lentelė 40. Gamybos procesų PM taršos faktoriai, [g/t produkcijos].

Procesas	PM taršos faktorius
Kalkių gamyba	2967

Lentelė 41. Organinių cheminių medžiagų ir maisto gamybos procesų NMLOJ taršos faktoriai, [g/t produkcijos].

Procesas	NMLOJ taršos faktorius
Polietileno gamyba	5700
Polivinilchlorido gamyba	1500
Polipropileno gamyba	3000
Polistireno gamyba	2600
Vyno gamyba [g/m ³]	350
Alaus gamyba [g/m ³]	350
Spirito gamyba [g/m ³]	150000
Pašarų gamyba	1000
Duonos gamyba	4500
Pyragų, sausainių gamyba	1000
Margarino gamyba	10000
Mėsos, žuvies, paukštienos gamyba	300
Cukraus gamyba	10000

6. ŽEMĖS ŪKIO SEKTORIUS

Šis skyrius apima naminių gyvulių mėšlo tvarkymo ir tiesioginės emisijos iš dirvos skaičiavimo metodiką (NFR sektoriai 4B ir 4D).

6.1. Naminių gyvulių mėšlo tvarkymo metu išmestas teršalų kiekis

Naminių gyvulių ir paukščių skaičius buvo imamas iš Statistikos Departamento leidinio „Gyvulių skaičius“ [13]. Mėšlo tvarkymo proceso metu išmestas į atmosferą teršalų kiekis paskirstytas tarp regionų pagal naminių gyvulių kiekį apskrityse. Pertvarkyti pagal CORINAIR nomenklatūrą naminių gyvulių ir paukščių kiekiai apskrityse pateikti 42 lentelėje. Naminių gyvulių rūšių susiejimas su NFR kodu pateiktas 43 lentelėje.

Lentelė 42. Naminių gyvulių ir paukščių skaičius 2010 m, sausio 1 d.

Galvijai	
Karvės (melžiamos 2 metų ir vyresnės)	759,4
Kiaulės	374,6
Avys ir ožkos	928,2
Avys	67,2
Arkliai	52,5
Paukščiai	49,0
Viso	9308,7

Naminių gyvulių mėšlo tvarkymo taršos faktoriai buvo imami iš [10] literatūros ir CORINAIR duomenų bazės (45 lentelė).

Lentelė 43. Naminių gyvulių mėšlo tvarkymo NH_3 taršos faktoriai [g/galvai].

NFR kodas	Sektorius	NH_3 taršos faktorius
4B1 a	Karvės (mėšlo tvarkymas)	29700
4B1 b	Kiti galvijai (mėšlo tvarkymas)	14800
4B3	Avys (mėšlo tvarkymas)	1340
4B4	Ožkos (mėšlo tvarkymas)	1340
4B6	Arkliai (mėšlo tvarkymas)	8200
4B8 a	Maistinės kiaulės (mėšlo tvarkymas)	6630
4B8 b	Paršavedės kiaulės (mėšlo tvarkymas)	16430
4B9 b	Broilieriai (mėšlo tvarkymas)	280
4B9 h	Vištos dedeklės (mėšlo tvarkymas)	370
4B9 o	Kiti naminiai paukščiai (mėšlo tvarkymas)	920

6.2. Tiesioginė NH_3 išmetamas kiekis iš dirvos

Tiesioginės NH_3 išmetamas kiekis iš dirvos vertinimui (NFR kodas 4D1 i) buvo imamas Lietuvoje parduotų azoto trąšų kiekis iš Statistikos Departamento leidinio „Gaminių gamyba“ [12]. Parduotų azoto trąšų kiekiai leidinyje pateikiami azoto masės vienetais, išskyrus gaminius, kurių kodai pagal PGPK yra 2415802300 ir 2415802500. Šių gaminių azoto masė apskaičiuojama laikant, kad azoto masė trąšose sudaro 10 % trąšų

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

masės (44 lentelė). Laikoma, kad Lietuvoje pagamintų ir parduotų trąšų masė lygi Lietuvoje sunaudotų trąšų masei.

Lentelė 44. Azoto trąšų PGPK kodai ir daugikliai.

Gaminio kodas pagal PGPK	Gaminio pavadinimas	Daugiklis
20.15.31.30.00	Karbamidas, kuriame azoto yra daugiau kaip 45 % sauso bevandenio produkto masės (išskyrus plytelių (ar panašaus) pavidalo arba pakuotėse, kurių masė ne didesnė kaip 10 kg)	1,0
20.15.33.00.00	Amonio nitratas (išskyrus plytelių (ar panašaus) pavidalo arba pakuotėse, kurių masė ne didesnė kaip 10 kg)	1,0
20.15.35.30.00	Amonio nitrato mišiniai su kalcio karbonatu, kuriuose azoto yra ne daugiau kaip 28 % masės	1,0
20.15.39.60.00	Vandeniniai arba amoniakiniai karbamido ir amonio nitrato mišinių tirpalai (išskyrus plytelių (ar panašaus) pavidalo arba pakuotėse, kurių masė ne didesnė kaip 10 kg)	1,0
2015399000	Kitos, niekur kitur nepriskirtos, mineralinės arba cheminės azoto trąšos	1,0
20.15.71.30.00	Trąšos, kuriuose yra azoto, fosforo bei kalio ir kuriuose azoto yra daugiau kaip 10 % trąšų masės	0,1
20.15.71.80.00	Trąšos, kuriuose yra azoto, fosforo bei kalio ir kuriuose azoto yra ne daugiau kaip 10 % trąšų masės	0,1

Tiesioginė NH_3 išmetami kiekiai iš dirvos skaičiuojami pagal žemės ūkyje sunaudotų azotinių trąšų azoto masę. Tiesioginės NH_3 taršos iš dirvos faktorius buvo imamas iš [10] šaltinio. Gauti rezultatai pateikiami 45 lentelėje.

Lentelė 45. Tiesioginės NH_3 taršos iš dirvos.

Trąšų sunaudojimas, [t]	Taršos faktorius, [g NH_3 /t N]
19465	80000

7. KITI ŠALTINIAI

7.1. Naftos gavyba ir jos produktų paskirstymas

Į atmosferą LOJ (naftos produktų) patenka dujų ir naftos išgavimo grežiniuose, išsiskiria skystojo ir dujinio kuro laikymo ir transportavimo metu bei kartu su išmetamomis dujomis iš šilumos energetinių įrenginių.

Šis skyrius apima Lietuvos naftos gavybos (NFR sektorius 1B2a i) ir benzino paskirstymo (NFR sektorius 1B2a v) nuostolių NMLOJ emisijas, „Orlen Lietuva“ įvertino ir pateikė kuro nuostolių NMLOJ emisijas naftos perdirbimo įmonėje (NFR kodas 1B2a iv). Naftos gavybos, benzino ir dyzelino bendrojo suvartojimo Lietuvoje duomenys buvo imami iš Statistikos Departamento leidinio „Kuro ir energijos balansas“ [7]. Laikoma, kad Lietuvoje paskirstyto benzino masė lygi bendrojo Lietuvoje suvartoto benzino masei.

NMLOJ garavimas iš žaliavinės naftos ir jos produktų vyksta:

1. Vykdamas perpylimo darbus:
 - a) iš geležinkelio cisternų į talpyklas;
 - b) iš talpyklų į tanklaivius.
2. Saugant (kaupiant) naftą ir naftos produktus:
 - a) laikymo-kvėpavimo;
 - b) laikymo-garavimo.
3. Transportuojant naftą ir naftos produktus vamzdynais, geležinkeliu, tanklaiviais, autocisternomis.
4. Naudojimo metu.

Kuro talpykloms su plaukiojančiais pontonais („plaukiojančiais stogais“) būdingi du išmetimų tipai [14]:

- garavimo nuostoliai: produkto nuostoliai (praradimas) per talpyklos plaukiojančio pontono („plaukiojančio stogo“) ir sienelių sujungimus, per talpyklos plaukiojančio pontono („plaukiojančio stogo“) ir atramų, laikinųjų stacionarų stogą, sujungimus ir t.t.
- išpumpavimo nuostoliai: produkto, kuris lieka ant talpyklos sienelių išpumpavimo metu, išgaravimas.

Perpylimo nuostoliai atsiranda kurą perpumpuojant į laivus, traukinio cisternas ar benzinvežius, kuomet vyksta NMLOJ garavimas.

Degalinėms turi būti įskaityti šie galimi nuostoliai:

- nuostoliai pilant benzina ir dyzelina į talpyklą;
- nuostoliai pilant kurą į transporto priemonės baką;
- nuostoliai dėl netyčinio išpylimo.

Gebėjimas garuoti yra viena svarbiausių degalų savybių. Degalų gebėjimas garuoti turi įtakos jų saugojimo, transportavimo, pildymo ir talpyklų išpylimo metu susidarantiems nuostolių dydžiui. Dideliu gebėjimu garuoti pasižymi benzinai, jo nuostoliai 50–100 kartų didesni negu žibalo ir dyzelino tomis pačiomis aplinkos sąlygomis.

Šiuolaikiniai naftos terminalai pasižymi sudėtingu inžineriniu-techniniu kompleksu, susidedančiu iš pastatų, įrenginių ir kitų mechanizmų. Pagrindiniai naftos terminalų elementai yra talpyklų parkai, geležinkelio estakados, krantinės bei siurblynės.

Terminalų benzino talpyklas, jų būklę bei eksploatavimą kontroliuoja Regioniniai aplinkos apsaugos departamentai. Šiuo metu LOJ išgaravimo rodikliai (benzino netektys) yra apskaičiuojami pagal LAND 31- 99. Gauti rodikliai yra traktuojami kaip teršalai, patenkantys į atmosferą.

Direktyvoje 94/63/EC reikalaujama, kad benzinai būtų saugojami talpyklose su plaukiojančiais pontonais [15]. AB „Klaipėdos nafta“ yra didžiausias Lietuvoje veikiantis

naftos produktų perkrovimo terminalas. Projektinis terminalo našumas sudaro 7100000 tonų per metus. Iki 2009 metų buvo planuojama padidinti projektinį našumą iki 9000000 tonų.

Būtingės terminale žaliavinė nafta laikinai saugojama talpyklose su plaukiojančiais pontonais, prieš ją pakraunant į laivą. Terminalas turi 350 000 m³ ir 252 000 m³ saugojimo talpyklas. Maksimalus žaliavos perpumpavimas per metus – 13 000 000 tonų. Perpumpuojant žaliava į laivą, taršos faktorius siekia 0,132 kg/m³. Įskaitant tai, kad žaliavos perpumpavimas per metus sudaro 13 000 000 tonų arba 15 294 118 m³, nuostoliai iš laivų pakrovimo sudaro 2 018 824 kg/metus. Bendri NMLOJ nuostoliai Būtingės terminale atliekant įvairias operacijas siekia 2037,4 tonas per metus.

Be kuro transportavimo į „Orlen Lietuva“ bei „Klaipėdos nafta“ yra dar 15 kuro terminalų, išsidėsčiusių visoje šalyje: „Lietuva Statoil“; Kėdainių „Lukoil Baltija“; Šiaulių UAB „Skulas“; Kupiškio raj. VĮ „Lietuvos naftos produktų agentūra“; Vilniaus raj, UAB „Gazolinas“; Vilniaus UAB „Pakrijas“ (bankrutavusi); Panevėžio UAB „Naftenas“; Anykščių raj. UAB „Alauša“; Kauno UAB „Oksetos servisas“; Panevėžio UAB „Kvistija“; Klaipėdos UAB „Krovinių terminalas“; Marijampolės „Bendida“; Šiaulių „Soklys“; Jonavos „Ave-Matrox“.

Lietuvoje viso atitinka reikalavimus pagal LAND 35-2000 ir ADR 56 benzinvežiai (tai LGBF ir LGBV kodo benzinvežiai). Neatitinka reikalavimų pagal LAND 35-2000 49 benzinvežis. Viso yra 105 vnt. benzinvežių.

Pagrindiniai degalinių savininkai Lietuvoje yra šios bendrovės, kurios yra traktuojamos kaip degalinių tinklo savininkės (46 lentelė).

Lentelė 46. Lietuvos degalinės ir atitikimas direktyvos 94/63/EC reikalavimams.

<i>Degalinės</i>	<i>Atitikimas</i>	
- UAB Lukoil Baltija	114	LAND 35-2000 tenkina visos
- UAB Statoil Lietuva	65	LAND 35-2000 tenkina visos
- UAB Baltic petroleum	35	LAND 35-2000 tenkina visos
- UAB Ventus	34	LAND 35-2000 tenkina visos
- UAB Neste Lietuva	33	LAND 35-2000 tenkina visos
- UAB Saurida	23	16 tenkina
- UAB EMSI	18	LAND 35-2000 tenkina visos
- UAB Milda	12	LAND 35-2000 tenkina visos
- UAB Rekolos	15	11 atitinka
- UAB Gijardas	11	LAND 35-2000 tenkina visos
- UAB Tamega	6	LAND 35-2000 tenkina visos
- UAB Ervin	5	LAND 35-2000 tenkina visos
- UAB Vakoil	5	LAND 35-2000 tenkina visos

Lietuvoje iš viso veikia 701 degalinė. LAND'o reikalavimai netaikomi (dėl išimčių) 144 degalinėms ne mieste, 27 mieste, viso 171 degalinei. Vadinasi teoriškai LAND'o

reikalavimai iki 2008 m. turėjo būti įgyvendinti 530 degalinių. Dabartiniu metu Lietuvoje veikia 584 degalinės, kuriose LAND'o reikalavimai įgyvendinti.

Specifinė NMLOJ emisija perpumpuojant benzina į saugojimo talpyklas, pilant degalus į automobilį, įskaitant garų slėgio ir meteorologinių sąlygų sezoninius svyravimus bei vasarinio ir žieminio benzino naudojamą, siekia $1,2335 \text{ kg/m}^3$.

NMLOJ emisija užpildant degalinių talpyklas (saugojimo rezervuarus) benzinu apskaičiuojama tokiu būdu: *perpumpuotas benzino kiekis * 1,2335 * (1-dalis degalinių atitinkančių reikalavimus * dalis autocisternų atitinkančių reikalavimus)*. Emisija, kuri vyksta pilant degalus į automobilį, apskaičiuojama taip: *perpumpuotas benzino kiekis * 1,2335*. Išsiliejimo nuostoliai apskaičiuojami tokiu būdu: *perpumpuotas benzino kiekis * 0,08*. Dyzelinio kuro pasiskirstymui nenumatyta jokių teršalų mažinimo priemonių. Specifinė NMLOJ emisija užpildant talpyklas dyzelinu ir pilant jį į automobilio baką, sudaro $0,0074 \text{ kg/m}^3$. NMLOJ taršos faktorius išsiliejus dyzelinui sudaro $0,080 \text{ kg/m}^3$.

Literatūroje [14] pateiktas suskaičiuotas ir detalizuotas kuro nuostolių kiekis 2003 metams atsižvelgiant į Lietuvoje naudojamų kuro talpyklų technines charakteristikas bei jų atitikimą direktyvos 94/63/EC reikalavimams. Naudojantis šiais rezultatais buvo apskaičiuoti taršos faktoriai 2005 metų emisijų skaičiavimams (47 lentelė).

Lentelė 47. Kuro nuostolių NMLOJ taršos faktoriai.

Kuro saugyklos	Kuras	Saugojimo nuostoliai, g/t kuro	Perpumpavimo nuostoliai, g/t kuro
Būtingės terminalas	Žaliavinė nafta	48,51	5279,35
Terminalai	Benzinas	1,52	3964,31
	Dyzelinis kuras	19,36	21,31
Degalinės	Benzinas	-	1857,49
	Dyzelinis kuras	-	96,95

7.2. Dažų, tirpiklių ir kitų produktų naudojimas

Buvo įvertintos Lietuvos pramoninio ir nepramoninio dažymo, metalų nuriebalinimo, klijų ir lipnių juostų, tirpiklių naudojimo namų ūkyje NMLOJ išmetas į atmosferą kiekis (NFR sektoriai 3A, 3B ir 3D). Šių sektorių teršalų kiekiai buvo vertinti pagal gyventojų skaičių 2010 metų pradžioje. [10] šaltinyje pateikti įvairių Europos šalių vidutiniai NMLOJ taršos faktoriai [g/gyventojui]. Apibendrinti ir vertinime naudoti NMLOJ taršos faktoriai pateikti 48 lentelėje.

Lentelė 48. Cheminių medžiagų naudojimo NMLOJ taršos faktoriai, [g/gyventojui].

NFR kodas	Veikla	NMLOJ taršos faktorius
3A ii	Pramoninis dažymas	4500
3A iii	Nepramoninis dažymas	400
3B i	Metalų nuriebalinimas	640
3D iii	Tirpiklių naudojimas namų ūkyje	800
3D iv a	Klijų ir lipnių juostų naudojimas	600

7.3. Biogeninės kilmės išmestas į atmosferą teršalų kiekis

Keturi pagrindiniai faktoriai, kontroliuojantys natūralias biogenines emisijas yra: kraštovaizdžio (pagal specifines rūšis) vidutinis potencialas \mathcal{E} ($\mu\text{g g}^{-1}\text{val}^{-1}$), lapų biomasės tankis D ($\text{g (sausos svorio) m}^{-2}$), ir aplinkos korekcijos faktorius γ (be dimensijos), Teršalų srautas ($\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$) modeliuojams pagal formulę:

$$F = \mathcal{E}D\gamma \quad (7)$$

Aplinkos korekcijos faktoriai izoprenui [16, 20]:

$$\gamma_{ISO} = C_T C_L, \quad (8)$$

čia C_T – temperatūros korekcija, C_L – šviesos korekcija.

Šviesos korekcija:

$$C_L = \frac{\alpha C_{LI} L}{\sqrt{1 + \alpha^2 L^2}}, \quad (9)$$

čia L – fotosintetiškai aktyvaus fotono srauto tankis (PPFD), $\mu\text{mol fotonų m}^{-2} \text{s}^{-1}$, $\alpha = 0,0027$ ir $C_{LI} = 1,066$ empiriniai koeficientai.

Temperatūros korekcija:

$$C_T = \frac{\exp\left(\frac{C_{T1}(T - T_S)}{RT_S T}\right)}{C_{T3} + \exp\left(\frac{C_{T2}(T - T_M)}{RT_S T}\right)}, \quad (10)$$

čia T – lapo temperatūra, K, T_S – lapo temperatūra normaliomis sąlygomis (303,15 K), R – universalioji dujų konstanta, $C_{T1} = 95\,000 \text{ J mol}^{-1}$, $C_{T2} = 230\,000 \text{ J mol}^{-1}$, $C_{T3} = 0,961$, ir $T_M = 314 \text{ K}$ yra empiriniai koeficientai [16].

Aplinkos korekcijos faktoriai monoterpenai [16, 20]:

$$\gamma_{TERP} = \exp(\beta(T - T_S)), \quad (11)$$

čia $\beta = 0,09 \text{ C}^{-1}$ empirinis koeficientas.

Lentelė 49. Integruotų aplinkos faktorių vidutinės reikšmės, Γ -iso ir Γ -mts yra 6-iams ir 12-kos mėnesių augimo periodui (valandomis).

Γ -mts = Γ -ovoc		Γ -iso	
6-mėn.	12-mėn.	6-mėn.	12-mėn.
675	813	516	613

Lentelė 48. Žemės naudmenų taršos faktoriai ir plotas, [g/ha] [17].

Žemės danga	Plotas, [ha]	NMVOC taršos faktoriai, [g/ha]
Miesto	7488	898,69
Sausi pasėliai	2223305	2366,74
Drėgni pasėliai	828061	3952,09
Vejos	428134	3098,44
Pievos	522490	19594,06
Ganyklos	880	2495,47
Krūmokšniai	224026	17875,26
Krūmai	3591	36192,32
Lapuočių miškai	413773	53218,23
Spygliuočių miškai	724834	84671,95
Mišrūs miškai	719636	52248,64

7.4. Miškų ir kitos augmenijos gaisrai

Sektoriaus teršalų kiekio vertinimas apima anglies kiekio iš gaisravietės įvertinimą, naudojantis taršos santykiais ir atsižvelgiant į anglies kiekį.

Pagrindinis anglies masės $M(C)$ įvertinimas atliekamas pagal metodiką [14],

$$M(C) = 0.45 \times A \times B \times \alpha \times \beta, \quad (12)$$

čia 0,45 yra vidutinė anglies frakcija sudegintoje medienoje, "A" yra išdegusio miško plotas (m^2), "B" vidutinė sudegtos medžiagos biomasė ploto vienetu (kg/m^2), " α " - vidutinės sudegtos medžiagos biomasės frakcija, susijusi su bendra biomase B, " β " - biomasės degimo efektyvumas [Spanish CORINAIR 1990-93 inventories]. Šie taršos faktoriai parodyti 51 – 52 lentelėse.

Lentelė 49. B, " α " ir " β " reikšmės.

	Biomasė, (kg/m^2)	Biomasės frakcija virš žemės " α "	Degimo efektyvumas " β "
Šiauriniai miškai	25	0,75	0,2

Lentelė 50. Sudeginto miško plotas ir taršos faktoriai (g/ha) [18].

Išdegusio miško plotas, [ha]	Teršalas	Taršos faktorius, [g/ha]
112,4	CO	3881000
	NH3	30000
	NMLOJ	354000
	NOX	135000
	SO2	30000

8. IŠMESTAS Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ KIEKIS LIETUVOJE 2010 METAIS

Remiantis 1 – 6 skyriuose išdėstyta teršalų vertinimo metodologija buvo sudaryta inventoriaus duomenų bazė ir atskirai kiekvienam detaliausio lygio išplėstinės NFR nomenklatūros sektoriui suskaičiuoti išmestų į atmosferą teršalų kiekiai, kurie agreguoti pagal reikalaujamo detalumo lygio NFR klasifikaciją bei užpildytos ataskaitinės lentelės IV 1, IV 2A, IV 2B, IV 2C, IV 2D, IV 2E, IV 3A, IV 3B ir IV 3C. 53 lentelėje pateiktas įvertintas Lietuvos 2010 metų išmestų į atmosferą teršalų kiekis. Pagal NFR sektorių išskirti kiekvienos teršiančios medžiagos pagrindiniai šaltiniai, įvertintas kiekvieno pagrindinio šaltinio indėlis į bendrą teršalų kiekį. Gauti rezultatai pateikti 53 – 54 lentelėse, kuriose sektoriai surūšiuoti teršalų išmesto kiekio mažėjimo tvarka. Pagrindiniais šaltiniais laikomi tie sektoriai, kurių bendras kiekis sudaro 95%.

Lentelė 51. Pagrindinių šaltinių indėlis į bendrą teršalų kiekį 2010 m.

Teršalas	Pagrindiniai sektoriai								(%)
SO_x	1 B 2 a iv	1 A 4 b i	1 A 2 f ii	1 A 1 c	1 A 1 a	1 A 4 a i			86,7
	(19,9%)	(17,7%)	(15,8%)	(14,2%)	(10,5%)	(8,6%)			
NO_x	1 A 3 b iii	1 A 3 b i	1 A 1 a	1 A 1 c	1 A 3 c	1 A 2 f ii	1 A 4 b i	1 A 3 b ii	83,7
	(36,3%)	(14,2%)	(9,9%)	(5,6%)	(5,4%)	(4,6%)	(3,8%)	(3,8%)	
NH₃	4 B 1 a	4 B 8	4 B 1 b	4 D 1 a					93,4
	(35,6%)	(22,0%)	(18,3%)	(17,4%)					
NM_{VO}C	3 A 2	1 A 4 b i	2 D 2	1 B 2 a iv	1 A 3 b i	1 A 2 f i	3 B 1		81,5
	(21,6%)	(21,3%)	(14,7%)	(11,0%)	(6,6%)	(3,3%)	(3,1%)		
CO	1 A 4 b i	1 A 3 b i							83,2
	(62,9%)	(20,3%)							
TSP	1 A 4 b i	1 A 2 f ii	1 A 1 a	1 A 1 c	1 A 4 a i				86,3
	(38,8%)	(15,4%)	(13,6%)	(10,7%)	(7,8%)				
PM₁₀	1 A 4 b i	1 A 1 a	1 A 2 f ii	1 A 4 a i	1 A 1 c				83,7
	(42,4%)	(14,8%)	(12,7%)	(6,9%)	(6,9%)				
PM_{2,5}	1 A 4 b i	1 A 1 a	1 A 2 f ii	1 A 3 b iii					80,8
	(48,3%)	(16,9%)	(9,7%)	(6,1%)					
Pb	1 A 3 b i	1 A 1 a	1 A 3 b vi						81,4
	(52,0%)	(15,3%)	(14,1%)						
Hg	1 A 1 a								89,6
	(89,6%)								
Cd	1 A 1 a	1 A 1 b							90,4
	(77,3%)	(13,1%)							
DIOX	1 A 4 b i								86,5
	(86,5%)								
PAH	1 A 4 b i								93,1
	(93,1%)								

Lentelė 52. Lietuvos nacionaliniai 2010 metų išmetamų teršalų kiekiai.

<i>Teršalas</i>	<i>Kiekis</i>
NOx, Gg	57,847370
NMVOG, Gg	68,950100
SOx, Gg	38,084440
NH3, Gg	30,020530
PM2,5, Gg	9,946920
PM10, Gg	12,522090
TSP, Gg	15,537810
CO, Gg	210,819700
Pb, Mg	2,619344
Cd, Mg	0,427328
Hg, Mg	1,723949
As, Mg	0,270229
Cr, Mg	1,274233
Cu, Mg	5,652258
Ni, Mg	14,548490
Se, Mg	0,032957
Zn, Mg	3,113658
benzo(a) pyrene, Mg	4,876529
benzo(b) fluoranthene, Mg	5,425506
benzo(k) fluoranthene, Mg	3,177056
Indeno (1,2,3-cd) pyrene, Mg	7,093707

IŠVADOS

Atlikta detali šalies SO₂, NO_x, NMLOJ, CO, NH₃, TSP, PM₁₀, PM_{2,5}, sunkiųjų metalų (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn) ir patvariųjų organinių teršalų išmetamų į atmosferą kiekių inventorizacija, įvertintos kritinės apkrovos pagal 50x50 km² EMEP tinklelį. Šalies išmestų į atmosferą teršalų kiekiai įvertinti pagal nacionalinę arba EMEP/EEA metodiką, keleto sektorių kai kurių teršalų kiekiai įvertinti pagal užsienio šalių metodikas. Kelių transporto priemonių kiekiai įvertinti pagal COPERT IV metodiką. Vertinant pastangas mažinti išmetamų teršalų kiekius ir pažangą dažnai naudojamas rodiklis, apibūdinantis dabartinę būklę 1990 m. lygio atžvilgiu, todėl atlikta teršalų, išmestų į atmosferą kiekių 1990 ir 1995 metais inventorizacija.

2010 metų šalies pagrindinių teršalų emisijos neviršija nacionalinių limitų nustatytų 2010 metams:

- SO₂ sudarė 26% limitu;
- NO_x – 53% limitu;
- NMLOJ – 75% limitu;
- NH₃ – 36% limitu,

2010 metų šalies teršalų kiekio vertinimo metu patobulinta kelių transporto aktyvumo duomenų inventorizacija: inventoriaus duomenų bazėje atnaujinti eismo intensyvumo duomenys, remiantis atliktais naujausiais 2006 – 2010 metų eismo intensyvumo tyrimais Lietuvos krašto ir magistraliniuose keliuose.

Atlikti šalies inventorizavimo ir vertinimo sistemos patobulinimai leido efektyviau atlikti vertinimą ir ataskaitų Europos komisijai generavimo darbus.

Teršalų, išmetamų į atmosferą kiekio mažėjimas rodo, kad įdiegtos naujos kuro deginimo technologijos energetikos ir pramonės įmonėse, didesnė gamtinių dujų sąnaudų dalis pirminės energijos balanse, sąlygojo ekologinio efektyvumo pažangą. Tačiau didėjantis sieros oksidų kiekis 2010 metais buvo nulemtas padidėjusiu kuro suvartojimu 1A1a, 1A 2f ii, 1A 4b i ir 1B2a iv sektoriuose. Azoto oksidų mažėjimą lėmė sumažėjęs kuro suvartojimas transporto sektoriuje, manoma vertinimui turėjo įtaka kuro „juodoji rinka“ neįtraukiama į oficialiąją ekonominę statistiką. Azoto oksidų bendras nacionalinis išmetamas kiekis sumažėjo, tačiau padidėjus dujų suvartojimui uždarius Ignalinos AE, 1A1a sektoriuje lėmė 54 % didesnę azoto oksidų kiekį.

LITERATŪRA

1. Directive 2001/81/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2001 on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants.
2. Jaskelevičius, B. (1997), Organinio kuro degimo produktų emisijos faktoriai, Vilnius.
3. International Institute for Applied Systems Analysis (2002), Modelling Particulate Emissions in Europe.
4. U.S. Environmental Protection Agency (1998), Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Polycyclic Organic Matter.
5. TNO (1995), TNO-Report TNO-MEP – 95/247: Technical Paper to the OSPARCOM-HELCOM-UNECE Emission Inventory of Heavy Metals and Persistent Organic Pollutants.
6. Institute of Environmental Protection (2004), Emission Inventory of SO₂, NO₂, NH₃, CO, PM, NMVOCs, HMs, and POPs in Poland in 2002.
7. Statistikos Departamentas (2009), Kuro ir energijos balansas 2008, ISSN 1648-0821, psl. 60.
8. VĮ Transporto ir kelių tyrimo institutas (2005), Valstybinės reikšmės kelių eismo intensyvumo duomenų kaupimas ir atnaujinimas, II tomas.
9. Ntziachristos L. and Samaras Z. (ETC/AEM)(2000), COPERT III Computer programme to calculate emissions from road transport, Methodology and emission factors (Version 2.1).
10. European Environment Agency (2004), EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook.
11. Statistikos Departamentas (2011), Transportas ir ryšiai 2010, ISSN 1648-0279, psl. 180.
12. Statistikos Departamentas (2011), Gaminių gamyba 2010, ISSN 1648-5777, psl. 140.
13. Statistikos Departamentas (2011), Žemės ūkis 2010, ISSN 1648-0368, psl. 65.
14. ECOLAS, Devoldere, K., Van Hyfte, A., Callebaut, K. and Vermoote S. (2006), Proposed improvements for the system for emission control in Lithuania.
15. European Parliament and Council Directive 94/63/EC of 20 December 1994 on the control of volatile organic compound (VOC) emissions resulting from the storage of petrol and its distribution from terminals to service stations.
16. Guenther A. B., P. R. Zimmerman, P. C. Harley, R. K. Monson and R. Fall, Isoprene and Monoterpene Emission Rate Variability – Model Evaluations and Sensitivity Analyses, *J. Geophys. Res. Atmos.* 98(D7), 12 609–12 617 (1993)
17. Vilniaus Universiteto Ekologijos institutas, LIETUVOS CORINE ŽEMĖS DANGA-2000, 2004.
18. Valstybinė miškotvarkos tarnyba, Lietuvos miškų ūkio statistika 2007, 2007.
19. Kaunas University of Technology (2001), Implementation of Directive 94/63/EC on the control of volatile compound (VOC) emissions resulting from the storage of petrol and its distribution from terminals to petrol stations.
20. Seiler, W. and P. J. Crutzen, 1980. Estimates of gross and net fluxes of arbon between the biosphere and the atmosphere from biomass burning. *Climatic Change* 2, 207-247

II SKYRIUS

IVADAS

Šiuo metu yra gerai žinoma, kad klimatas keičiasi ir keisis ateityje (IPCC, 2007). Naujausi tyrimai parodė, kad klimato kaita paspartėjo pastaraisiais dešimtmečiais (Rahmstorf et al., 2007). Globalinių problemų dėl antropogeninės taršos, keliančios pavojų ne vien ekosistemoms, bioįvairovei, žmonių sveikatai, bet ir Žemės klimato kaitai, neatidėliotinių sprendimų svarbą rodo tarptautinių susitarimų (Geteborgo strategija, Jungtinių Tautų tolimųjų atmosferos pernašų konvencija, Kijoto protokolai, Nacionalinių emisijų lygių direktyva, Helsinkio, Sofijos, Ženevos, Oslo ir kt. protokolai), jungtinių mokslinių programų ir įvairiapusių aplinkosauginių perspektyvinių teršalų išmetimų į gamtinę aplinką kiekių mažinimo direktyvų gausa (Commission decision 2004/461/EC, 2004; Council Directive 96/62/EC, 1996; Directive 2001/81/EC, 2001; Directive 2002/3/EC, 2002; Europos Parlamento ir Tarybos Direktyva 2001/81/EB, 2001; Europos Parlamento ir Tarybos Direktyva 2002/3/EB, 2002). Ypač didelis dėmesys skiriamas oro kokybės, atmosferos sudėties kaitos ir jos įtakos ekosistemoms vertinti modelių kūrimui ir vystymui, nustatant bendrus vertinimo kriterijus vykstant atmosferos – biosferos sąveikai ir teršalų pernašos bei transformacijos procesams.

Ekosistemos toleruoja tam tikro dydžio teršalų apkrovas, t.y. savo galimybėmis mažina jų žalingą poveikį. Tačiau, dėl intensyvaus ir nuolatinio atmosferos teršimo įvairiais teršalais, ypač sieros ir azoto junginiais, per pastaruosius kelis dešimtmečius daugelyje Europos vietų šių teršalų įvertinami srautai yra žymiai didesni nei gamtiniai (Metzger et al., 2005; Galloway, 1989; Groham, 1989; Rodhe, 1989). Gamtinės aplinkos degradacija – eutrofikacija, rūgštėjimas, o kai kurių ekosistemų persotinimas maistinėmis medžiagomis, vyksta dėl išmetamų į aplinką kenksmingų teršalų ir jų nusėdimo iš atmosferos su krituliais (šlapi srautai) ir dėl sauso nusėdimo (sausieji srautai) (Galloway et al., 1976; Likens and Borman, 1974; Rodhe et al., 1971). Tai gi, vienas iš galimų būdų apsaugoti gamtinę aplinką yra teršalų emisijos į atmosferą mažinimas. Eile direktyvų „Dėl Nacionalinių Emisijų Limitų Tam Tikriems Atmosferos Teršalams“ siekiama apriboti teršalų, didinančių rūgštumą, eutrofikaciją ir pažemio ozono susidarymą, emisijas. Direktyvomis ribojami teršalai yra: CO_x, SO_x, NO_x, NH₃, O₃ ir NMLOJ (Directive 2001/81/EC, 2001; Europos Parlamento ir Tarybos Direktyva 2002/3/EB, 2002; Tarybos Direktyva 96/62/EB, 1996).

Šio darbo tikslas buvo atlikti kritinių lygių ir apkrovų ekosistemoms vertinimą pagal nustatytus reikalavimus.

Darbo uždaviniai:

1. įvertinti kritinius teršalų lygius ir kritines apkrovas ekosistemoms pagal nustatytus EMEP reikalavimus;

2. atlikti kritinių lygių ir kritinių apkrovų modeliavimą, naudojant 50×50 km² Europos monitoringo ir vertinimo programos EMEP tinklą;

3. pagal aplinkos ministro 2003-09-25 įsakymo Nr. 468, šios techninės užduoties priedo, ES direktyvos 2001/81/EB ir Europos aplinkos apsaugos agentūros tinklapyje (EIONET) ataskaitų teikimo įpareigojimų duomenų bazėje (ROD) (<http://rod.eionet.eu.int>) pateiktus reikalavimus bei koordinacinio centro tinklapyje (<http://www.pbl.nl/en/themasites/cce/index.html>) esančius reikalavimus ir metodinius nurodymus kritinių lygių ir apkrovų vertinimui parengti ataskaitą Europos Komisijai.

1. KRITINIŲ APKROVŲ MODELIAVIMO SAUSUMOS EKOSISTEMOMS PRINCIPAI

Skaičiuojant kritines apkrovas modeliavimo taikymo paskirtis yra matematinių lygčių pagalba susieti cheminius kriterijus su maksimaliu nusėdimo srautu, kurį peržengus jau nebesapreia žymesnis žalingas poveikis tam tikriems jautriems aplinkos elementams, t.y. kai kriterijai nėra pažeidžiami. Daugeliu atvejų „jautrus aplinkos elementas“ yra biologinės kilmės (pavyzdžiui medžių gyvybingumas, šilinio viržio rūšinė sudėtis), taigi ir kriterijus turėtų būti biologinis. Tačiau vis dar trūksta paprastų, bet patikimų modelių, kurie adekvačiai apibūdintų visą seką nuo teršalų nusėdimo iki biologinio poveikio. Kritinėms apkrovoms nustatyti naudojami nesudėtingi cheminiai modeliai. Tai šiek tiek supaprastina modeliavimo procesą, bet pasunkina radimą arba nustatymą atitinkamų ryšių tarp įrodytų (empirinių) dirvožemio cheminių kriterijų (ir kritinių ribų) ir biologinio poveikio. Kritinės ribos pasirinkimas yra svarbus žingsnis nustatant kritinę apkrovą, tačiau daug neaiškumų kyla skaičiuojant kritines apkrovas dėl cheminio ir biologinio poveikio sąsajos neaiškumo.

Toliau aptarsime tik pastovaus būvio modelius ir apsiribosime ties Paprasto Masės Balanso (SMB) modeliu, kuris laikomas standartiniu skaičiuojant sausumos ekosistemų kritines apkrovas pagal LRTAP Convention (Sverdrup et al., 1990; Sverdrup and De Vries, 1994). SMB modelis yra vieno sluoksnio modelis, t.y. dirvožemis yra laikomas atskira vienalyte dalimi. Be to, daroma prielaida, kad dirvožemio gylis yra (mažų mažiausiai) šaknų zonoje, kuri leidžia nepaisyti maistingų medžiagų ciklo ir nagrinėti tik produktų sunaudojimo tinklą. Papildomos supaprastintos prielaidos yra šios:

- natūralus suminis garavimas atsiranda dirvožemio profilio viršutinėje dalyje;
- skverbimasis vyksta pastoviai dirvožemio profiliu ir tik vertikaliai;
- fizikinės – cheminės konstantos laikomos vienodomis visame dirvožemio profilyje.
- vidiniai srautai (erozijos greitis, azoto kaupimasis ir t.t.) yra nepriklausomi nuo dirvožemio cheminių sąlygų (pvz. pH).

Kadangi SMB modelis apibūdina stacionarios būklės sąlygas, todėl reikalingi ilgalaikių vidurkių skaičiavimai. Trumpalaikiai variantai, pvz. epizodiniai, sezoniniai, kasmetiniai, nėra svarbūs, bet gali būti panaudojami, atliekant ilgalaikius skaičiavimus. Šiame kontekste, ilgalaikis reiškia 100 metų, t.y. mažiausiai vienas miškų pasikeitimo periodas. Ekosistemų sąveika bei tokie procesai kaip konkurencija, kenkėjų, žolėdžių įtaka ir t.t. yra nereikšmingi SMB modelyje. Nors SMB modelis yra pritaikytas nepažeistoms (pusiau natūralioms) ekosistemoms, tačiau pvz. ganykloms ir deginamiems durpynams gali būti naudojamas.

Toliau, išnagrinėsime SMB modelį, skirtą įvertinti maistinio azoto (eutrofikacijos) kritinėms apkrovoms bei rūgštinančios sieros ir azoto kritinėms apkrovoms.

1.1. Maistinio azoto (eutrofikacijos) kritinės apkrovos

1.1.1. Modelio išvedimas

Norint skaičiuoti maistinio azoto (N) eutrofikacijos kritines apkrovas naudojant SMB modelį, reikia apskaičiuoti suminį azoto masės balansą dirvožemio sekcijai, atsižvelgiant į jo patekimą, būvimą ir pašalinimą:

$$N_{dep} + N_{fix} = N_{ad} + N_i + N_u + N_{de} + N_{eros} + N_{fire} + N_{vol} + N_{le}, \quad (1.1)$$

čia N_{dep} yra absoliutus azoto nusėdimas, N_{fix} – azoto „įvestis“ pagal biologinę fiksaciją, N_{ad} – azoto adsorbcija, N_i – ilgalaikis suminis azoto kaupimas dirvožemio organinėje medžiagoje, N_u – azoto suminis pašalinimas derliaus vegetacijoje ir gyvūnuose, N_{de} – azoto srautas atmosferoje dėl denitrifikacijos, N_{eros} – azoto netekimas erozijos metu, N_{fire} – azoto netekimas (kontroliuojamas ar nekontroliuojamas) dūmuose dėl laužų, N_{vol} – azoto netekimas atmosferoje per NH_3 išgaravimą, N_{le} – azoto išplovimas žemiau šaknų zonos. Naudojami vienetai yra [ekv./ha/metai] (arba [mol_c/ha/metai] SI sistemoje)

Lygties (1.1) supaprastinimo prielaidos:

- azoto adsorbcija, pvz. molio mineralams absorbuojant NH_4 , gali laikinai sąlygoti N susikaupimą dirvožemyje. Jis gali būti išlaisvintas tik keičiantis nusėdimui bei nepaisant pastovios būsenos sąlygų.
- azoto fiksacija nereikšminga daugumoje (miškų) ekosistemų, išskyrus N-nustatančioms rūšis.
- azoto netekimas dėl ugnies, erozijos ir išgaravimo Europos ekosistemose yra mažas, todėl toliau į jį nebus atsižvelgiama, t.y. N_i gali būti pakeistas $N_i + N_{eros} + N_{fire} + N_{vol} - N_{fix}$ vėlesnėse lygtyse.
- amoniako pašalinimas gali būti neskaičiuojamas dėl pirminio sugėrimo ir visiškos nitrifikacijos šaknų zonoje visose miškų ekosistemose (pvz.: $NH_{4,le} = 0, N_{le} = NO_{3,le}$).

Po šių supaprastintų prielaidų lygtis (1.1) tampa lygtimi (1.2):

$$N_{dep} = N_i + N_u + N_{de} + N_{le} \quad (1.2)$$

Iš šios lygties kritinė apkrova gaunama apibrėžiant priimtina $N, N_{le(acc)}$ išplovimo ribą, o riba pasirenkama atsižvelgiant į „jautrų aplinkos elementą“. Jei priimtino išplovimo duomenys yra įskaičiuojami į N, nusėdimas tampa maistinio azoto $CL_{nut}(N)$ kritine apkrova:

$$CL_{nut}(N) = N_i + N_u + N_{de} + N_{le(acc)} \quad (1.3)$$

Apskaičiuojant maistinio azoto kritinę apkrovą (1.2), laikoma, kad nutekėjimas ir pritekėjimas nepriklauso nuo N nusėdimu. Visi dydžiai turi būti kritinėje apkrovoje. Vis dėlto, norint apskaičiuoti, pvz. denitrifikaciją kritinėje apkrovoje reikia žinoti kritinę apkrovą bei norimą apskaičiuoti kiekį. Vienintelis tikslus būdas išvengiant pagrindimų - nustatyti funkcionalų sąryšį tarp nusėdimu ir N užsilaikymo, įterpti šią funkciją į lygtį (1.2) ir apskaičiuoti nusėdimą (gauti kritinę apkrovą). Tai atlikta dėl denitrifikacijos: paprasčiausiu atveju ji yra lygiagrečiai susijusi su suminiu azoto nusėdimu (De Vries et al., 1993, 1994):

$$N_{de} = \begin{cases} f_{de} \cdot (N_{dep} - N_i - N_u) & \text{if } N_{dep} > N_i + N_u \\ 0 & \text{else} \end{cases}, \quad (1.4)$$

čia f_{de} ($0 \leq f_{de} < 1$) yra vadinama denitrifikacijos funkcija, specifinis dydis. Ši formulė netiesiogiai teigia, kad kaupimasis ir sugėrimas yra greitesni procesai nei denitrifikacija. Maistinio azoto kritinę apkrovą $CL_{nut}(N)$ junginiams galime aprašyti taip:

$$CL_{nut}(N) = N_i + N_u + \frac{N_{le(acc)}}{1 - f_{de}} \quad (1.5)$$

Alternatyvi, ne linijinė lygtis denitrifikacijos nusėdimo priklausomybei nustatyti buvo pateikta Sverdrup ir Ineson (1993), paremta Michaelis Menten reakcijos mechanizmu ir apimanti priklausomybę nuo dirvožemio drėgmės, pH ir temperatūros. Šiuo atveju $CL_{nut}(N)$ taip pat gali būti apskaičiuojamas (Posch et al., 1993).

Žvelgiant plačiau, kritinės apkrovos lygtyje pageidaujama turėti nusėdimo priklausomybės lygtis (modelius) visiems azoto srautams. Tačiau jos arba šiuo metu neegzistuoja, arba yra tokios painios, jog nėra paprasto $CL_{nut}(N)$ paaiškinimo.

1.1.2. Prielaida dėl azoto išplovimo

Azoto vertė tiesiogiai priklauso nuo to, kiek galima neimti domėn jo „žalingų poveikių“. Pats azoto išplovimo srautas nėra „žalingas“, tačiau „žalinga“ N koncentracija išplovimo sraute. Priimtinas N tirpimas [ekv./ha/metai] apskaičiuojamas taip:

$$N_{le(acc)} = Q \cdot [N]_{acc}, \quad (1.6)$$

čia $[N]_{acc}$ yra priimtina azoto koncentracija [ekv./m³], o Q - kritulių perteklius [m³/ha/metai]. Priimtinos azoto koncentracijos vertės yra pateiktos 1 lentelėje (De Vries et al., 2007).

Lentelė 1. Kritinės azoto koncentracijos dirvožemio tirpale apskaičiuojant $CL_{nut}(N)$.

Poveikis	$[N]_{acc}$ (mgN/l)
<i>Augmenijos pokyčiai (Švedija):</i>	
Kerpės – spanguolės	0,2 – 0,4
Spanguolės – mėlynės	0,4 – 0,6
Mėlynės – žolė	1,0 – 2,0
Žolė – vaistažolėms	3,0 – 5,0
<i>Augmenijos pokyčiai (Olandija)*:</i>	
Spygliuočių miškas	2,5 – 4,0
Lapuočių miškas	3,5 – 6,5
Veja	3,0
Viržynai	3,0 – 6,0
<i>Kitas poveikis miškams:</i>	
Maistingų medžiagų disbalansas	(0,2 – 0,4)
Padidėjęs azoto kiekis/N prisotinimas	1,0
Smulki šakninė biomasė/šaknų ilgis	1,0 – 3,0
Jautrumas šalčiui ir grybelinėms ligoms	3,0 – 5,0

*Šiuos dydžius skaičiavimuose reikėtų naudoti atsargiai, pvz. vietovėms, kuriose yra dažni krituliai.

Konvertuojant 1 lentelėje pateiktas vertes į ekv./m³ reikia juos padalinti iš 14. Paprastai, mažos išplovimo vertės, pateiktos šioje lentelėje, nulemia mažesnes už empirinius duomenis kritinių apkrovų vertes augmenijos pokyčiams (Bobbink et al., 1998), t.y. padidėja azoto pasisavinimas dėl azoto ciklo, kuris ir sukelia pokyčius (Berendse et al., 1987).

1.1.3. Įvesties duomenų kilmė ir šaltiniai

Skaičiuojant kritines apkrovas įvesties (pradinių) duomenų šaltiniai yra matavimai, tačiau, daugeliu atveju jie nėra laisvai prieinami. Pagrindiniai azoto šaltiniai ir nuotėkiai yra aptarti Hornung et al. (1995) ir UNECE (1995). Toliau pateikiami kai kurie su N susiję duomenys, į kuriuos reikia atkreipti dėmesį skaičiavimuose.

Azoto kaupimasis:

N_i - ilgalaikis N kaupimasis šaknų zonoje, t.y. besitęsiantis stabilų C-N-junginių susidarymas (miško) dirvožemiuose. Kitaip tariant, šis N kaupimasis neturėtų lemti reikšmingų vyraujančio C/N santykio pokyčių. Jis turi būti išskirtas iš didelio N kiekio, per daugelį metų susikaupusio dirvožemiuose. Didėjant N nusėdimui, mažėja C/N santykis viršutiniame dirvos sluoksnyje.

Naudodamas miško dirvožemio (Švedija) plotų duomenimis, Rosén et al. (1992) nustatė kasmetinį N kaupimąsi nuo paskutinio apledėjimo 0,2 – 0,5 kgN/ha/metai (14,286 – 35714 ekv./ha/metai). Atsižvelgiant į tai, kad N kaupimasis yra didesnis šiltesnio klimato zonose, kiekiai iki 1 kgN/ha/metai (71,428 ekv./ha/metai) galėtų būti naudojami N_i , nesukeliantys netvaraus azoto kaupimosi grunte. Pažymėtina, kad kritinės apkrovos skaičiavimams buvo naudojamos net didesnės vertės (arčiau prie dabartinių kaupimosi normų). Nors ir buvo vykdomi tyrimai dėl miškų pajėgumų absorbuoti azotą (Sogn et al., 1999), nėra sutarimo dėl ilgalaikių tvarių kaupimosi normų.

1.1.4. Azoto įsisavinimas

N_u įsisavinimas lygus vidutiniam ilgalaikiam N šalinimui iš ekosistemos. Nepaliestose ekosistemose (pvz., nacionalinių parkų) ilgalaikis (stacionarus) grynasis įsisavinimas yra iš esmės nulinis, tuo tarpu tvarkomuose miškuose azoto įsisavinimas auga. Miškotvarkos procesas N įsisavinimui yra labai svarbus (ar šalinami kamienai, kamienai ir šakos, kamienai su šakomis, lapija/spygliais). N įsisavinimas apskaičiuojamas taip:

$$N_u = \frac{N_{\text{pašalintas su biomasa nuimant derlių [ekv./ha]}}{\text{laikotarpis po derliaus nuėmimo (rotacijos periodas) [metai]}} \quad (1.7)$$

N kiekis iškirstoje biomaseje (stiebų ir šakų) gali būti apskaičiuotas taip:

$$N_u = k_{gr} \cdot p_{st} \cdot (ctN_{st} + f_{br,st} \cdot ctN_{br}), \quad (1.8)$$

čia k_g yra metinis augimo vidurkis $m^3/ha/metai$, p_{st} – medžio kamieno (medienos) tankis [kg/m^3], ctN yra N kiekis kamienuose (N_{st}) ir šakose (N_{br})[ekv./kg], o $f_{br,st}$ – šakų ir kamieno svorio santykis (kg/kg).

Daugelio medžių kamienų (medienos) tankumo vertės yra nuo 400 – 500 kg/m^3 spygliuočiams ir 550 – 700 kg/m^3 lapuočiams medžiams. Šakų ir kamienų santykis yra apie 0,15 kg/kg spygliuočiams ir 0,20 kg/kg lapuočiams medžiams (Kimmins et al., 1985; De Vries et al., 1990). Pagal švedų duomenis (Rosén, 1990; Reinds et al., 2001) N kiekis kamienuose yra 1 g/kg spygliuočiuose ir 1,5 g/kg lapuočiuose medžiuose, tuo tarpu visų medžių šakose N kiekis yra 4 g/kg pietinėje ir 2 g/kg šiaurinėje Švedijoje. Jacobsen et al. (2002) apibendrino didelį kiekį šių tyrimų rezultatų. 2 lentelėje pateiktos vidutinės sudedamųjų elementų vertės keturioms pagrindinėms medžių rūšims, atskirai kamienui ir šakoms. Norint gauti azoto kiekius [ekv./kg] vienetais, duotos vertės turi būti padaugintos iš $1/14 = 0,07143$.

Medžių augimo koeficientų skaičiavimui buvo naudotos ilgalaikes vidutinės vertės, būdingos konkrečiai vietai. Pažymėtina, kad augimo tempai yra gauti didesni dėl

išaugusių N pradinių įvesčių. Dėl to rekomenduota naudoti senesnius tyrimus (išeigos lentelės), pageidautina prieš 1960 – 70 metus. Nagel ir Gregor (1999) aprašo kaip naudoti nacionalinės inventORIZACIJOS informaciją apskaičiuojant miško augimą (ir kritines apkrovas) Vokietijoje. Grynojo N įsisavinimas ne miško natūraliose ir pusiau natūraliose ekosistemose yra nereikšmingas, kai jie naudojami intensyviai gamymui. Pvz. Jungtinės Karalystės N praradimas avininkystėje (aviena/vilna), esant intensyviai gamymui (tarp 0,5 ir 2,0 kgN/ha/metai) ir priklausomai nuo konkrečios vietovės derlingumo bei gamymo intensyvumo.

Lentelė 2. Elementinių sudedamųjų dalių vidurkiai (ir standartiniai nuokrypiai) kamienuose ir šakose (įskaitant žievę) keturioms medžių rūšims (Jacobsen et al., 2002).

Medžių rūšys	Kamienų sudėtinės dalys (g/kg)				Šakų sudėtinės dalys (g/kg)			
	N	Ca	Mg	K	N	Ca	Mg	K
Ažuolas <i>Quercus spp</i>	2,10 (0,46)	2,47 (1,42)	0,18 (0,07)	1,05 (0,51)	6,19 (1,02)	4,41 (0,65)	0,44 (0,14)	2,00 (0,47)
Bukas <i>Fagus sylv.</i>	1,54 (0,25)	1,80 (1,12)	0,26 (0,09)	1,04 (0,13)	4,27 (1,36)	4,02 (1,91)	0,36 (0,13)	1,50 (0,44)
Eglė <i>Picea abies</i>	1,22 (0,49)	1,41 (0,40)	0,18 (0,06)	0,77 (0,43)	5,24 (1,66)	3,33 (1,06)	0,53 (0,27)	2,39 (1,35)
Pušis <i>Pinus sylv.</i>	1,09 (0,30)	1,08 (0,30)	0,24 (0,09)	0,65 (0,28)	3,61 (1,28)	2,07 (0,65)	0,43 (0,11)	1,67 (0,68)

1.1.5. Denitrifikacija

Dutch ir Ineson (1990) pateikė duomenis apie denitrifikacijos rodiklius. Tipiškos N_{de} vertės šiaurinėms ir vidutinio klimato ekosistemoms apima 0,1 – 3,0 kgN/ha/metai (7,14 – 214,3 ekv./ha/metai) diapazoną, kur didesni dydžiai taikomi šlapiems dirvožemiams, o gerai nusaustuose dirvožemiuose dažniausiai neviršija 0,5 kgN/ha/metai.

Patvirtindamas nuo nusėdimo priklausančią denitrifikaciją, de Vries et al. (1993) išvedė denitrifikacijos funkcijos f_{de} reikšmę, remdamasis Breeuwsma et al. (1991) ir Steenvorden (1984) duomenimis: $f_{de} = 0,8$ durpiniams dirvožemiams, 0,7 molingiams dirvožemiams, 0,5 smėliniams dirvožemiams su chloro priemaišomis ir $f_{de} = 0 - 0,1$ smėliniams dirvožemiams be chloro priemaišų. Reinds et al. (2001), susiejo denitrifikacijos frakciją, su dirvožemio drenažo būkle (3 lentelė).

Lentelė 3. Denitrifikacijos frakcijos f_{de} priklausomybė nuo dirvos drenažo (Reinds et al., 2001).

Drenažo būseną	Perteklinis	Geras	Vidutinis	Nepakankamas	Menkas	Labai menkas
f_{de}	0	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8

1.1.6. Kritulių perteklius

Kritulių pertekliaus Q yra besisunkiančio vandens kiekis iš šaknų zonos. Jis patogiausiai skaičiuojamas kaip skirtumas tarp kritulių ir faktinio išgaravimo ir tuo būdu gaunamas ilgalaikis klimatinis vidutinis metinis dydis. Daugeliu atvejų išgaravimas yra apskaičiuojamas pagal modelį, naudojantis pagrindinių meteorologinių įvesčių duomenimis (krituliai, temperatūra, radiacija ir t.t.). Su išgaravimo modeliavimo pagrindais galima susipažinti Monteith ir Unsworth (1990) ir Burman ir Pochop (1994). Meteorologinių duomenų istorinius duomenis galima rasti interneto svetainėje: <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/hrg.htm>.

1.2. Rūgštėjimo kritinės apkrovos

1.2.1. Paprastas masės balanso (SMB) modelis

Norint gauti dirvožemio rūgštėjimo S ir N kritines apkrovas yra skaičiuojama jonų balanso kaita dirvos išplovimo sraute (de Vries, 1991):

$$H_{le} + Al_{le} + BC_{le} + NH_{4,le} = SO_{4,le} + NO_{3,le} + Cl_{le} + HCO_{3,le} + RCOO_{le}, \quad (1.9)$$

čia le yra išplovimas, Al - suma visų teigiamo krūvio aliuminio dalelių, BC - bazinių katijonų suma ($BC = Ca + Mg + K + Na$) ir $RCOO$ - organinių anijonų suma. Išplovimo išraiška yra $X_{le} = Q \cdot [X]$, čia $[X]$ yra jonų X koncentracija dirvožemio tirpale, o Q - kritulių perteklius.

Visi srautai yra išreiškiami ekvivalentais (krūvio moliniai ekvivalentai) į hektarą per metus [ekv./ha/metai]. OH ir CO_3 koncentracijos laikoma lygiomis nuliui. Rūgšties neutralizacinės gebos (ANC) išplovimas apibrėžiamas taip:

$$ANC_{le} = HCO_{3,le} + RCOO_{le} - H_{le} - Al_{le}. \quad (1.10)$$

Šią lygtį derinant su (2.9) gauname:

$$BC_{le} + NH_{4,le} - SO_{4,le} - NO_{3,le} - Cl_{le} = ANC_{le}. \quad (1.11)$$

Tai rodo alternatyvų ANC apibrėžimą, kaip „bazinių katijonų suma minus rūgštieji anijonai“. Plačiau tai aprašyta Reuss ir Johnson (1986) ir Ulrich and Sumner (1991).

Chloridas laikomas žymekliu, nes dirvoje nėra choro šaltinių ir surišęjų, todėl chlorido išplovimas yra lygus Cl nusėdimui:

$$Cl_{le} = Cl_{dep}. \quad (1.12)$$

Pastoviamo būvyje bazinių katijonų išplovimas turi būti subalansuotas pagrindinių katijonų suminiam nusėdimui. Tuomet gaunamos tokios lygtys:

$$BC_{le} = BC_{dep} + BC_w - BC_u, \quad (1.13)$$

čia w ir u yra išplovimas ir suminis augalijos sunaudojimas, t.y. augmenijos pasisavinimas ilgalaikės vegetacijos metu.

Sulfatų ir nitratų išplovimas gali būti susijęs su šių junginių nusėdimu per vidutinį S ir N masės balansą. Ši išraiška sierai yra tokia (De Vries, 1991):

$$S_{le} = S_{dep} - S_{ad} - S_i - S_u - S_{re}S_{pr}, \quad (1.14)$$

čia ad , i , re ir pr yra adsorbicija, kaupimasis, redukcija bei nusėdimas, atitinkamai. Apžvelgdamas sieros ciklą miškuose, Johnson (1984) teigia, kad sieros sugėrimas, kaupimasis ir redukcija nėra reikšmingi.

Kadangi siera pilnai oksiduoja dirvoje, todėl $SO_{4,le}$ yra lygus S_{le} :

$$SO_{4,le} = S_{dep}. \quad (1.15)$$

Azoto masės balansas dirvožemyje išreiškiamas taip:

$$N_{le} = N_{dep} + N_{fix} - N_{ad} - N_i - N_u - N_{de} - N_{eros} - N_{fire} - N_{vol}, \quad (1.16)$$

čia fix reiškia azoto surišimą, de – denitrifikaciją, o $eros$, $fire$ ir vol – azoto netekimą dėl erozijos, miškų gaisrų ir išgaravimo, atitinkamai. N_i – ilgalaikis N nejudrumas šaknų zonoje, N_u – augalijos sunaudojimas. NH_4 išplovimo galime nepaisyti dėl jo sunaudojimo arba visiškos nitrifikacijos šaknų zonoje beveik visose miškų ekosistemose. $NH_{4,le} = 0$.

Atsižvelgiant į tai lygtį galime supaprastinti:

$$N_{le} = NO_{3,le} = N_{dep} - N_i - N_u - N_{de}. \quad (1.17)$$

Įvedus (1.12), (1.13), (1.15) ir (1.17) lygtis į (1.11), gauname supaprastintą dirvožemio krūvio balanso išraišką:

$$S_{dep} + NO_{dep} = BC_{dep} - CL_{dep} + BC_w - Bc_u + N_i + N_u + N_{de} - ANC_{le}. \quad (1.18)$$

Kritines $S, CL(S)$ ir $N, CL(N)$ apkrovas galima apskaičiuoti nustatant kritinę rūgšties neutralizacijos gebą, ANC arba $ANC_{le,crit}$, tokiu būdu:

$$CL(S) + CL(N) = BC_{dep}^* - CL_{dep}^* + BC_w - Bc_u + N_i + N_u + N_{de} - ANC_{le,crit}. \quad (1.19)$$

Potencialaus rūgštėjimo kritinė apkrova (Sverdrup et al., 1990) buvo apibrėžta taip:

$$CL(Ac_{pot}) = BC_w - Bc_u + N_i + N_u + N_{de} - ANC_{le,crit}, \quad (1.20)$$

kai $Ac_{pot} = S_{dep} + N_{dep} - BC_{dep}^* + CL_{dep}^*$.

Terminas „potencialus“ yra naudojamas todėl, kad NH_3 yra laikomas potencialia rūgštimi dėl galimybės užbaigti nitrifikacijos procesą.

Įvertintas skirtingumas tarp dirbamos žemės ir dirvožemio rūgštingumo yra naudojamas nustatyti rūgštėjimo kritinę apkrovą:

$$CL(A) = BC_w - ANC_{le,crit}. \quad (1.21)$$

Šis skirtumas skaičiuojamas tam, kad būtų galima atskirti kintamuosius, kurie ilgainiui gali kisti, pvz. Bc ar N pasisavinimas, kuriuos įtakoja miškotvarka bei N pagavimas ir denitrifikacija, kurie gali kisti keičiantis hidrologiniam režimui. Tačiau vis tiek lieka dvi problemos: (a) likę dydžiai (1.21) lygtyje taip pat gali kisti (pvz. ANC išplovimas priklauso nuo kritulių kiekio); (b) azoto pasisavinimas ir kiti procesai yra augmenijos ekosistemos dalis, t.y. $CL(A)$ gali būti dirvos rūgštėjimo kritine apkrova, tačiau, nors dirva pati savaime yra „jautrus apsaugai elementas“, ant jos vis tiek auga augalai. Nepaisant to, tokie dydžiai kaip $CL(A)$ yra skaičiuojami ir gali turėti įtakos kintamiesiems.

Reikia pabrėžti, kad (1.19) lygtis neduoda vienareikšmių sieros ir azoto kritinių apkrovų. Tačiau, azoto nuotėkis negali kompensuoti sieros rūgštingumo indėlio, todėl maksimalios sieros kritinės apkrovos yra skaičiuojamos taip:

$$CL_{max}(S) = BC_{dep}^* - CL_{dep}^* + BC_w - Bc_u - ANC_{le,crit} = BC_{dep}^* - CL_{dep}^* - Bc_u + CL(A) \quad (1.22)$$

tol, kol azoto nusėdimas yra mažesnis nei azoto nuotėkis, dar vadinamas minimalia azoto kritine apkrova, t.y.:

$$N_{dep} \leq CL_{min}(N) = N_i + N_u + N_{de}. \quad (1.23)$$

Tuomet maksimali azoto kritinė apkrova (kai sieros nusėdimas lygus nuliui) yra:

$$CL_{max}(N) = CL_{min}(N) + CL_{max}(S). \quad (1.24)$$

Šie trys kintamieji ($CL_{max}(S)$, $CL_{min}(N)$ ir $CL_{max}(N)$) apibrėžia kritinių apkrovų funkciją (CLF, pav. 1(a)). Kiekviena nusėdimo pora (N_{dep} , S_{dep}) šiame paveiksle yra rūgštinančių sieros ir azoto kritinės apkrovos.

Tokiu būdu skaičiuojant kritines apkrovas yra laikoma, kad azoto šaltiniai ir nuotėkiai nepriklauso nuo azoto nusėdimo. Tačiau tai nėra tiesa, kaip ir prielaida, jog

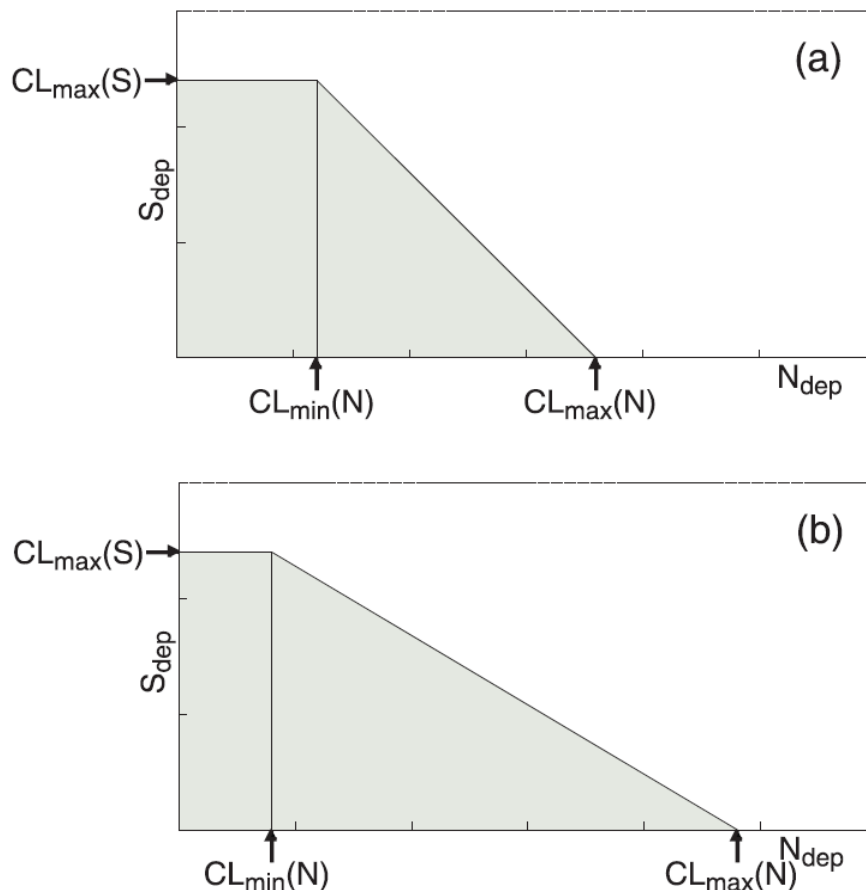
denitrifikacija tiesiškai priklauso nuo suminio azoto nusėdimo. (1.4) lygties N_{de} išraišką įterpus į (1.24) lygtį gausime tokias $CL_{min}(N)$ ir $CL_{max}(N)$ išraiškas:

$$CL_{min}(N) = N_i + N_u \quad (1.25)$$

ir

$$CL_{max}(N) = CL_{min}(N) + \frac{CL_{max}(S)}{1 - f_{de}}, \quad (1.26)$$

čia f_{de} ($0 \leq f_{de} < 1$) yra denitrifikacijos funkcija. Kritinės apkrovos funkcijos pavyzdys, kai $f_{de} > 0$ yra pateiktas 1(b) paveiksle.



Pav. 1 Sieros ir rūgštinančio azoto kritinių apkrovų funkcija (CLF), gauta naudojantis trimis dydžiais: $CL_{max}(S)$, $CL_{min}(N)$ ir $CL_{max}(N)$. (a) pastovi denitrifikacija N_{de} su vėlesniu 45° CLF mažėjimu; (b) nuo nusėdimo priklausanti denitrifikacija, vykstanti esant mažesniai $CL_{min}(N)$ ir nuožulnesniu mažėjimu, priklausančiu nuo f_{de} . Pilkas plotas po CLF žymi nusėdimą, kai ANC išplovimas yra didesnis nei $ANC_{le,crit}$ (nėra viršijamos kritinės apkrovos).

1.2.2. Rūgšties neutralizacijos gebos cheminiai kriterijai ir kritiniai išplovimai

Rūgšties neutralizacijos gebos (ANC) išplovimas yra aprašytas (1.10) lygtyje. Paprasčiausiu atveju bikarbonatas (HCO_3) ir organiniai anijonai ($RCOO$) yra ignoruojami, nes esant mažoms pH vėrtėms jie neturi didesnės įtakos. Tuomet ANC išplovimas yra:

$$ANC_{le} = -H_{le} - Al_{le} = -Q \cdot ([H] + [Al]), \quad (1.27)$$

čia Q yra kritulių perteklius [$m^3/ha/metai$].

ANC_{le} yra pagrindinis receptorių kritinis cheminis kriterijus. Svarbu yra pasirinkti tinkamiausią ANC_{le} apskaičiavimo metodą. Skirtingi metodai gali parodyti skirtingas kritines apkrovas. Jeigu tos pačios sistemos kritinėms apkrovoms apskaičiuoti pasirenkami skirtingi kriterijai, galutinė kritinė apkrova pasirenkama mažiausia iš apskaičiuotų. Pagrindinis kriterijų pasirinkimo aspektas – ar receptoriai labiau jautrūs nepalankioms pH sąlygoms ar toksiškam aliuminio poveikiui. ANC_{le} gali būti įvertintas naudojantis vandenilio jonų kriterijumi (t.y. imamas kritinis dirvos tirpalo pH) arba skaičiuojant kritinę aliuminio koncentraciją ir atvirkščiai. Santykis tarp $[H]$ ir $[Al]$ aprašomas Gibso lygybe:

$$[Al] = K_{gibb} \cdot [H]^3, \quad (1.28)$$

čia K_{gibb} - Gibso pusiausvyros konstanta. Ši lygtis yra naudojama Al (kritinės) koncentracijos įvertinimui, kai yra duota protonų koncentracija ir atvirkščiai.

Skirtingi kritiniai cheminiai kriterijai išvardinti žemiau kartu su lygtimis $ANC_{le,crit}^*$, skaičiavimui (UNECE, 2001; Hall et.al., 2001).

Aliuminio kriterijai:

Aliuminio kriterijai dažniausiai naudojami mineralinėms dirvoms, turinčioms mažą organinių medžiagų kiekį. Pagrindiniai kriterijai yra:

(a) kritinė aliuminio koncentracija.

Kritinės Al ribos yra skaičiuojamos miškų dirvožemiams ($[Al]_{crit} = 0,2 \text{ ekv./m}^3$). Jos naudojamos geriamo vandens (gruntinių vandenų) apsaugai, pvz. ES maksimalus $[Al]$ kiekis geriamajame vandenyje yra $0,2 \text{ mg/l}$ (apie $0,02 \text{ ekv./m}^3$). Tuomet $ANC_{le,crit}$ gali būti apskaičiuojamas taip:

$$ANC_{le,crit} = -Q \left(\left([Al]_{crit} / K_{gibb} \right)^{1/3} + [Al]_{crit} \right); \quad (1.29)$$

(b) kritinis katijonų ir aliuminio santykis.

Dirvožemiams dažniausiai yra naudojamas ryšys tarp dirvos cheminės sudėties ir augalų reakcijos (smulkių šaknų suardymas), išreiškiamas per kritinį molinį pagrindinių katijonų koncentracijos koeficientą ($Bc = Ca + Mg + K$) ir Al dirvos tirpalą, kuris žymimas $(Bc / Al)_{crit}^*$. Spygliuočiams dažniausiai naudojama $(Bc / Al)_{crit} = 1$ išraiška.

Kritinė Al išplovimo reikšmė skaičiuojama iš Bc išplovimo (1.13) lygties:

$$Al_{le,crit} = 1.5 \cdot \frac{Bc_{le}}{(Bc / Al)_{crit}}. \quad (1.30)$$

Skaičiuojant kritinę ANC naudojame (1.27) ir (1.28) lygtis, todėl:

$$ANC_{le,crit} = -Q^{2/3} \cdot \left(1.5 \cdot \frac{Bc_{dep} + Bc_w - Bc_u}{K_{gibb} \cdot (Bc / Al)_{crit}} \right)^{1/3} - 1.5 \cdot \frac{Bc_{dep} + Bc_w - Bc_u}{(Bc / Al)_{crit}}; \quad (1.31)$$

(c) kritinis aliuminio mobilizacijos laipsnis.

Kritinis ANC gali būti skaičiuojamas naudojant kriterijus, sustabdančius antrinę Al fazių ir kompleksų skaidymąsi, kurie gali iššaukti dirvos struktūrinius pasikeitimus ir tolesnį pH mažėjimą.

$$Al_{le,crit} = Al_w, \quad (1.32)$$

čia Al_w yra išplovimas iš pirminių mineralų [ekv./ha/metai]. Galima skaičiuoti siejant su Bc :

$$Al_w = p \cdot BC_w, \quad (1.33)$$

čia p yra pradinių mineralų erozijos Al ir BC stochiometrinis santykis [ekv./ekv.], kuris Šiaurės Europos dirvožemių mineralogijoje paprastai yra lygus 2 (kitimo ribos: 1,5 – 3,0). Tuomet ANC kritinis išplovimas yra:

$$ANC_{le,crit} = -Q^{2/3} \cdot \left(\frac{p \cdot BC_w}{K_{gibb}} \right)^{1/3} - p \cdot BC_w. \quad (1.34)$$

Vandenilio jonų kriterijai:

Dirvoms su dideliu organinių medžiagų kiekiu rekomenduojami du protonų kriterijai:

(a) kritinis pH.

Kritinio pH ribą nustato dydis, žemiau kurio receptoriai veikiami priešišškai. Kritinė pH riba miško dirvoms yra $pH_{crit} = 4.0$, o $ANC_{le,crit}$ skaičiuojamas:

$$ANC_{le,crit} = -Q \cdot \left([H]_{crit} + K_{gibb} \cdot [H]_{crit}^3 \right). \quad (1.35)$$

(b) kritinis katijonų ir protonų santykis.

Organinėms dirvoms, kurios neturi Al -(hidr)oksidų (pvz. durpingos dirvos) rekomenduojama naudoti kritinį moliarinį katijonų ir protonų santykį $(Bc/H)_{crit}^*$.

Tuomet:

$$ANC_{lr,crit} = 0.5 \cdot \frac{Bc_{dep} + Bc_w - Bc_u}{(Bc/H)_{crit}}. \quad (1.36)$$

Kritinis prisotinimas:

Prisotinimas, t.y. pagrindinių katijonų frakcija katijonų pasikeitimo komplekse, yra dirvos rūgštingumo būvio indikatorius. Kritinis prisotinimas gali būti pasirinktas kriterijumi, apskaičiuojant kritines rūgštingumo apkrovas (Hall et al., 2001; UNECE, 2001).

Prisotinimo sąryšis su ANC reikalauja duomenų apie katijonų apsikeitimą tarp apsikeičiančio komplekso ir dirvos tirpalo. Gerai žinomi Gapon ir Gaines –Thomas apsikeitimo modeliai (Reuss, 1983).

Kaip pavyzdį panagrinėsime apsikeitimo tarp H , Al ir $Bc = Ca + Mg + K$ apibūdinimą, kuris panaudotas Very Simple Dynamis (VSD) ir SAFE modeliuose (Posch et al., 2003). Abiejuose modeliuose kritinė koncentracija $[H]_{crit}$ gaunama iš lygties:

$$A \cdot [H]_{crit}^p + B \cdot [H]_{crit} = 1 - E_{Bc,crit}, \quad (1.37)$$

čia p yra eksponentė, o A ir B – koeficientai, kurie pateikti 4 lentelėje.

Lentelė 4. Lygties (1.37) koeficientai Gapon ir Gaines-Thomas apsikeitimo medeliams.

Kaitos modelis	A	p	B
Gapon	$K_{Alox}^{1/3} \cdot k_{AlBc} \cdot E_{Bc,crit} / \sqrt{[Bc]}$	a/3	$k_{HBc} \cdot E_{Bc,crit} / \sqrt{[Bc]}$
Gaines-Thomas	$K_{Alox} \cdot \sqrt{K_{AlBc}} \cdot (E_{Bc,crit} / [Bc])^3$	a	$\sqrt{K_{HBc}} \cdot E_{Bc,crit} / [Bc]$

Paprastai (1.37) lygtis yra netiesinė ir turi būti sprendžiama skaitmeniškai. Tik Gapon modelyje ir esant Gibso lygybei ($a = 3$, $K_{alox} = K_{gibb}$) ji tampa tiesine lygtimi, kurios sprendimas yra:

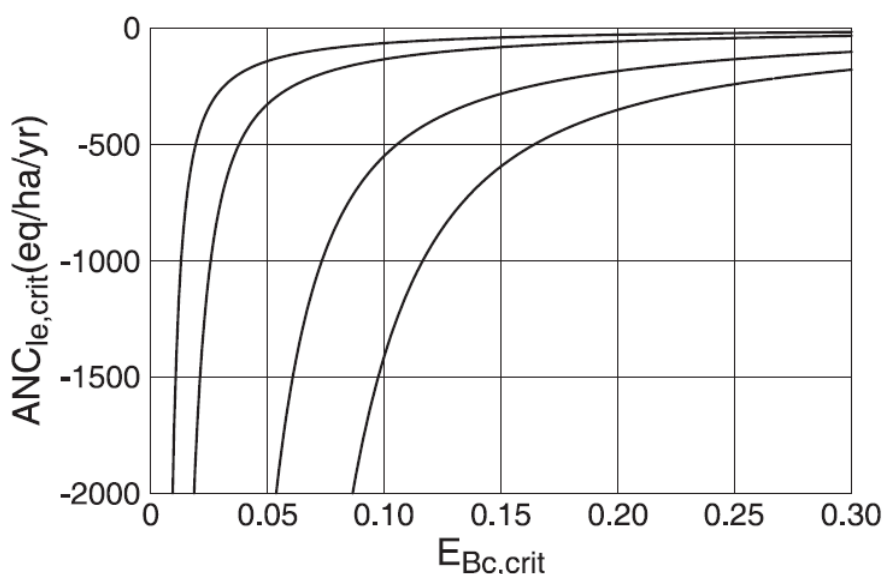
$$[H]_{crit} = K_{Gap} \cdot \sqrt{[Bc]} \cdot \left(\frac{1}{E_{bc,crit}} - 1 \right), \quad (1.38)$$

kai

$$K_{Gap} = \frac{1}{k_{HBc} + k_{AlBc} \cdot K_{gibb}^{1/3}}, \quad (1.39)$$

čia k_{HBc} ir k_{AlBc} yra du (būdingi vietai) atrankos koeficientai, aprašantys katijonų kaitą ir $[Bc] = Bc_{le}/Q$.

Kritinis ANC išplovimas esant pastoviam K_{Gap} yra pateiktas 2 pav.



Pav. 2 Kritinis ANC išplovimas (aprašytas (1.27) lygtimi, kai $Q = 1$ m/metai) kaip kritinio išplovimo funkcija ($E_{Bc,crit}$), kai $[Bc] = 0,02$ ekv./m³, $K_{gibb} = 10^8$, o $K_{Gap} = 0,005$ (kairioji kreivė); 0,01; 0,03 ir 0,05 (dešinioji kreivė).

Prisotinimas kaip kriterijus taip pat naudojamas Naujoje Anglijoje bei Rytų Kanadoje įgyvendinant „Veiksmų dėl rūgščių kritulių planą“, skaičiuojant tebevykstantį S ir N nusėdimą aukštumų miškuose naudojantis SMB modeliu. (NEG/ECP, 2001).

1.2.3. Įvesties šaltiniai ir kilmė

Pradiniai duomenys kritinėms rūgščių apkrovoms apskaičiuoti gaunami atliekant matavimus tam tikrose vietovėse, tačiau juos ne visada įmanoma atlikti.

Gibso pusiausvyros konstanta (K_{gibb}):

Ši konstanta, susiejanti Al koncentraciją su pH, priklauso nuo dirvos tipo. Lentelėje 5 pateikiamos konstantos K_{gibb} ribos ($pK_{gibb} = -\log_{10}$, (mol/l)⁻²) kaip funkcija nuo dirvos organinių medžiagų kiekio. Dažniausiai naudojama šio dydžio išraiška yra $K_{gibb} = 10^8$ (mol/l)⁻² = 300 m⁶/ekv.².

Lentelė 5. K_{gibb} konstantos ribos kaip funkcija nuo dirvos organinių medžiagų kiekio.

Dirvos tipas (sluoksnis)	Organinės medžiagos, %	, $m^6/ekv.^2$	
Mineralinis dirvožemis (C-sluoksnis)	< 5	950,0 – 9500,0	8,5 – 9,5
Mažai organinės medžiagos turintis dirvožemis (B/C sluoksnis)	5 – 15	300,0 – 3000,0	8,0 – 9,0
Dirvožemis su labai mažu organinės medžiagos kiekiu (A/E sluoksnis)	15 – 30	100,0	7,6
Durpės ir organinis dirvožemis (organinis sluoksnis)	> 70	9,5	6,5

Pagrindinių katijonų ir chloridų nusėdimas:

Pradedant bazinių katijonų ir chloridų kritinių apkrovų skaičiavimus, turėtume atlikti nusėdimo matavimus (pageidautina ne antropogeninių)(www.emep.int).

Bazinių katijonų išplovimas:

Arđymas reiškia bazinių katijonų išlaisvinimą iš mineralų dirvoje dėl cheminio medžiagų skaidymosi, neutralizacijos bei išplovimo, susijusio su šiuo procesu, susidarymo. Šis procesas skiriasi nuo pagrindinių katijonų denudacijos, nuo katijonų apsikeitimo bei dirvos organinių medžiagų degradacijos. Šio proceso įvertinimui naudojama daug metodų. Aptarsime svarbiausius:

- (a) Skokloster sąlyga: tai pusiau empirinis metodas, sukurtas Skokloster (Švedijoje).
- (b) Dirvos tipas – dirvožemio sandaros apytikslis nustatymas.

De Vreis et. al. (1993) nustatė erozijos greičio klases pagal Europos (miškų) dirvos struktūros ir pagrindinių medžiagų klases (6 lentelė).

Lentelė 6. Dirvožemio sandaros, priklausomai nuo jų molingumo ir smėlingumo, klasės (Eurosoil, 1999).

Sandaros klasė	Grūdėtumas	Apibūdinimas
1	stambus	molis < 18 % ir smėlis \geq 65 %
2	vidutinis	molis < 35 % ir smėlis > 15 %, bet molis \geq 18 % jei smėlis \geq 65 %
3	vidutiniškai smulkus	molis < 35 % ir smėlis \geq 15 %
4	smulkus	35 % \leq molis < 60 %
5	labai smulkus	molis \geq 60 %

2. EMEP MODELIUOTOS KONCENTRACIJOS ORE IR NUSĖDIMAI

EMEP internetinėje svetainėje pateikiami koncentracijų ore ir nusėdimų modeliuoti duomenys 1980, 1985 ir 1990 – 2008 metams. Skaičiavimai buvo atliekami naudojantis skirtingomis modelių versijomis skirtingiems metams. Skirtingų komponentų apibrėžimai ir akronimai, naudotos modelio versijos bei EMEP rekomenduotos nuorodos yra pateiktos naudotojo vadove (EMEP User Guide).

Unifikuotas EMEP modelis yra skirtas pagrindinių aplinką rūgštinančių ir eutrofikuojančių teršalų, foto-oksidantų, kietų dalelių koncentracijų ore ir nusėdimo skaičiavimui. Dabartinė EMEP modelio versija ir pateikiami įvesties duomenys yra $50 \times 50 \text{ km}^2$ horizontalios rezoliucijos ir yra vaizduojami vertikaliai ant polinių stereografinių projekcijų su 20 sigma lygiu. Modelis naudoja tą pačią horizontalios ir vertikalios gardelės rezoliuciją kaip ir modeliui pateikiami meteorologiniai duomenys.

2.1. Sausas nusėdimas

2.1.1. Pasipriešinimo formuluotė

Virš tam tikro žemės paviršiaus, tam tikrų dujų i nuostolio greitis ant paviršiaus, vienetinio ploto ir aukščio tūriui Δz , yra aprašomas kaip nusėdimo greitis aukštyje z_{ref} ir koncentracija (C_i) šiame aukštyje:

$$dC_i(z_{ref})/dt = -V_g(z_{ref}) \times C_i(z_{ref})/\Delta z, \quad (2.1)$$

čia

$$V_g = \frac{1}{R_a + R_b + R_c}, \quad (2.2)$$

R_a (s/m) yra aerodinaminis pasipriešinimas tarp z_{ref} ir augmenijos skliauto viršaus (formaliai $d + z_0$, čia d yra poslinkio aukštis, o z_0 – šiurkštumo ilgis), R_b (s/m) – kvazilaminaraus sluoksnio pasipriešinimas dujoms i , R_c (s/m) – paviršiaus (skliauto) pasipriešinimas dujoms i .

Jei turime kelias skirtingas žemėnaudos klases gardelės viduje, tuomet gardelės vidutinis nusėdimo greitis yra:

$$\tilde{V}_g = \sum_{k=1}^N f_k \times V_g^k, \quad (2.3)$$

čia \tilde{Q} simbolizuoja gardelės-kvadratėlio vidurkį bet kokiam dydžiui Q , f_k – tipo k žemėnaudos frakcija gardelės kvadratėlyje, o V_g^k – nusėdimo greitis kiekvienai žemėnaudai, apskaičiuotas pagal (2.2) formulę.

Korekcija lietaus atveju

Gardelėse, kuriose pasitaiko lietaus atvejų, yra laikoma, kad paviršiaus frakcija, kurią sudrėkino krituliai, yra lygi debesų ploto frakcijai a_{CL} . Tirpioms medžiagoms (ypač SO_2) nusėdimo greičiai yra skaičiuojami įskaitant tiek sausą, tiek drėgną paviršius, t.y.:

$$V_{g,dry} = \frac{1}{R_a + R_b + R_{c,dry}}, \quad V_{g,wet} = \frac{1}{R_a + R_b + R_{c,wet}}. \quad (2.4)$$

Bendras nusėdimo greitis gaunamas taip: $V_g = a_{CL} \cdot V_{g,wet} + (1 - a_{CL}) \cdot V_{g,dry}$. Reikia paminėti, kad yra laikoma, jog net ir „sauso“ nusėdimo greičiai yra veikiami santykinės drėgmės (RH).

Azoto dioksidas

Azoto oksidų mainus prie paviršiaus yra labai sunku parametrizuoti, o matavimai dažnai rodo emisiją nuo paviršiaus vietoj nusėdimo, ypač esant mažoms NO₂ koncentracijoms. Bandant grubiai tai įvertinti (2.1) formulė buvo modifikuota apytiksliai remiantis stebėjimais, pateiktais Walton et al. (1997), Duyzer and Fowler (1994), Fowler and Erisman (2003):

$$dC_{NO_2}(z_{ref})/dt = -V_g(z_{ref}) \times [C_{NO_2}(z_{ref}) - C_x] / \Delta z, \quad (2.5)$$

čia C_x yra slenkstinė koncentracija (4 ppb). Galimas nusėdimas yra tuomet, kai nėra NO₂ nusėdimo su mažesnėmis nei 4 ppb koncentracijomis.

2.1.2. Aerodinaminis pasipriešinimas (R_a)

Pirmieji sub-gardelės R_a įvertinimo žingsniai yra nustatyti gardelės-kvadratėlio vidutinį Monin-Obukhov ilgį (\tilde{L}):

$$\tilde{L} = \frac{-\tilde{\rho} c_p \tilde{T}_2 \tilde{u}_*^3}{kg\tilde{H}}. \quad (2.6)$$

3D meteorologiniuose modeliuose vėjo greitis u yra priskiriamas žemiausio lygio gardelės centrui (apie 45 m). Daroma prielaida, kad šis aukštis yra paviršiaus sluoksnio viduje ar netoli jo viršaus, todėl galima skaičiuoti turbulencinius parametrus remiantis lokaliomis z_0 ir d reikšmėmis. Jos paprastai nustatomos pagal augmenijos aukštį (h), laikant, kad $d = 0.7h$, $z_0 = 0.1h$ (virš vandens priklauso nuo u_*). Šiuo atveju yra apytikriai apskaičiuojamas naujas u_* , remiantis turimu z_{ref} vėju. Pradiniame įvertinime yra daroma prielaida, kad lokalus L yra lygus gardelės-celės \tilde{L} . Tuomet:

$$u_* = \frac{u(z_{ref})k}{\ln\left(\frac{z_{ref}-d}{z_0}\right) - \Psi_m\left(\frac{z_{ref}-d}{L}\right) + \Psi_m\left(\frac{z_0}{L}\right)}, \quad (2.7)$$

čia Ψ_m yra judesio kiekio panašumo funkcija. Turint tokiu būdu apskaičiuotą u_* , geresnis L įvertinimas gali būti gautas naudojant u_* (2.6) formulėje. Aerodinaminis pasipriešinimas šilumai arba skaliam tarp bet kurių dviejų lygių (z_2, z_1) yra apskaičiuojamas taip:

$$R_{a,h}(z_2, z_1) = \frac{1}{k \cdot u_*} \left[\ln\left(\frac{z_2-d}{z_1-d}\right) - \Psi_h\left(\frac{z_2-d}{L}\right) + \Psi_h\left(\frac{z_1-d}{L}\right) \right], \quad (2.8)$$

čia Ψ_h yra šilumos panašumo funkcija. Nusėdimo skaičiavime z_2 yra laikomas atskaitos aukščiu z_{ref} , o z_1 – kvazi-laminaraus sluoksnio viršumi $z_0 + d$, tuomet $R_a = R_{a,h}(z_{ref}, d + z_0)$.

2.1.3. Kvazi-laminaraus sluoksnio pasipriešinimas (R_b)

$$R_b = \frac{2}{ku_*} \left(\frac{Sc}{Pr} \right)^{2/3}, \quad (2.9)$$

čia Sc yra Schmidt'o skaičius, kuris lygus ν/D_i , kai ν yra kinetinė oro klampa (0,15 cm²/s esant 20°C), D_i – dujų i molekulinė difuzija, o Pr – Prandtl'o skaičius (0,72). Virš jūros yra naudojama Hicks ir Liss (1976) išraiška:

$$R_b = \frac{1}{ku_*} \cdot \ln\left(\frac{z_0}{D_i} ku_*\right). \quad (2.10)$$

2.1.4. Paviršiaus pasipriešinimas (R_c)

Paviršiaus (ar augalijos skliauto) pasipriešinimas yra labiausiai kompleksinis kintamasis nusėdimo modelyje, nes jis stipriai priklauso nuo paviršiaus charakteristikų ir nusėdančių dujų cheminių savybių. Modelyje naudojamas didelio masto augmenijos skliauto pasipriešinimas ir laidumas (atitinkamai R ir G , kai $G_x = 1/R_x$ esant bet kokiam x), o vienetinio lapo ploto (vienos pusės) pasipriešinimas ir laidumas žymimi atitinkamai r ir g . Didelio masto augmenijos skliauto laidumo (G_c) formulė yra:

$$G_c = LAI \cdot g_{sto} + G_{ns}, \quad (2.11)$$

čia LAI yra lapų ploto indeksas (m^2/m^2 , vienos pusės), g_{sto} – stomatinis laidumas, o G_{ns} – didelio masto nestomatinis laidumas. Ne augaliniams paviršiams yra svarbus tik paskutinis dėmuo.

Esant nulinėms temperatūroms daugelyje formulių yra naudojamas žemų temperatūrų pasipriešinimas. Šiame modelyje yra remiamasi Wesely (1989) formuluote, kurioje T_s matuojama $^{\circ}C$:

$$R_{low} = 1000e^{-(T_s+4)}. \quad (2.12)$$

Azoto rūgšties atvejis yra išskirtinis, nes esant normalioms sąlygoms paviršiaus pasipriešinimas HNO_3 yra beveik nulinis. Minimali R_c vertė (1 s/m) yra nustatyta dėl skaitmeninių priežasčių, todėl bendras augmenijos skliauto atsparumas HNO_3 yra:

$$R_c^{HNO_3} = \max(1.0, R_{low}). \quad (2.12a)$$

2.1.5. Stomatinis laidumas

Stomatinis pasipriešinimas yra skaičiuojamas naudojantis Emberson et al. (2000b) multiplikaciniu (dauginimosi) modeliu:

$$g_{sto} = g_{max} f_{phen} f_{light} \max\{f_{min}, f_T f_{VPD} f_{SWP}\}, \quad (2.13)$$

čia g_{max} yra maksimalus stomatinis laidumas (m/s), o f_x yra faktoriai (nuo 0 – 1) skaičiuojami metų laikui (lapų fenologija, *phen*), minimaliam stebėtam stomatiniam laidumui (*min*), šviesai (paprastai fotonų srauto tankis, *light (PFD)*), lapų temperatūrai (T), lapas – oras garų slėgio deficitui (VPD) ir dirvožemio-vandens potencialui (SWP). Rašant dabartinę (rv1.8) modelio versiją nebuvo įtrauktas dirvožemio vanduo, todėl paprastai $f_{SWP} = 1$.

Esant slėgiui P ir temperatūrai T , g_{max} (m/s) yra:

$$g_{max} = g_{max}^m RT/P, \quad (2.14)$$

čia R yra dujų konstanta (8,314 J/mol/K). Esant normaliam slėgiui ir temperatūrai $g_{max} \approx g_{max}^m / 41000$.

2.1.6. Nestomatinis pasipriešinimas

Nestomatinis pasipriešinimas G_{ns} yra skaičiuojamas specialiai O_3 , SO_2 ir NH_3 . Vertės kitoms dujoms yra nustatomos interpoliuojant O_3 ir SO_2 vertes.

Amoniakas ($G_{ns}^{NH_3}$)

Yra laikoma, kad nestomatinis pasipriešinimas (R_{ns}) NH_3 dujoms priklauso nuo paviršiaus (2 m) temperatūros (T_s , °C), santykinės drėgmės (RH , %) ir molinio „rūgštingumo santykio“:

$$a_{SN} = 0,6 \times [SO_2] / [NH_3]. \quad (2.15)$$

Šis rūgštingumo santykis yra pirmas bandymas įvertinti stebimus pasipriešinimo pokyčius vietovėse su skirtingomis užterštumo sąlygomis (Erisman et al., 2001; Fowler and Erisman, 2003). Kiti galimi santykiai įskaito $[NH_3 + NH_4^+] / [SO_2 + SO_4^{2-}]$, tačiau dar nepakanka duomenų, kuriais remiantis šiuo metu būtų galima rinktis šias santykinės vertes modeliavimo tikslams. Yra naudojamas 0.6 faktorius, kad būtų galima atsižvelgti į tai, kad šių dujų santykis prie paviršiaus turėtų būti didesnis nei prognozuoja EMEP modelis, dėl didelio vertikalios NH_3 gradiento virš vietovių, kuriose yra taršos šaltiniai.

Nestomatinio pasipriešinimo parametrizavimas buvo modifikuotas norint įvertinti a_{SN} įtaką:

$$R_{ns} = \begin{cases} \beta F_1(T_s, RH) F_2(a_{SN}), & (T_s > 0) \\ 200, & (-5 < T_s \leq 0) \\ 1000, & (T_s \leq -5) \end{cases}, \quad (2.16)$$

čia β yra normavimo faktorius (0,0455), $F_1 = 10 \log(T_s + 2) e^{((100-RH)/7)}$, o $F_2 = 10^{(-1.1099 a_{SN} + 1.6769)}$. Funkcija F_1 apibūdina R_{ns} sąryšį su temperatūra ir santykinė drėgme. Antroji funkcija (F_2) yra stebėjimais paremta lygtis, kuri susieja vertes, gautas esant 95 % santykinėi drėgmei ir 10 °C temperatūrai, su moliniu SO_2/NH_3 santykiu. Šios dvi funkcijos yra lygios moliniam SO_2/NH_3 santykiui 0,3. Faktorius β yra įvestas tam, kad būtų galima viena lygtį normalizuoti kitos atžvilgiu, t.y. užtikrinti, kad kombinuotas parametrizavimas yra lygus dviems atskiroms išraiškoms esant 95% santykinėi drėgmei, 10 °C temperatūrai ir moliniam santykiui 0,3.

Esant aukštesnėms nei nulinės temperatūroms R_{ns} gali būti tik tarp 10 ir 200 s/m. Galiausiai, šioje formuluotėje nėra atskiriama šlapias ir sausas paviršiai (į tai atsižvelgta prieš tai naudotoje RH priklausomybėje), tuomet laidumas yra:

$$G_{ns,dry} = G_{ns,wet} = 1/R_{ns}. \quad (2.16a)$$

Sieros dioksidas ($G_{ns}^{SO_2}$)

Augmenijos laidumas SO_2 dujoms stipriai priklauso nuo drėgmės ir NH_3 lygio. Remiantis paskutinių stebėjimų duomenimis augmenijos atsparumas SO_2 vietovėse su aukštomis ir žemomis NH_3 vertėmis bei esant drėgnoms ir sausoms sąlygoms gali būti apibendrintas taip:

R_{ns}	Sausas paviršius	Drėgnas paviršius
Aukštas NH_3 lygis	80	40
Žemas NH_3 lygis	180	100

Bandant interpoliuoti šiuos duomenis buvo naudojamas rūgštingumo santykis a_{SN} iš (2.15) formulės ir įvesta paprasta funkcija F_{SN} :

$$F_{SN} = \begin{cases} e^{-(2-a_{SN})}, & a_{SN} < 2 \\ 1, & a_{SN} \geq 2 \end{cases}. \quad (2.17)$$

Ši funkcija parenka vertes tarp 1,0; 0,61 ir 0,37; atitinkančias a_{SN} santykio vertes 2,0; 1,5 ir 1,0. Jei yra nustatomas konkrečiai sausas arba šlapias pasipriešinimai ($R_d = 180$ s/m, $R_w = 100$ s/m), tuomet R_{ns} vertės SO_2 dujoms yra nustatomos tiek šlapiam, tiek drėgnam paviršiui:

$$\begin{aligned} R_{ns,dry}^{SO_2} &= R_d \times F_{SN} + R_{low} + 2000\delta_{snow} \\ R_{ns,wet}^{SO_2} &= R_w \times F_{SN} + R_{low} + 2000\delta_{snow} \end{aligned} \quad (2.18)$$

Gaunamos $G_{ns,dry}^{SO_2}$ ir $G_{ns,wet}^{SO_2}$ vertės yra priešingos pasipriešinimo vertėms.

Drėgmės poveikis

Taip vadinamos „sausos“ G_{ns} vertės leidžia nustatyti ir „drėgnas“ vertes, kai RH artėja prie 100 %. Tuomet įvedamas drėgmės faktorius:

$$F_{RH} = \begin{cases} (RH) - RH_{lim} / 100 - RH_{lim}, & RH > RH_{lim} \\ 1, & RH \leq RH_{lim} \end{cases}, \quad (2.19)$$

čia RH_{lim} yra 85 % miškams ir 75 % kitoms augmenijos rūšims. Tuomet galutinė $G_{ns,dry}$ išraiška yra:

$$G_{ns,dry} = (1,0 - F_{RH})G_{ns,dry} + F_{RH}G_{ns,wet}. \quad (2.20)$$

2.1.7. Augmenijos laidumas – ne vegetaciniai paviršiai

Paviršiams be vegetacinės augmenijos pasipriešinimo R_{gs} vertės yra imamos tiesiogiai iš \hat{R}_{gs} duomenų bazės, prie kurių pridedamos žemos temperatūros ir sniego modifikacijos:

$$R_{gs}^{O_3} = \hat{R}_{gs}^{O_3} + R_{low} + 2000\delta_{snow} \quad (2.21)$$

$$R_{gs}^{SO_2} = \hat{R}_{gs}^{SO_2} + R_{low} + 2000\delta_{snow},$$

$$G_{ns,dry} = 10^{-5} H^* / R_{ge,dry}^{SO_2} + f_0 G_{ns}^{O_3} \quad (2.22)$$

$$G_{ns,wet} = 10^{-5} H^* / R_{ge,wet}^{SO_2} + f_0 G_{ns}^{O_3}.$$

2.1.8. Sausas aerozolio nusėdimas

Aerozolio sauso nusėdimo greitis aukštyje z_{ref} yra apskaičiuojamas taip:

$$V_g = \frac{1}{R_a + R_b + R_a R_b v_s} + v_s, \quad (2.23)$$

čia v_s yra gravitacinio nusėdimo greitis. Kitos išraiškos yra tokios pačios, kaip ir dujoms. Taip pat yra padaryta prielaida, kad visos dalelės prilimpa prie paviršiaus, t.y. paviršiaus pasipriešinimas R_c yra lygus nuliui.

Sauso nusėdimo greitis atmosferos aerozolio dalelėms priklauso nuo jų dydžio. Unifikuotas modelis atskiria smulkias ir stambias daleles, kurių skersmuo atitinkamai yra 0,3 ir 4 μm . Kad būtų įskaityta stipri masės vidutinio nusėdimo greičio priklausomybė nuo aerozolio dalelių dydžio pasiskirstymo visi pasipriešinimai yra integruojami per dalelių dydžius, naudojant log-normalinį dalelių dydžio pasiskirstymą su 2,0 ir 2,2 μm geometriniais standartiniais nuokrypiais atitinkamai smulkioms ir stambioms dalelėms.

2.1.9. Gravitacinis nusėdimas (v_s)

Gravitacinis nusėdimo greitis yra apskaičiuojamas taip:

$$v_s = \frac{D_p^2 \rho_p g C_c}{18\mu}, \quad (2.24)$$

čia D_p ir ρ_p yra atitinkamai dalelių skersmuo ir tankis, μ – dinaminis oro klampumas, g – gravitacinis pagreitis, o C_c – poslinkio korekcijos koeficientas (Cunninghan'o korekcijos koeficientas), kurio išraiška yra:

$$C_c = 1 + \frac{2\lambda}{d_p} \left[1,257 + 0,4 \exp\left(-\frac{1,1d_p}{2\lambda}\right) \right], \quad (2.25)$$

čia λ yra dujų molekulių vidutinis laisvasis kelias ore ($\lambda = 0,065 \times 10^{-6}$ m).

$$\mu = \nu \rho_{air}, \quad (2.26)$$

čia ν yra oro kinematinis klampumas ($\nu = 1,46 \times 10^{-5}$ m²/s), o ρ_{air} yra oro tankis.

3.1.10. Kvazi-laminaraus sluoksnio pasipriešinimas aerolio dalelėms (R_b)

Priklausomai nuo dalelių dydžio, klampaus (kvazi-laminaraus) sluoksnio pasipriešinimas labiausiai priklauso nuo Brauno difuzijos, atkirtimo ir susidūrimo procesų. Naudojama formuluotė taip pat priklauso nuo duoto paviršiaus.

Lygus žemės paviršius (ledas, dykuma)

Remiantis Seinfeld and Pandis (1998) bei Slinn et al. (1978) yra naudojama:

$$R_b = \frac{1}{u_* (Sc^{2/3} + 10^{-3/St})}, \quad (2.27)$$

čia u_* yra trinties greitis, $Sc = \nu/D$ yra Schmidt'o skaičius, St – Stokes'o skaičius

$\left(St = \frac{u_*^2 \nu_g}{g\nu} \right)$, ν – oro kinematinis klampumas, o D – Brauno difuzinis koeficientas, kurio

išraiška yra:

$$D = \frac{kTC_c}{3\pi\nu\rho_{air}D_p}, \quad (2.28)$$

čia k yra Bolcmano konstanta, T – aplinkos temperatūra, ρ_{air} – oro tankis, o C_c – poslinkio korekcijos koeficientas.

Nusėdimas ant vegetacinių paviršių

Remiantis Slinn (1980), kvazi-laminaraus pasipriešinimo virš augalų išraiška yra:

$$R_b = \frac{1}{u_* \left(1 + 0,24 \frac{w_*^2}{u_*^2} \right) \left(Sc^{-2/3} + \frac{St}{1 + St^2} \right)}, \quad (2.29)$$

čia w_* yra konvekcinio greičio skalė PBL (Wesely et al., 1985), kurios išraiška yra:

$w_* = [gH z_i / (\rho C_p \theta)]^{2/3}$; čia H yra jautrus šilumos srautas, z_i – mišraus sluoksnio aukštis.

Vidutinis Stokes'o skaičius yra apskaičiuojamas taip: $St = \tau u_* / (c\hat{A}) = \nu_g u_* / (gc\hat{A})$, čia c yra skaitinis koeficientas, artimas vienetui, \hat{A} – didelių kolektorių charakteringasis „skersmuo“ (pvz.: žolės, stiebo, spyglio ir t.t.; $\hat{A} = 1$ mm). Toks parametrizavimas yra taikomas visiems vegetatyviniams paviršiams be sniego ir spygliuočių miškams visais metų laikais.

Ne spygliuočiams augalams ne augimo periodu taikoma tokia išraiška:

$$R_b = \frac{1}{u_* \left(1 + 0,24 \frac{w_*^2}{u_*^2} \right) \left(Sc^{-2/3} + 10^{-3/St} \right)}. \quad (2.30)$$

Nusėdimas ant vandens

Du parametrizavimo būdai yra naudojami kvazi-laminaraus sluoksnio pasipriešinimui virš jūrų.

1. Pirmasis, paremtas Slinn and Slinn (1980) darbu, įskaito vėjo poveikį ir tą faktą, kad gamtinių vandenų paviršius slenka lyginant su kietais paviršiais. Tuomet:

$$R_b = \frac{\kappa \cdot u_h}{u_*^2} \frac{1}{\left(Sc^{-1/2} + 10^{-3/St} \right)}, \quad (2.31)$$

čia u_h yra vėjo greitis duotame aukštyje z_{ref} . Šiame parametrizavime nėra įskaitytas burbulų sproginimas ir aerozolio dalelių pagavimas jūros purlais.

2. Antrasis parametrizavimas įskaito tai, kad virš vandenynų kvazi-laminaraus paribio sluoksnio paviršius gali būti suardytas sproginėjančių burbulų. Tokiais atvejais pasipriešinimą nulemia turbulencija ir aerozolio dalelių išplovimo purlų lašeliais greitis (van den Berg and Levievel, 2000):

$$R_b = \frac{1}{\left(1 - a_{bb} \right) \left(v_B + v_i \right) + a_{bb} \left(v_a + v_w \right)}, \quad (2.32)$$

čia a_{bb} yra santykinis burbulų sproginėjimo plotas, v_B – Brauno difuzijos greitis, v_i – susidūrimo greitis, v_w – išplovimo greitis, o $v_a = 1/R_a$.

$$v_B = \frac{Cu_*}{\sqrt{Sc \cdot Re}}, \quad (2.33)$$

čia u_* yra trinties greitis, Sc – Schmidt'o skaičius, Re – Reynolds'o skaičius ($Re = u_* z_0 / \nu$), ν – oro kinematinis klampumas, o C – konstanta ($= 1/3$).

$$v_i = u_* 10^{-3/St}, \quad (2.34)$$

čia St yra Stokes'o skaičius.

$$v_w = E_c \left(2\pi r_{sd}^2 \right) \left(2z_d \right) F_{sd}, \quad (2.35)$$

čia E_c yra purlų lašelių surinkimo efektyvumas ($= 0,5$), $2\pi r_{sd}^2$ - purlų lašelių plotas ($r_{sd} = 50 \mu\text{m}$), z_{sd} – purlų lašelių vidutinis pasiekiamas aukštis ($= 50 \text{ m}$), o F_{sd} – purlų lašelių srautas ($= 5 \times 10^6 \text{ 1/m}^2\text{s}$). Sproginėjančių lašelių plotas (a_{bb}) gali būti aproksimuotas pagal putotų bangų padengtą plotą, kuris yra:

$$a_{bb} = 1,7 \times 10^{-6} u_{10}^{3,75}, \quad (2.36)$$

čia u_{10} yra vėjo greitis 10 m aukštyje.

Naudojantis antrąja parametrizacija yra apskaičiuojami didesni dalelių nusėdimo greičiai.

2.1.11. Atšokimas

Stambių dalelių atšokimas nuo sausų paviršių yra apytikriai įskaitytas modelyje, kuris remiasi Slinn (1980) paremta išraiška. Dalelių surinkimo ant paviršiaus efektyvumo sumažėjimas (arba atšokimas) R yra apskaičiuojamas taip:

$$R = \exp(-b\sqrt{St}), \quad (2.37)$$

čia St yra Stokes'o skaičius, o b – eksperimentinis parametras ($= 2$). Duotasis paviršius yra laikomas sausu, jei per paskutines tris valandas nebuvo kritulių.

2.2. Šlapias nusėdimas

Šlapio nusėdimą proceso parametrizavimas unifikuotame EMEP modelyje apima dujų ir dalelių išmetimą atskirai debesyje ir žemiau debesies.

2.2.1. Išmetimas debesyje

Tirpus komponento C išmetimas debesyje yra aprašomas tokia išraiška:

$$\Delta C_{wet} = -C \frac{W_{in} \cdot P}{\Delta z \cdot \rho_w}, \quad (2.38)$$

čia W_{in} yra išmetimo debesyje koeficientas (7 lentelė), P – kritulių dažnis ($\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$), Δz – išmetimo gylis (laikoma, kad yra 1000 m), o ρ_w – vandens tankis ($1000 \text{ kg}/\text{m}^3$). Modelyje nėra įskaitytas efektas, kad ištirpusi medžiaga gali būti išlaisvinta, jei debesis ar lietaus vanduo išgaruoja.

Lentelė 7. Šlapio išmetimo ir surinkimo koeficientai, naudojami unifikuotame modelyje.

Komponentas	$W_{in} (\times 10^6)$	$W_{sub} (\times 10^6)$	\bar{E}
SO ₂	0,3	0,15	-
HNO ₃	1,4	0,50	-
NH ₃	1,4	0,50	-
H ₂ O ₂	1,4	0,50	-
HCHO	0,1	0,03	-
SO ₄ ²⁻	1,0	-	0,1
NO ₃ ⁻ (smulkios)	1,0	-	0,1
NH ₄ ⁺	1,0	-	0,1
PPM _{2.5}	1,0	-	0,1
NO ₃ ⁻ (stambios)	1,0	-	0,4
PPM (stambios)	1,0	-	0,4

2.2.2. Išmetimas žemiau debesies

Skaičiuojant išmetimą žemiau debesų yra padarytas atskyrimas kietų dalelių ir dujų fazės komponentų išmetimui. Dujoms išmetimas žemiau debesų yra apskaičiuojamas taip:

$$\Delta C_{wet} = -C \frac{W_{sub} \cdot P}{\Delta z \cdot \rho_w}, \quad (2.39)$$

čia W_{sub} yra išmetimo žemiau debesies koeficientas.

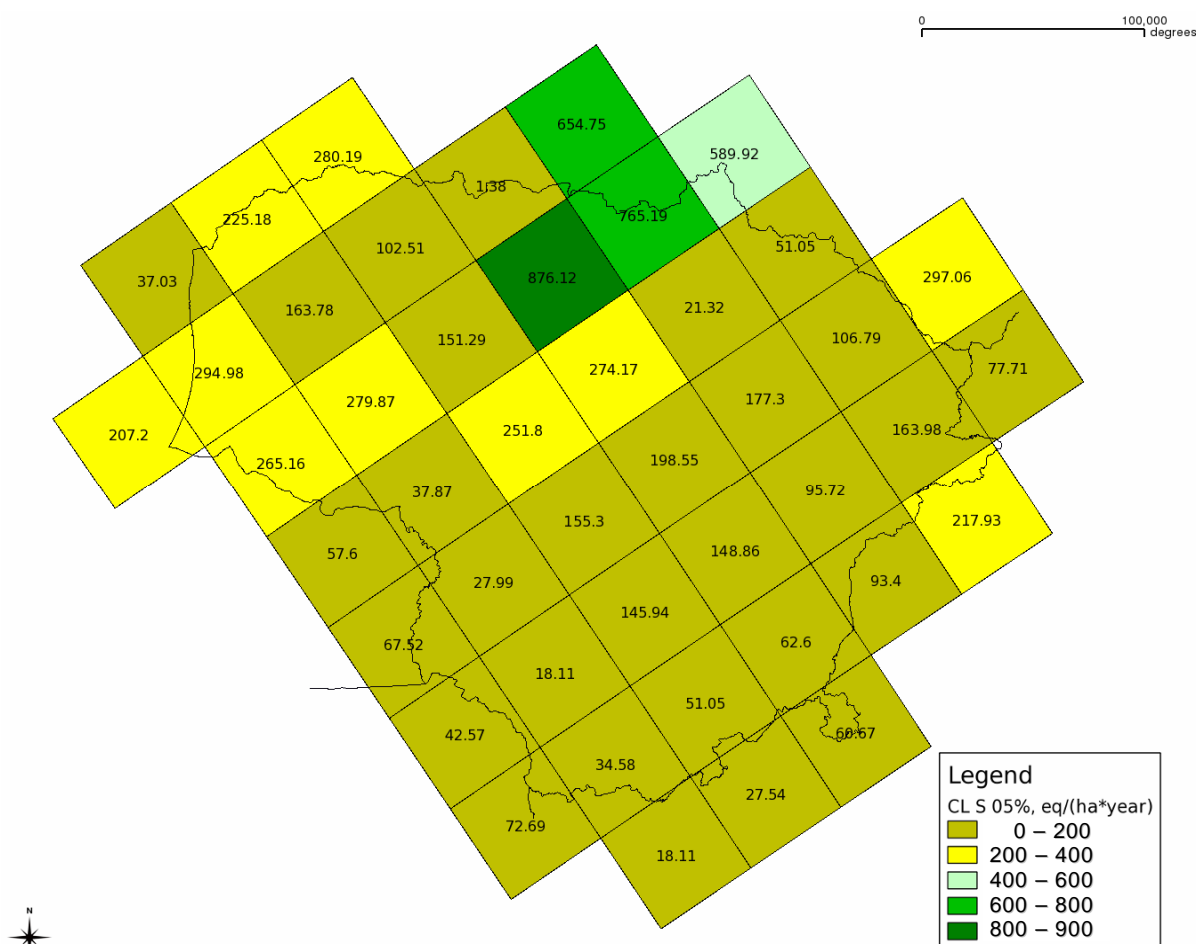
Šlapio nusėdimą greitis dalelėms yra skaičiuojamas taip (remiantis Scott, 1979):

$$\Delta C_{wet} = -C \frac{A \cdot P}{V_{dr}} \cdot \bar{E}, \quad (2.40)$$

čia V_{dr} yra lietaus lašelio kritimo greitis ($= 5 \text{ m/s}$), $A = 5,2 \text{ m}^3/\text{kg}\cdot\text{s}$ – empirinis koeficientas (Marshall-Palmer'io dydžio pasiskirstymas pritaikytas lietaus lašeliams), o \bar{E} – aerolio dalelių surinkimo lietaus lašeliais efektyvumas, priklausantis nuo dalelių dydžio.

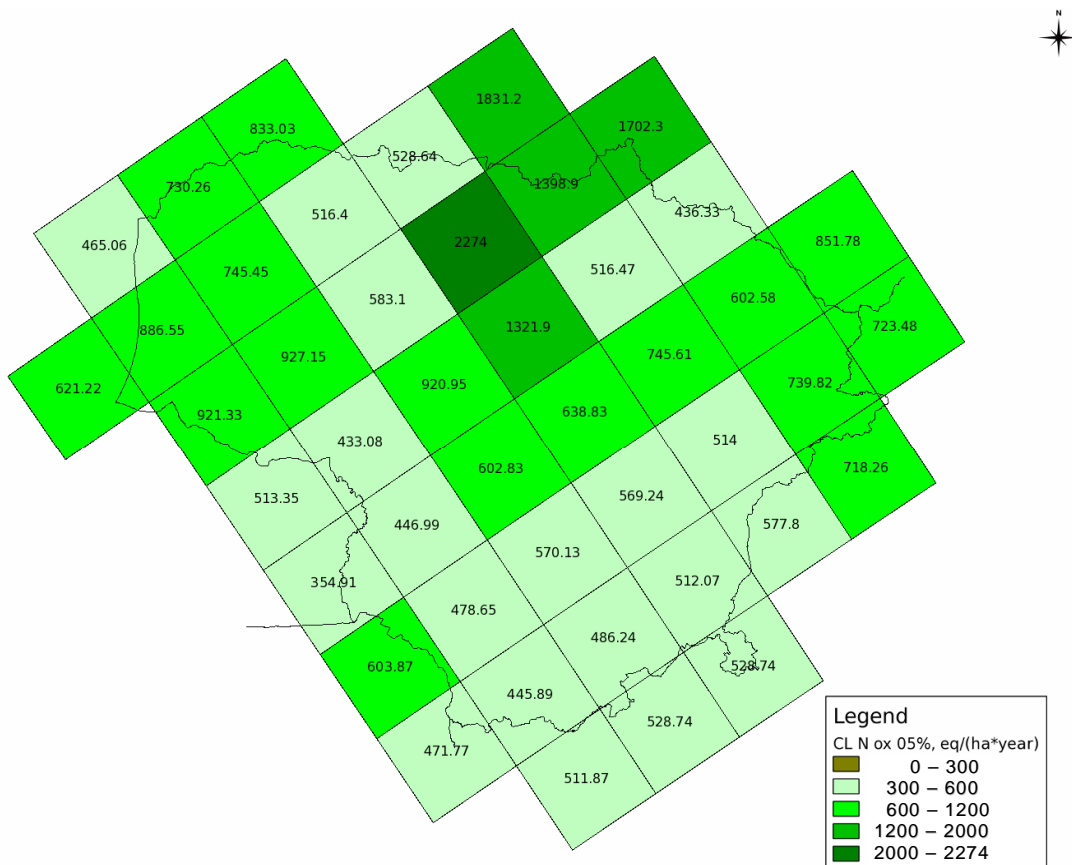
3. REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Metinės oksiduotos sieros, oksiduoto ir maistinio azoto kritinių apkrovų ir bendros (sauso ir šlapio) nusėdimo srauto vertės buvo pavaizduotos EMEP 50×50 km² tinklelyje. Kai kurie duomenys, apskaičiuoti naudojantis unifikuotu EMEP modeliu, yra pateikti internetiniame EMEP tinklalapyje 1980, 1985, 1990, 1995 ir 2000 – 2010 metams (EMEP, http://webdab.emep.int/Unified_Model_Results/AN/). Kritinės apkrovos Lietuvos ekosistemoms buvo įvertintos naudojantis GIS modeliu (LandUse). Vertinant Lietuvos kritines apkrovas buvo atsižvelgta į spygliuočių, lapuočių ir mišrių miškų (AAA, 2004) bei metinės vidutinės temperatūros (LR AM, 2009) pasiskirstymą Lietuvos teritorijoje, iškritusių kritulių metinį vidutinį kiekį (LR AM, 2009) ir Lietuvos dirvožemių žemėlapi (VĮ VŽI, 1998).

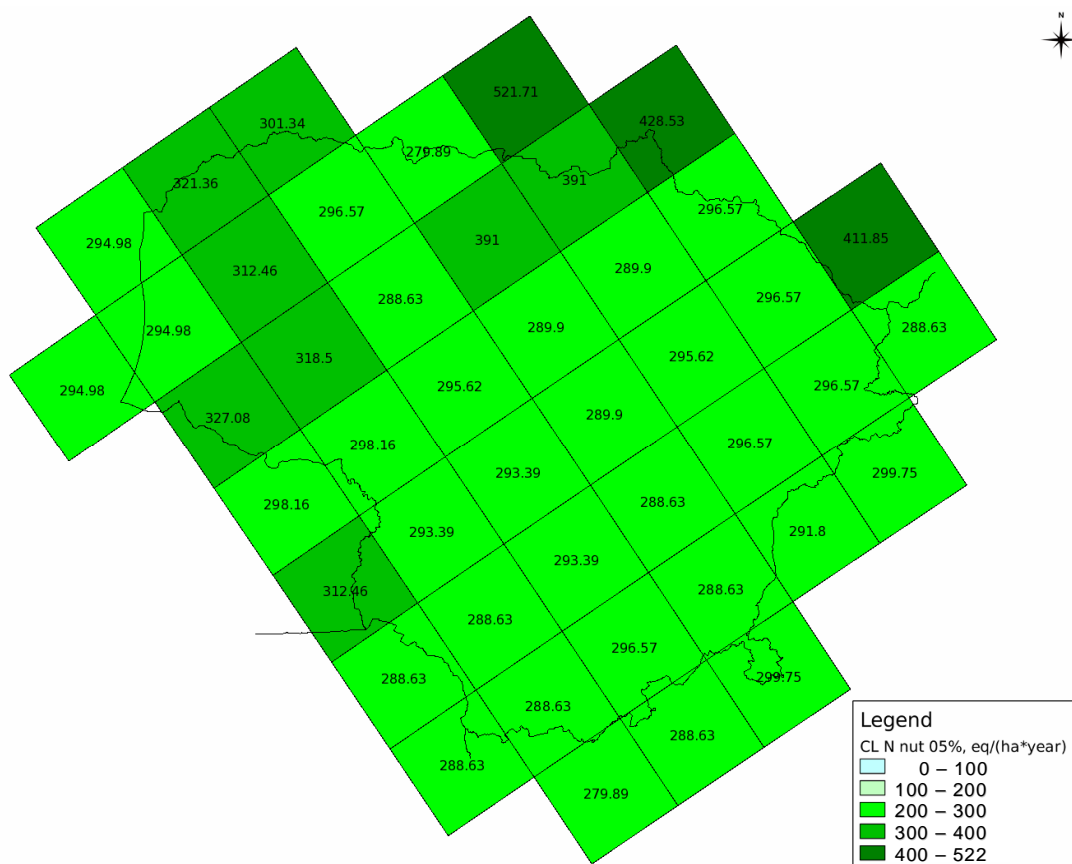


Pav. 3 Oksiduotos sieros kritinės apkrovos Lietuvos ekosistemoms

Apskaičiuoti oksiduotos sieros, oksiduoto ir maistinio azoto kritinių apkrovų duomenys pateikti 3 – 5 paveiksluose. Buvo skaičiuotos 5 procentilių kritinės apkrovos, t.y. 95% ekosistemos gali pakelti tokia apkrovą. Oksiduotos sieros kritinių apkrovų vertės kito nuo 18 iki 876 ekv./ha/metai (3 pav.). Didžiausios oksiduotos sieros kritinių apkrovų vertės buvo apskaičiuotos šiaurinėms ir centrinėms Lietuvos teritorijos dalims, mažiausios – pietinėms.



Pav. 4 Oksiduoto azoto kritinės apkrovos Lietuvos ekosistemoms



Pav. 5 Maistinio azoto kritinės apkrovos Lietuvos ekosistemoms

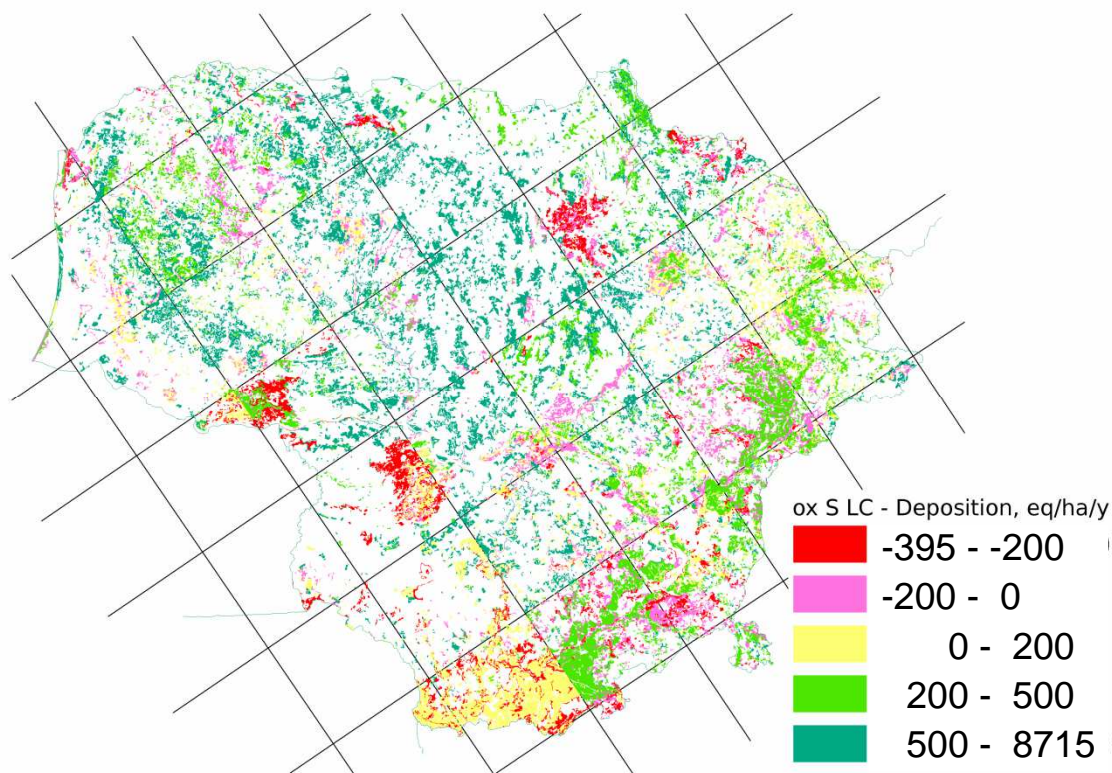
Oksiduoto azoto kritinės apkrovos kito nuo 355 iki 2274 ekv./ha/metai. Mažiausias oksiduoto azoto kritinių apkrovų vertės apskaičiuotos pietinei Lietuvos daliai (4 pav.).

Maistinio azoto kritinių apkrovų vertės kito nuo 280 iki 522 ekv./ha/metai. Iš 5 paveikslo matyti, kad didžiausios maistinio azoto kritinių apkrovų vertės buvo apskaičiuotos šiaurinėms ir vakarinėms Lietuvos teritorijos dalims, o mažiausios – pietinėms.

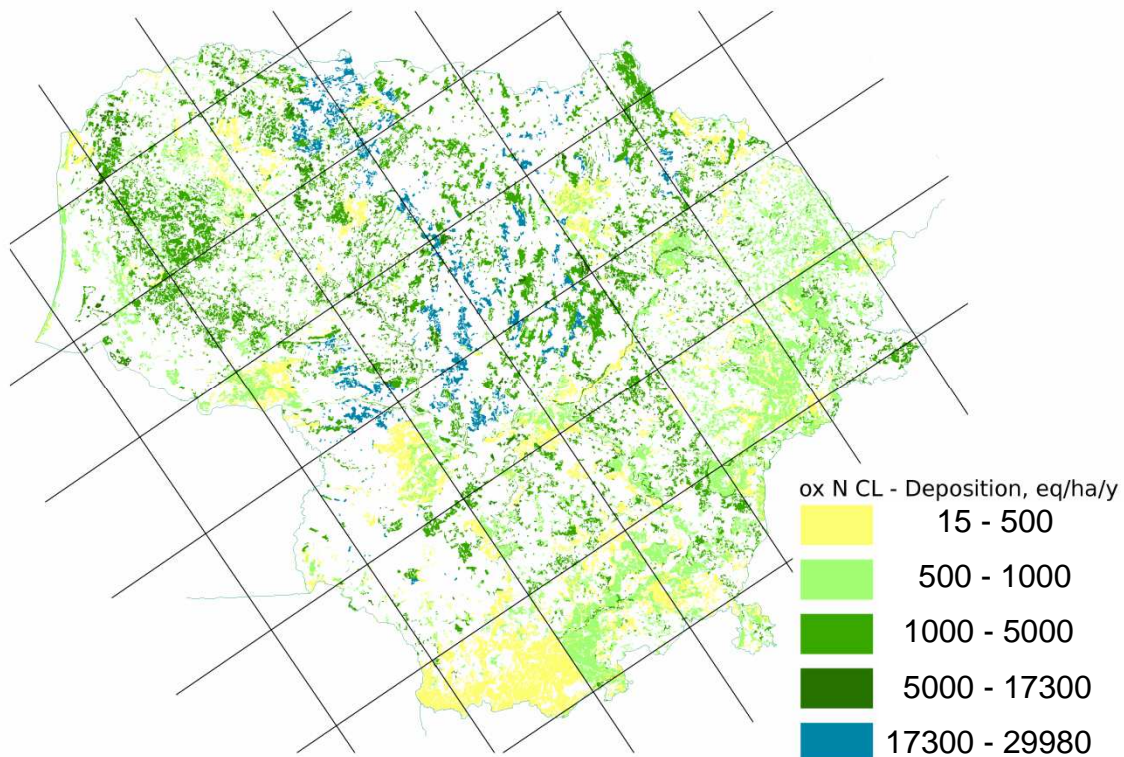
Kadangi teršalų bendras nusėdimo srautas priklauso nuo laiko, todėl kritinių apkrovų viršijimai teoriškai galioja tik konkrečiam laiko tarpui (Hettelingh et al., 2009). Lietuvos ekosistemų kritinių apkrovų viršijimai buvo apskaičiuoti 2009 m., nes naujesni oksiduotos sieros, oksiduoto ir maistinio azoto bendro nusėdimo duomenys buvo neprieinami.

Apskaičiuotas oksiduotos sieros kritinių apkrovų ir bendro nusėdimo srauto skirtumas (-395 – 8715 ekv./ha/metai), kurio neigiamos reikšmės atspindi ekosistemų kritinių apkrovų viršijimus, pateiktas 6 paveiksle. Kaip matyti iš šio paveikslo, oksiduotos sieros kritinės apkrovos labiausiai buvo viršijamos pietų, pietvakarių ir nedidelėje šiaurinėje Lietuvoje dalyse.

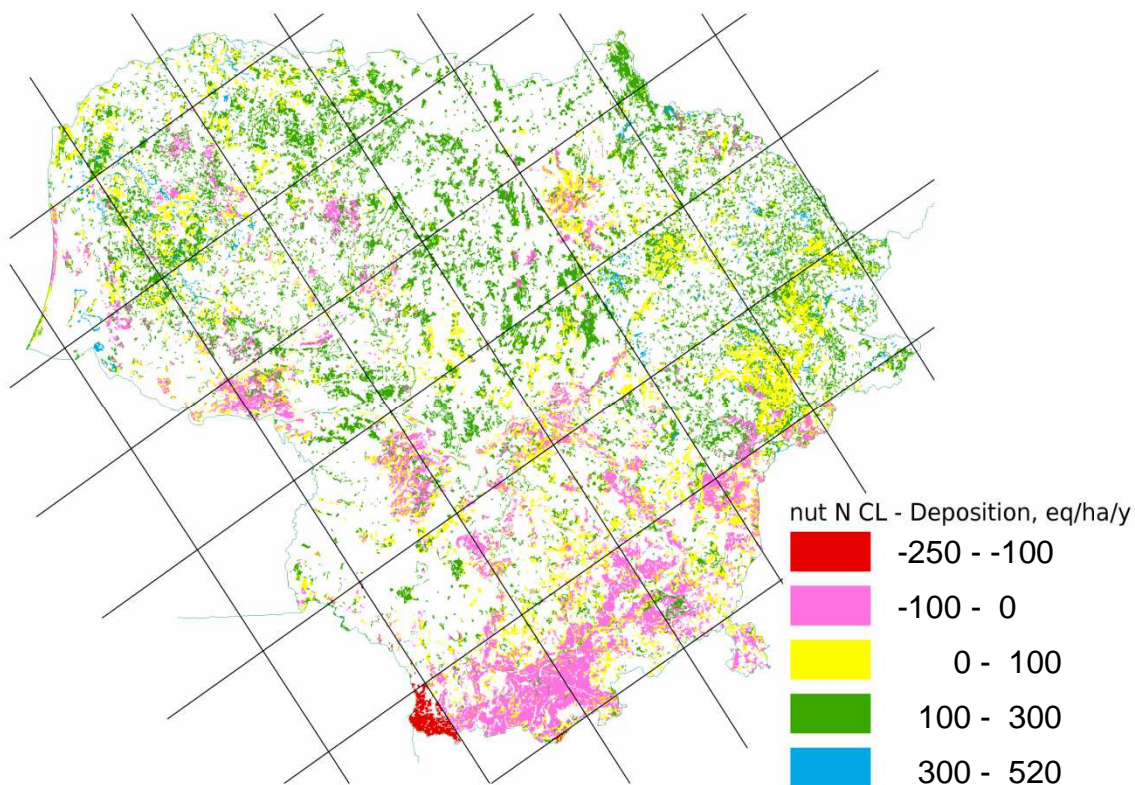
Apskaičiuotas oksiduoto azoto kritinių apkrovų ir bendro nusėdimo srauto skirtumas (15 – 29980 ekv./ha/metai), kurio neigiamos reikšmės atspindi ekosistemų kritinių apkrovų viršijimus, pateiktas 7 paveiksle. Kaip matyti iš šio paveikslo, oksiduoto azoto kritinės apkrovos nebuvo viršytos.



Pav. 6 Oksiduotos sieros kritinių apkrovų ir bendro nusėdimo srauto skirtumas (neigiamos reikšmės parodo kritinių apkrovų viršijimus)



Pav. 6 Oksiduoto azoto kritinių apkrovų ir bendro nusėdimo srauto skirtumas (neigiamos reikšmės parodo kritinių apkrovų viršijimus).



Pav. 7 Maistinio azoto kritinių apkrovų ir bendro nusėdimo srauto skirtumas (neigiamos reikšmės parodo kritinių apkrovų viršijimus).

Apskaičiuotas maistinio azoto kritinių apkrovų ir bendro nusėdimo srauto skirtumas kito nuo -250 iki 520 ekv./ha/metai (8 pav.). Kaip matyti iš šio paveikslo, didžiausios maistinio azoto kritinių apkrovų viršijimų vertės buvo apskaičiuotos pietinei Lietuvos teritorijos daliai. Mažiausi maistinio azoto kritinių apkrovų viršijimai buvo apskaičiuoti šiaurinėms Lietuvos teritorijos dalims.

IŠVADOS

Ataskaitoje pateikta kiekybinė sieros ir azoto junginių kritinių apkrovų Lietuvos ekosistemoms analizė. Apskaičiuoti oksiduotos sieros, oksiduoto ir maistinio azoto 5 procentilių kritinės apkrovos (t.y. 95% ekosistemos gali pakelti tokia apkrova) bei kritinių apkrovų ir bendro nusėdimo srauto santykis, kurio neigiamos reikšmės atspindi ekosistemų kritinių apkrovų viršijimus Lietuvos teritorijoje.

Oksiduotos sieros kritinių apkrovų vertės kito nuo 18 iki 876 ekv./ha/metai. Didžiausios oksiduotos sieros kritinių apkrovų vertės buvo apskaičiuotos šiaurinėms ir centrinėms Lietuvos teritorijos dalims, mažiausios – pietinėms. Oksiduoto azoto kritinės apkrovos kito nuo 355 iki 2274 ekv./ha/metai. Mažiausios oksiduoto azoto kritinių apkrovų vertės apskaičiuotos pietinei Lietuvos daliai. Maistinio azoto kritinių apkrovų vertės kito nuo 280 iki 522 ekv./ha/metai. Didžiausios maistinio azoto kritinių apkrovų vertės buvo apskaičiuotos šiaurinėms ir vakarinėms Lietuvos teritorijos dalims, o mažiausios – pietinėms.

Apskaičiuoto oksiduotos sieros kritinių apkrovų ir bendro nusėdimo srauto skirtumo vertės kito nuo -340 iki 593 ekv./ha/metai. Oksiduotos sieros kritinės apkrovos labiausiai buvo viršijamos pietų, pietvakarių ir nedidelėje šiaurinėje Lietuvoje dalyse Oksiduoto azoto kritinių apkrovų ir bendro nusėdimo srauto skirtumo vertės kito nuo 15 iki 29980 ekv./ha/metai, t.y. oksiduoto azoto kritinės apkrovos nebuvo viršytos. Apskaičiuoto maistinio azoto kritinių apkrovų ir bendro nusėdimo srauto skirtumo vertės kito nuo -250 iki 520 ekv./ha/metai. Didžiausios maistinio azoto kritinių apkrovų viršijimų vertės buvo apskaičiuotos pietinei Lietuvos teritorijos daliai. Mažiausi maistinio azoto kritinių apkrovų viršijimai buvo apskaičiuoti šiaurinėms Lietuvos teritorijos dalims.

Kadangi teršalų bendras nusėdimo srautas priklauso nuo laiko, todėl kritinių apkrovų viršijimai teoriškai galioja tik konkrečiam laiko tarpui. Lietuvos ekosistemų kritinių apkrovų viršijimai buvo apskaičiuoti 2009 m.

LITERATŪRA

- AAA – Aplinkos apsaugos agentūra (2004). Corine žemės danga 2000. (<http://aaa.am.lt>)
- Berendse, F., Beltman, B., Bobbink, R., Kwant, M., Schmitz, M.B. (1987). Primary production and nutrient availability in wet heathland ecosystems, *Acta Oec./Oecol. Plant.*, 8, 265 – 276.
- Bobbink, R., Hornung, M., Roelofs, J.G.M. (1998). The effects of air-borne pollutants on species diversity in natural and semi-natural European vegetation, *Journal of Ecology*, 86, 717 – 738.
- Breeuwsma, A., Chardon, J.P., Kragt, J.F., De Vries, W. (1991). Pedotransfer functions for denitrification, Final Report of the project 'Nitrate in Soils', DG XII, European Community, Brussels, 207 – 215.
- Burman, R. and Pochop, L.O. (1994). Evaporation, Evapotranspiration and Climatic Data. *Developments in Atmospheric Science*, 22, Elsevier, Amsterdam, 278.
- Commission decision 2004/461/EC of 29 April 2004 laying down a questionnaire to be used for annual reporting on ambient air quality assessment under Council Directives 96/62/EC and 1999/30/EC and under Directives 2000/69/EC and 2002/3/EC of the European Parliament and of the Council (notified under document number C (2004) 1714) (Text with EEA relevance) *Official Journal of European Union L 156/78, 2004.* (http://europa.eu.int/eur-lex/pri/en/oj/dat/2004/l_156/l_15620040430en00780125.pdf)
- Council Directive 96/62/EC of 27 September 1996 on ambient air quality assessment and management. *Official Journal of the European Communities. L 296/55, 1996.*
- De Vries, W. (1988). Critical deposition levels for nitrogen and sulphur on Dutch forest ecosystems, *Water, Air and Soil Pollution*, 42, 221 – 239.
- De Vries, W., Hol, A., Tjalma, S. and Voogd, J.C. (1990). Literature study on the amounts and residence times of elements in forest ecosystems (in Dutch). Rapport 94, DLO Winand Staring Centre, Wageningen, The Netherlands, 205.
- De Vries, W. (1991). Methodologies for the assessment and mapping of critical loads and of the impact of abatement strategies on forest soils. Report 46, DLO Winand Staring Centre, Wageningen, The Netherlands, 109.
- De Vries, W., Posch, M., Reinds, G.J., Kämäri, J. (1993). Critical loads and their exceedance on forest soils in Europe, Report, 58, DLO Winand Staring Centre, Wageningen, The Netherlands, 116.
- De Vries, W., Reinds, G.J. and Posch, M. (1994). Assessment of critical loads and their exceedances on European forests using a one-layer steady-state model, *Water, Air and Soil Pollution*, 72, 357 – 394.
- De Vries et al., 2007
- Directive 2001/81/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2001 on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants. *Official Journal of the European Communities, L 309/22, 2001.*
- Directive 2002/3/EC of the European Parliament and of the Council of 12 February 2002 relating to ozone in ambient air. *Official Journal of the European Communities L 067/14, 2002.*
- Dutch, J. and Ineson, P. (1990). Denitrification of an upland forest site, *Forestry*, 63, 363 – 377.
- Duyzer, J. and Fowler, D. (1994). Modelling land atmosphere exchange of gaseous oxides of nitrogen in Europe, *Tellus*, 46B, 353 – 372.
- EMEP home page: www.emep.int

EMEP modelled air concentrations and depositions:

http://webdab.emep.int/Unified_Model_Results/AN/

EMEP User Guide to the Air Quality Database:

(http://webdab.emep.int/Unified_Model_Results/AN/userguide_frame.html).

Emberson, L., Simpson, D., Tuovinen, J.-P., Ashmore, M.R., and Cambridge, H.M. (2000b). Towards a model of ozone deposition and stomatal uptake over Europe, EMEP MSC-W Note 6/2000.

Erisman, J.W., Hensen, A., Fowler, D., Flechard, C.R., Grüner, A., Spindler, G., Duyzer, J.H., Weststrate, H., Römer, F., Vonk, A.W., and Jaarsveld, H.V. (2001). Dry deposition monitoring in Europe, *Water, Air and Soil Pollution, Focus*, 1, 17 – 27.

Europos Parlamento ir Tarybos Direktyva 2001/81/EB dėl tam tikrų atmosferos teršalų išmetimo nacionalinių ribų. *Official Journal L 309, 27/11/2001 P. 0022 – 0030*. (<http://europa.eu.int/eur-lex/lex/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32001L0081:LT:HTML>)

Europos Parlamento ir Tarybos Direktyva 2002/3/EB dėl ozono aplinkos ore. *Official Journal L 067, 09/03/2002 P. 0014 – 0030*. (<http://europa.eu.int/eur-lex/lex/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002L0003:LT:HTML>)

Eurosoil (1999). Metadata: Soil Geographical Data Base of Europe v.3.2.8.0. Joint Research Centre, Ispra, Italy.

Fowler, D. and Erisman, J.W. (2003). Biosphere/Atmosphere Exchange of Pollutants. Overview of subproject BIATEX-2, In Midgley, P.M. and Reuther, M., editor, *Towards Cleaner Air for Europe - Science, Tools and Applications, Part 2. Overviews from the Final Reports of the EUROTRAC-2 Subprojects*. Margraf Verlag, Weikersheim, (<http://www.gsf.de/eurotrac/publications/>).

Galloway, J. N., Likens, G. E. and Edgerton, E. S. (1976). Acid precipitation in the northeastern United States: pH and acidity. *Science*, 194, 722 – 724.

Galloway, J. N. (1989). Atmospheric acidification projections for the future. *Ambio*, 18, 161 – 166.

Graham, E. (1989). Scientific understanding of ecosystem acidification: A historical Review. *Ambio*, 18, 150 – 154.

Hall, J., Ashmore, M., Curtis, C., Doherty, C., Langan, S. and Skeffington, R. (2001). UN/ECE expert workshop: Chemical criteria and critical limits. In: Posch et al. (2001) op. cit., 67 – 71.

Hettelingh J.-P., Posch M., Slootweg J. (2009). Critical Load, Dynamic Modelling and Impact Assessment in Europe. CCE Status Report 2008. ISBN: 978-90-6960-211-0, 232 p. (<http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/500090003.pdf>)

Hicks, B.B. and Liss, P.S. (1976). Transfer of SO₂ and other reactive gases across the air-sea interface, *Tellus*, 28, 348 – 354.

High-resolution gridded datasets: <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/hrg.htm>

Hornung, M., Sutton, M.A. and Wilson, R.B. (1995). Mapping and Modelling of Critical Loads for Nitrogen: A Workshop Report. Proceedings of the Grange-over-Sands Workshop 24-26 October 1994. Institute for Terrestrial Ecology, United Kingdom, 207.

Hornung, M., Bull, K.R., Cresser, M., Hall, J., Langan, S.J., Loveland, P., Smith, C. (1995). An empirical map of critical loads of acidity for soils in Great Britain. *Environmental Pollution* 90: 301 – 310.

IPCC (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Cambridge University Press, Cambridge, 73.

Jacobsen, C., Rademacher, P., Meesenburg, H., Meiwes, K.J. (2002). Gehalte chemischer Elemente in Baumkompartimenten, Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt

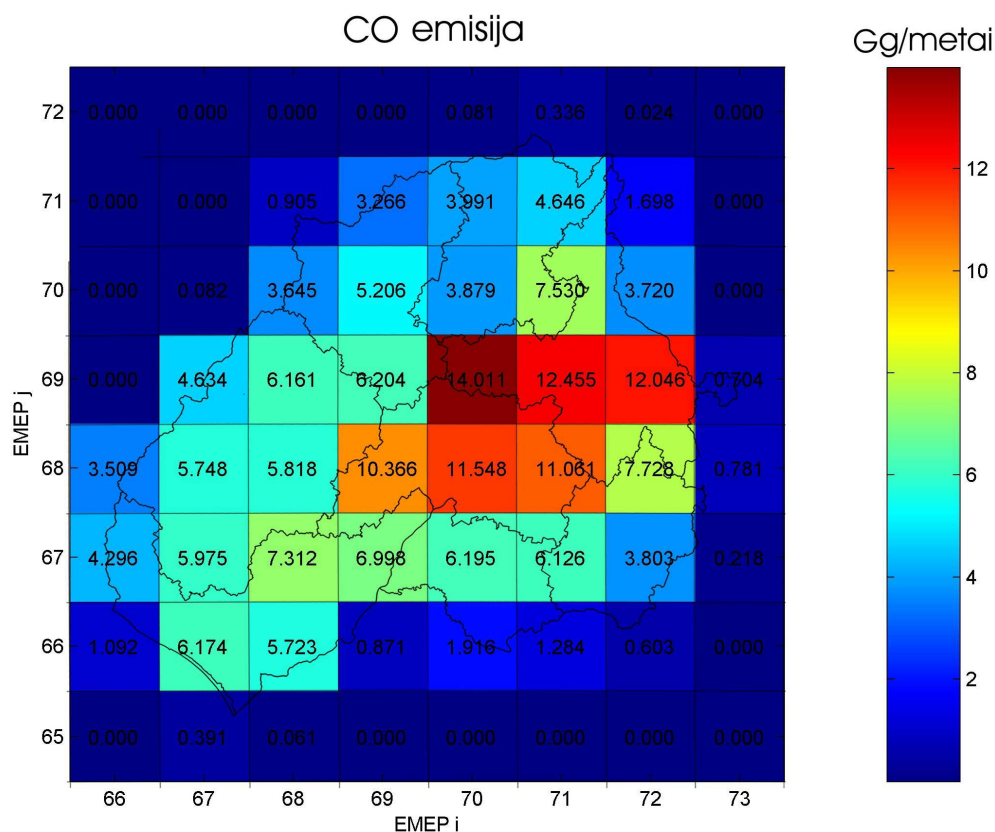
- Göttingen, im Auftrag des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL), Bonn, 80.
- Johnson, D.W. (1984). Sulfur cycling in forests. *Biogeochemistry*, 1, 29 – 43.
- Kimmins, J.P., Binkley, D., Chatarpaul, L., De Catanzaro, J. (1985). *Biogeochemistry of temperate forest ecosystems: Literature on inventories and dynamics of biomass and nutrients*. Information Report PI-X-47E/F, Petawawa National Forestry Institute, Canada, 227.
- Likens, G. E. and Borman, F. H. (1974). Acid rain: a serious regional environmental problem. *Science*, 184, 1176 – 1179.
- LR AM – Lietuvos Respublikos Aplinkos Ministerija (2009). *Aplinkos būklė 2008*. ISSN 1822 – 0193, 128 p.
- Metzger, M.J., Leemans, R., Schröter, D. (2005). A multidisciplinary multi-scale framework for assessing vulnerabilities to global change. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 7(4), 253–267.
- Monteith, J.L. and Unsworth, M. (1990). *Principles of Environmental Physics* (2nd edition). Arnold, London, 291.
- Nagel, H.-D. and Gregor, H.-D. (1999). *Ökologische Belastungsgrenzen – Critical Loads & Levels* (in German). Springer, Berlin, 259.
- NEG/ECP (2001). *Protocol for Assessment and Mapping of Forest Sensitivity to Atmospheric S and N Deposition*, prepared by the NEG/ECP Forest Mapping Group, New England Governors/Eastern Canadian Premiers, ‘Acid Rain Action Plan 2001, Action Item 4: Forest Mapping Research Project’, 79.
- Posch, M., Hettelingh, J.-P., Sverdrup, H.U., Bull, K., De Vries, W. (1993). Guidelines for the computation and mapping of critical loads and exceedances of sulphur and nitrogen in Europe. In: R.J. Downing, J.-P. Hettelingh, P.A.M. de Smet (eds) *Calculation and Mapping of Critical Loads in Europe*. CCE Status Report 1993, RIVM Report 259101003, Bilthoven, The Netherlands, 25 – 38.
- Posch, M., Hettelingh, J.-P., Slootweg, J. (2003). *Manual for dynamic modelling of soil response to atmospheric deposition*. RIVM Report 259101012, Bilthoven, The Netherlands, 69.
- Rahmstorf, S., Cazenave, A., Church, J.A., Hansen, J.E., Keeling, R.F., Parker, D.E., Somerville, R.C.J. (2007). Recent climate observations compared to projections. *Science* 316, 709.
- Reinds, G.J., Posch, M., De Vries, W. (2001). A semi-empirical dynamic soil acidification model for use in spatially explicit integrated assessment models for Europe. *Alterra Report 084*, Alterra Green World Research, Wageningen, The Netherlands, 55.
- Reuss, J.O. (1983). Implications of the calcium-aluminum exchange system for the effect of acid precipitation on soils, *Journal of Environmental Quality*, 12(4), 591 – 595.
- Reuss, J.O. and Johnson, D.W. (1986). *Acid Deposition and the Acidification of Soils and Waters*. Ecological Studies 59, Springer, New York, 119.
- Rodhe, H., Person, C. and Akesson, O. (1971). An investigation into regional transport of soot and sulfate aerosols. *Atmosph. Environ.*, 6, 675 – 693.
- Rodhe, H. (1989). Acidification in a global perspective. *Ambio*, 18, 155 – 160.
- Rosén, K. (1990). *The critical load of nitrogen to Swedish forest ecosystems*. Department of Forest Soils, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, 15.
- Rosén, K., Gundersen, P., Tegnhammar, L., Johansson, M., Frogner, T. (1992). Nitrogen enrichment in Nordic forest ecosystems – The concept of critical loads, *Ambio*, 21, 364 – 368.
- Scott, B.C. (1979). Parameterization of sulphate removal by precipitation, *J. Appl. Met.*, 17, 11375 – 11389.

- Seinfeld, J.H. and Pandis, S.N. (1998). Atmospheric chemistry and physics. From air pollution to climate change, John Wiley and Sons, inc., New York.
- Slinn, W.G.N., Hasse, L., Hicks, B.B., Hogan, A.W., Lal, D., Liss, P.S., Munnich, K.O., Sehmel, G.A. and Vittori, O. (1978). Review paper: Some aspects of the transfer of atmospheric trace constituents past the air-sea interface, *Atmospheric Environment*, 12, 2055 – 2087.
- Slinn, W.G.N. (1980). Prediction for particle deposition to vegetable surfaces, *Atmospheric Environment*, 16, 1785 – 1794.
- Slinn, S.A. and Slinn, W.G.N. (1980). Prediction for particle deposition on natural waters, *Atmospheric Environment*, 14, 1013 – 1016.
- Sogn, T.A., Stuanes, A.O., Abrahamsen, G. (1999). The capacity of forest soil to absorb anthropogenic N, *Ambio*, 28, 346 – 349.
- Steenvorden, J. (1984). Influence of changes in water management on water quality (in Dutch). Report 1554, Institute for Land and Water Management, Wageningen, The Netherlands.
- Sverdrup, H., De Vries, W., Henriksen, A. (1990). Mapping Critical Loads. Environmental Report 1990:14 (NORD 1990:98), Nordic Council of Ministers, Copenhagen, psl. 124.
- Sverdrup, H. and Ineson, P. (1993). Kinetics of denitrification in forest soils. *Compuscript*, 18.
- Sverdrup, H. and De Vries, W. (1994). Calculating critical loads for acidity with the simple mass balance method, *Water, Air and Soil Pollution*, 72, 143 – 162.
- Tarybos Direktyva dėl aplinkos oro kokybės vertinimo ir valdymo 96/62/EB. (<http://www3.lrs.lt/c-bin/eu/preps2?Condition1=20746&Condition2=>)
- UNECE (1995). Calculation of critical loads of nitrogen as a nutrient. Summary report on the development of a library of default values. Document EB.AIR/WG.1/R.108, United Nations Economic Commission for Europe, Geneva, 7.
- UNECE (2001). Workshop on chemical criteria and critical limits. Document EB.AIR/WG.1/2001/13, United Nations Economic Commission for Europe, Geneva, 8.
- Ulrich, B. and Sumner, M.E. (1991). *Soil Acidity*. Springer, Berlin, 224.
- van den Berg, A., Dentener, F. and Levievel, J. (2000). Modelling of chemistry of the marine boundary layer: Sulphate formation and the role of sea salt aerosol particles, *J. Geophys. Res.*, 105(D9), 11,671 – 11,698.
- VĮ VŽI – VĮ Valstybinis žemėtvarkos institutas (1998). *Lietuvos geocheminis atlasas*.
- Walton, S., Gallagher, M.W., Choularton, T.W. and Duyzer, J. (1997). Ozone and NO₂ exchange to fruit orchards, *Atmospheric Environment*, 31(17), 2767 – 2776.
- Warfvinge, P. and Sverdrup, H. (1992). Calculating critical loads of acid deposition with PROFILE - A steady-state soil chemistry model, *Water, Air and Soil Pollution*, 63, 119 – 143.
- Wesely, M.L., Cook, D.R., Hart, R.L. and Speer, R.E. (1985). Measurements and Parameterization of Particulate Sulfur Dry Deposition over Grass, *J. Geophys. Res.*, 90(D1), 2131 – 2143.
- Wesely, M.L. (1989). Parameterization of surface resistances to gaseous dry deposition in regional scale numerical models, *Atmospheric Environment*, 23, 1293 – 1304.

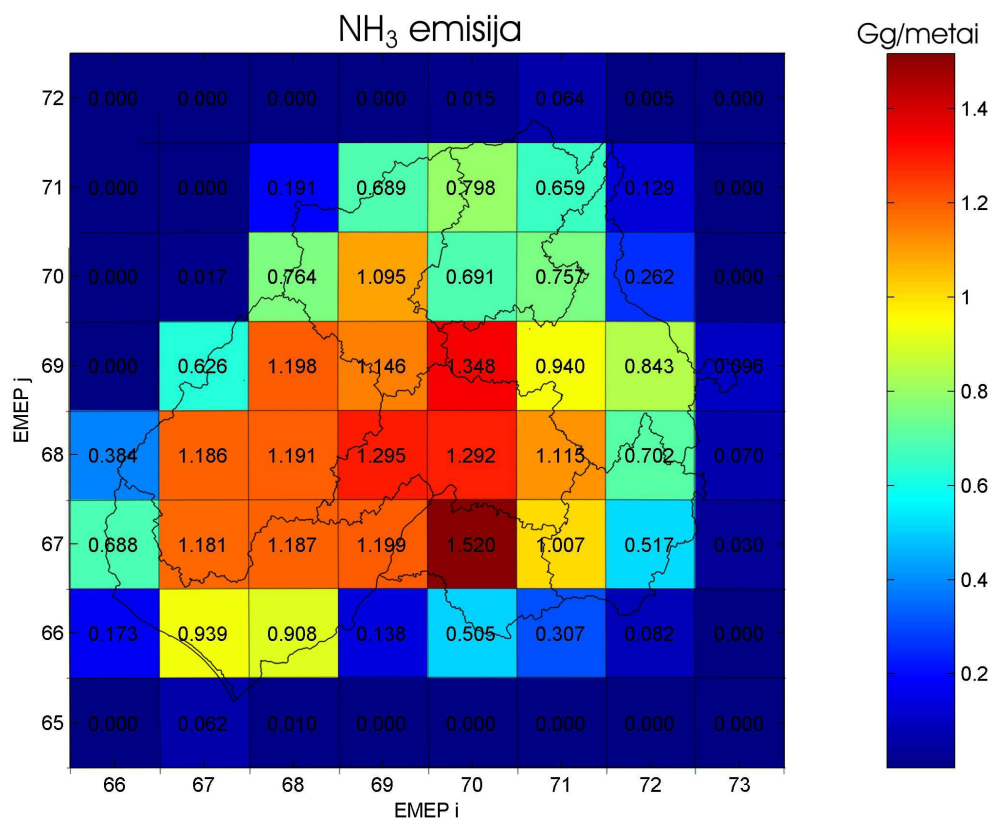
II DALIS

Lietuvos 2010 m. tam tikrų išmetamų į atmosferą teršalų paskirstymas pagal EMEP 50×50 km² tinklą

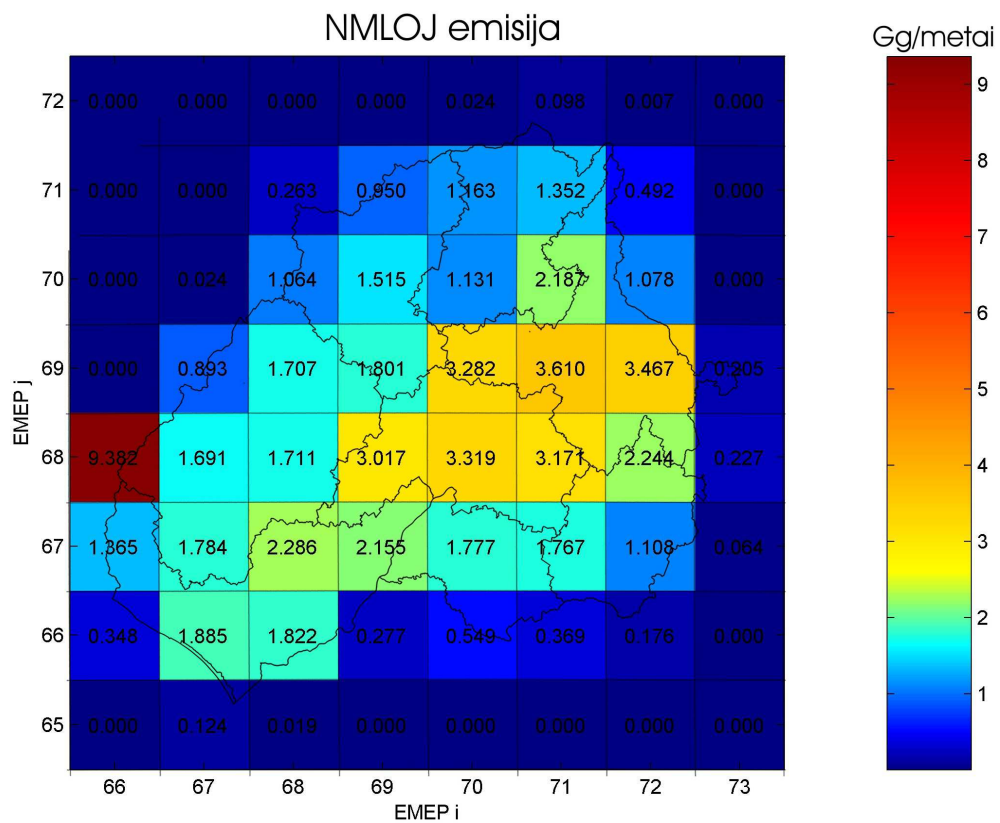
Paveiksluose 1 – 20 pateikti išmetami teršalų kiekiai kiekvienoje EMEP tinklelio gardelėje, patenkantys ar dalinai persiklojantys su Lietuvos teritorija. Gardelėse tik dalinai patenkančiose į Lietuvos teritoriją, pateiktos tik Lietuvos teritorijoje išmetami kiekiai, neatsižvelgiant į kaimyninių šalių indėlį. Teršalų kiekis iš kiekvienos tinklo gardelės apskaičiuotas darant prielaidą, kad kiekvieno teršalo srautas į atmosferą aplinkosauginio regiono teritorijos ribose yra nekintantis dydis paviršiaus atžvilgiu – nepriklauso nuo pasirinkto paviršiaus taško ir yra lygus regiono atvaizduojamo teršalo emisijos santykiui su regiono plotu. Gardelėse, į kurias patenka daugiau negu vieno aplinkosauginio regiono teritorija, teršalų srautai apskaičiuoti kaip tų regionų teršalų srautų svorinis vidurkis – pagal regiono užimamą plotą gardelėje.



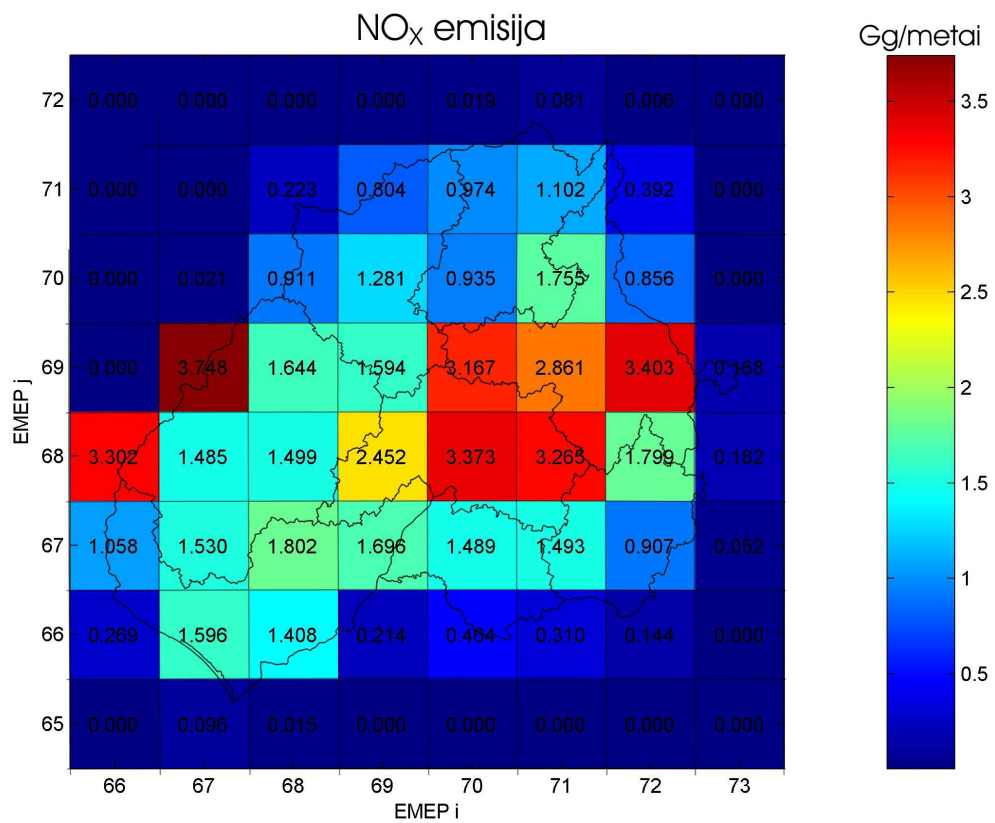
Pav. 1. Lietuvos 2010 m. anglies oksido (CO) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių.



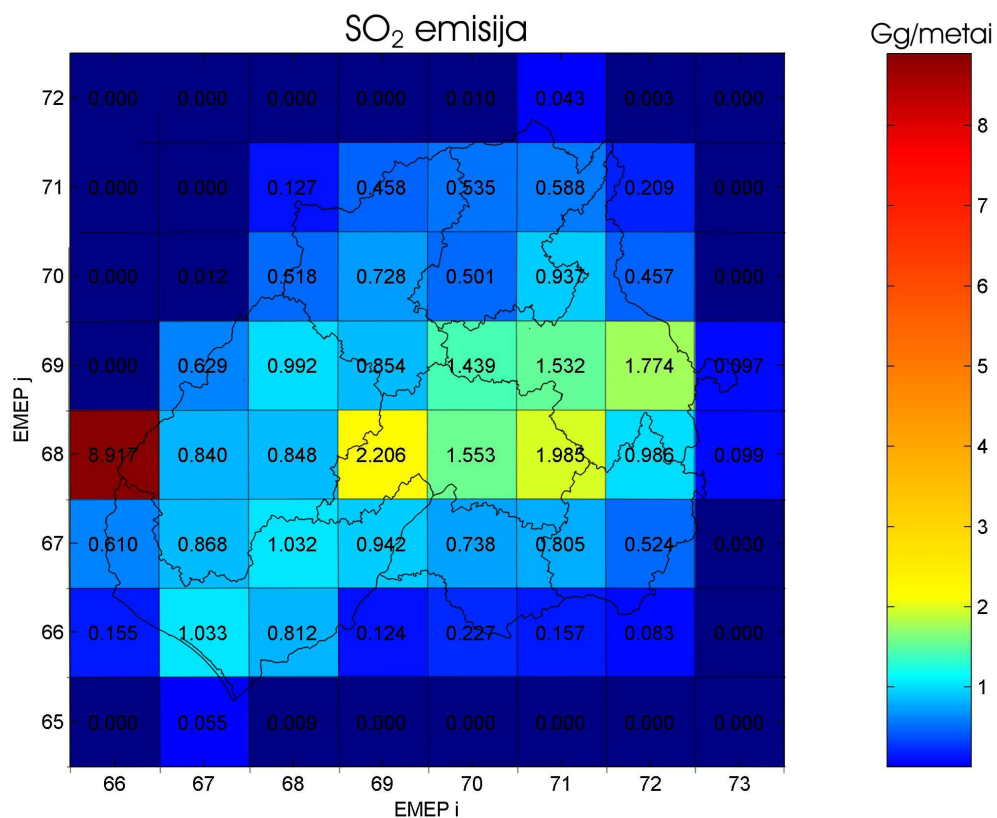
Pav. 2. Lietuvos 2010 m. amoniako (NH₃) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių.



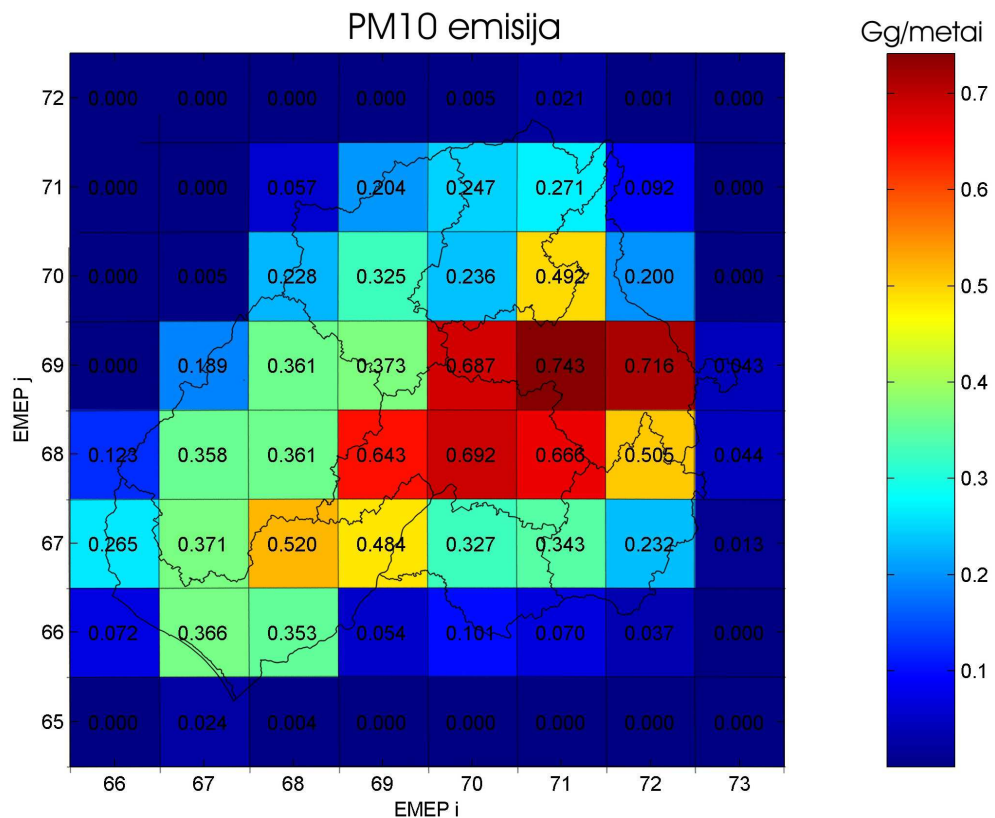
Pav. 3. Lietuvos 2010 m. nemetaninių lakiųjų organinių junginių (NMLOJ) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių.



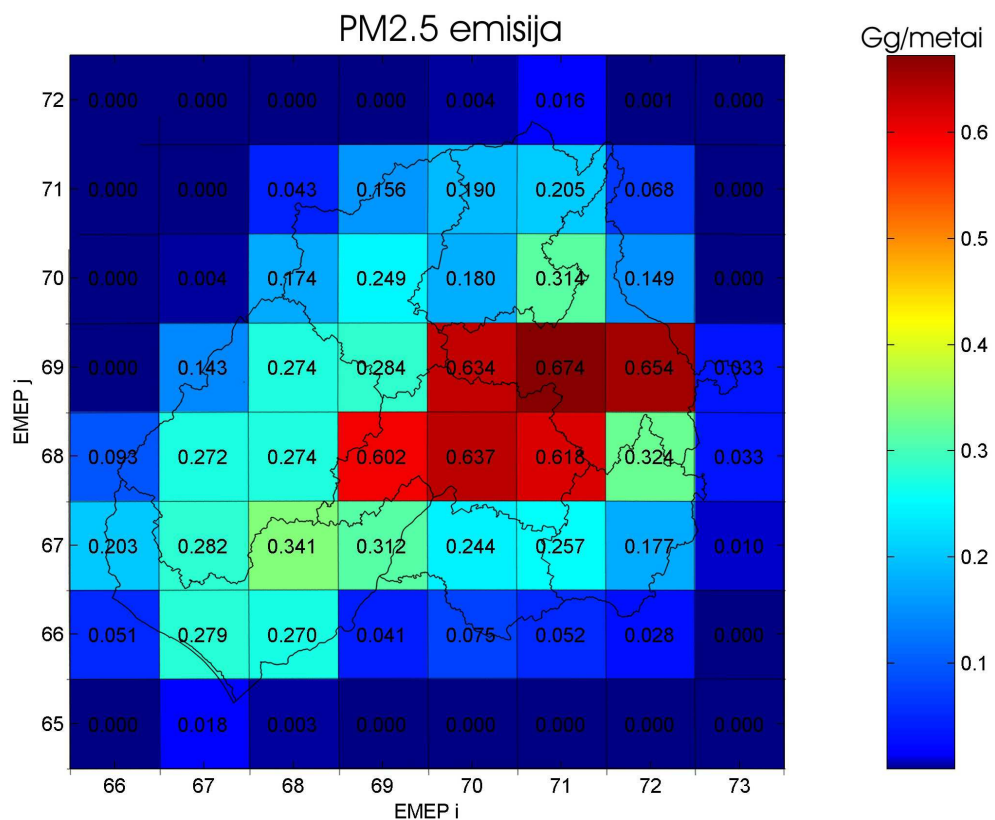
Pav. 4. Lietuvos 2010 m. azoto oksidų (NO_x) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių.



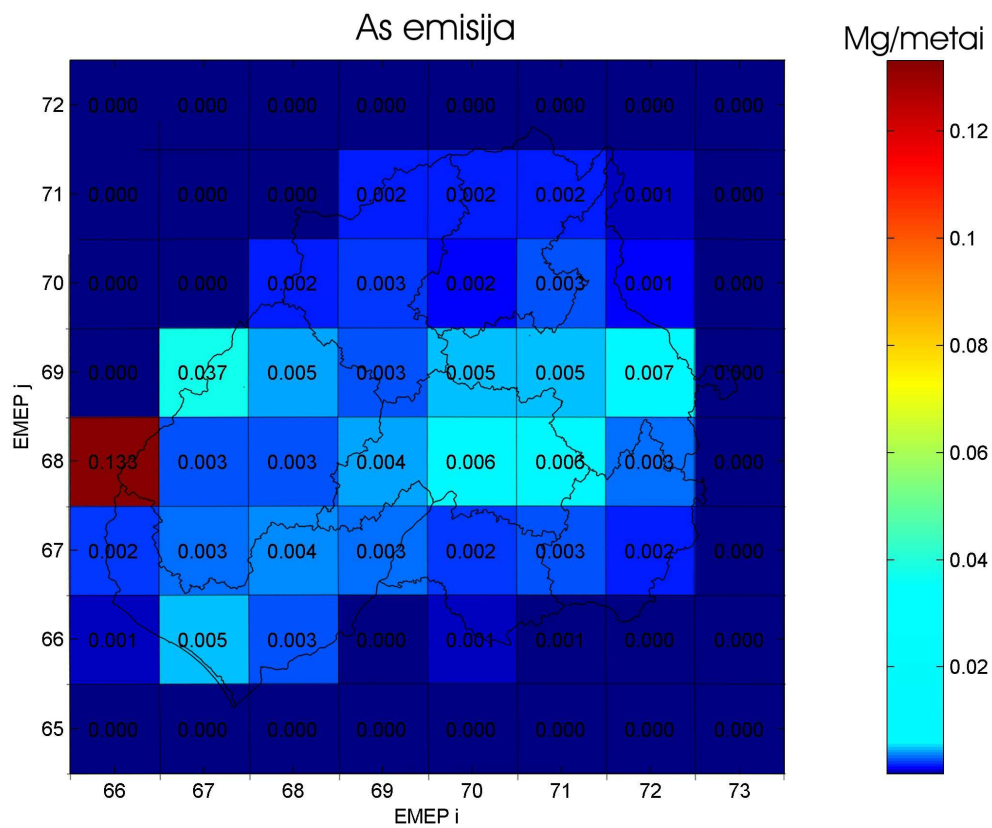
Pav. 5. Lietuvos 2010 m. sieros dioksido (SO₂) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių.



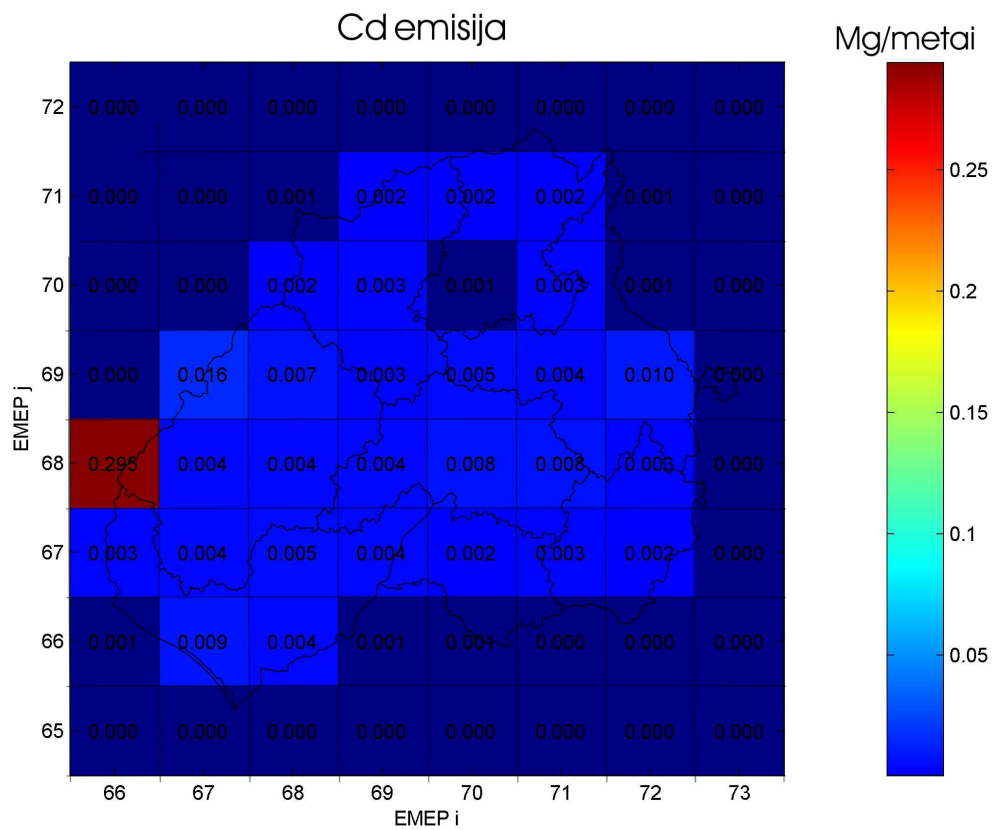
Pav. 6. Lietuvos 2010 m. dalelių (PM_{10}), kurių skersmuo mažesnis už $10 \mu m$, emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių.



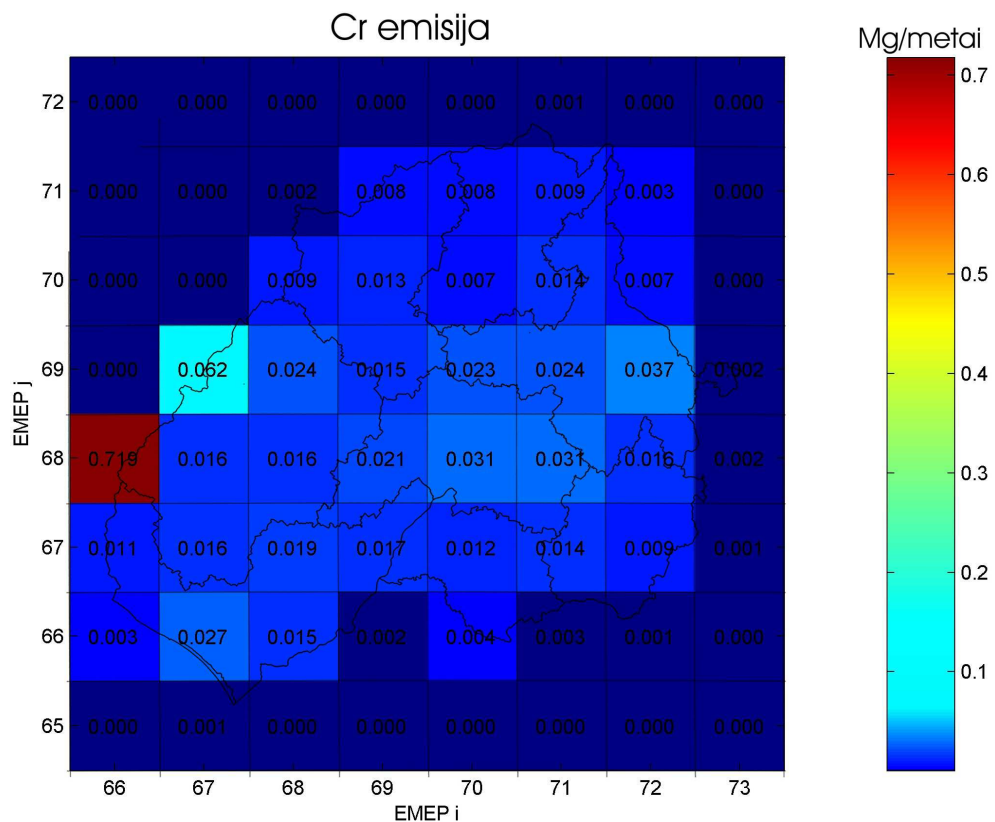
Pav. 7. Lietuvos 2010 m. dalelių (PM_{2.5}), kurių skersmuo mažesnis už 2.5 μm, emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių.



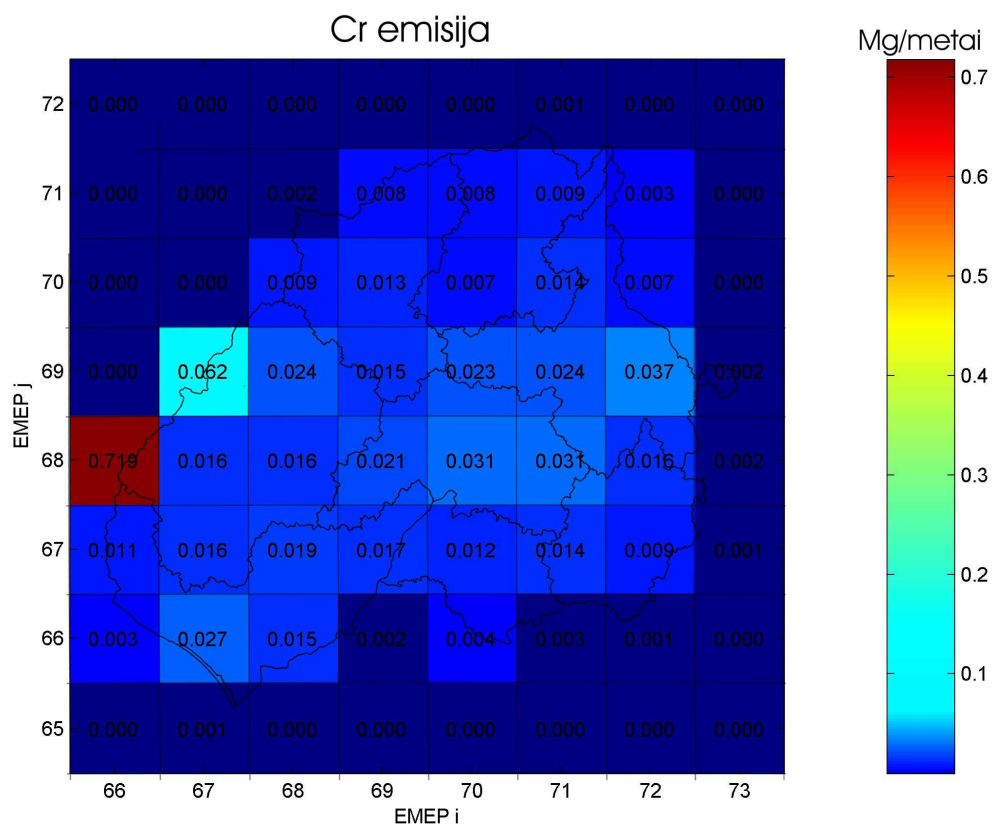
Pav. 8 Lietuvos 2010 m. arseno (As) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių.



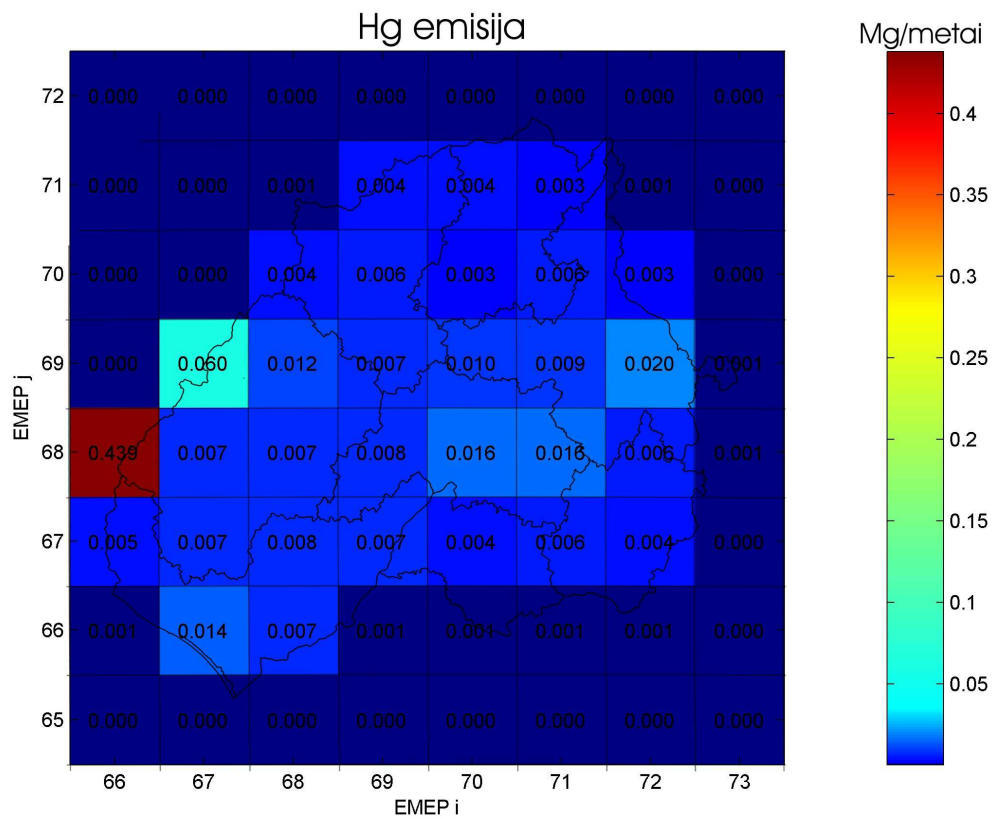
Pav. 9 Lietuvos 2010 m. kadmio (Cd) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių.



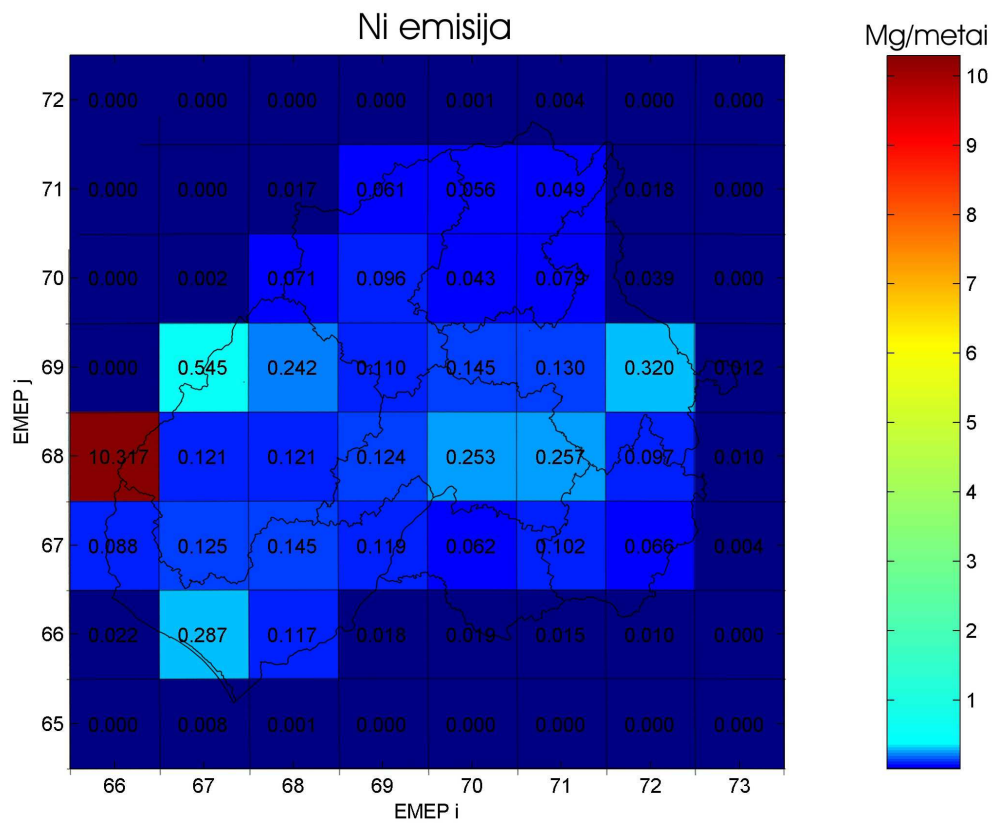
Pav. 10 Lietuvos 2010 m. chromo (Cr) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių.



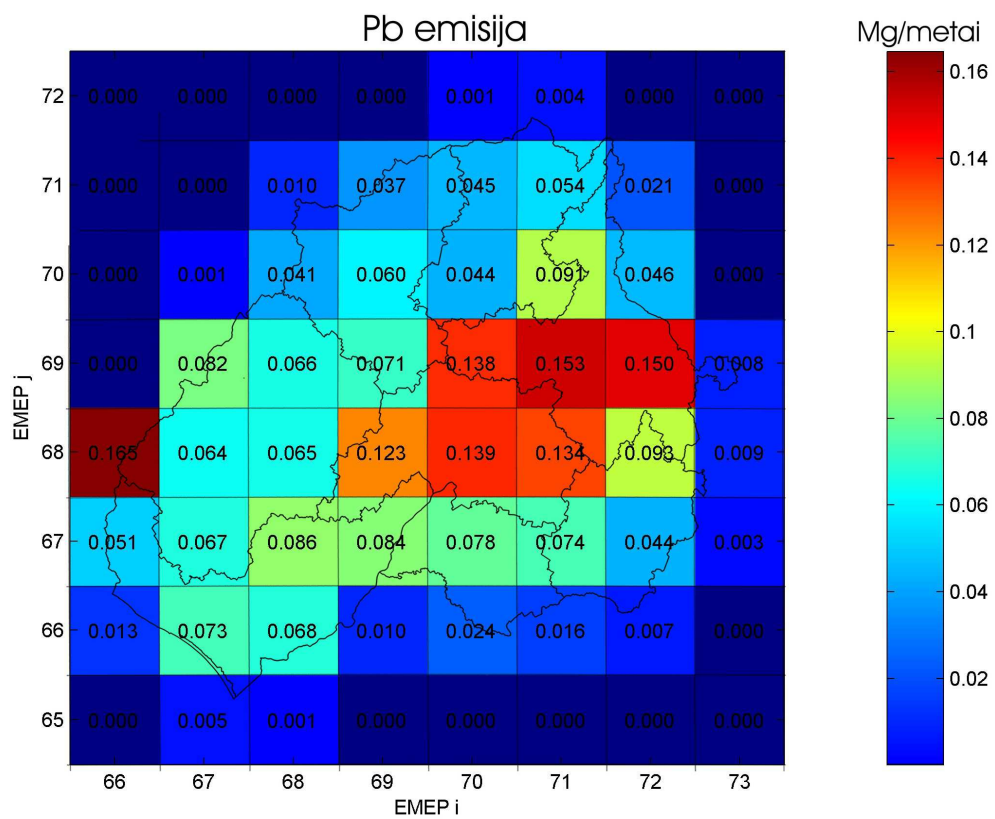
Pav. 11 Lietuvos 2010 m. vario (Cr) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių.



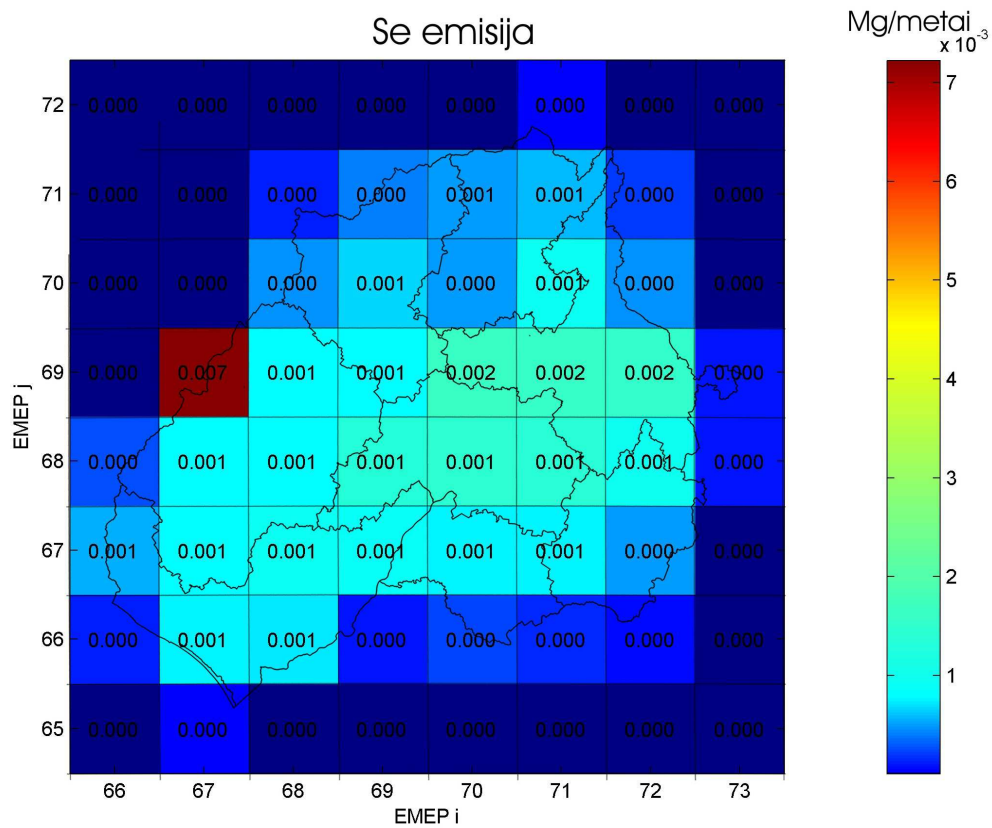
Pav. 12 Lietuvos 2010 m. gyvsidabrio (Hg) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių.



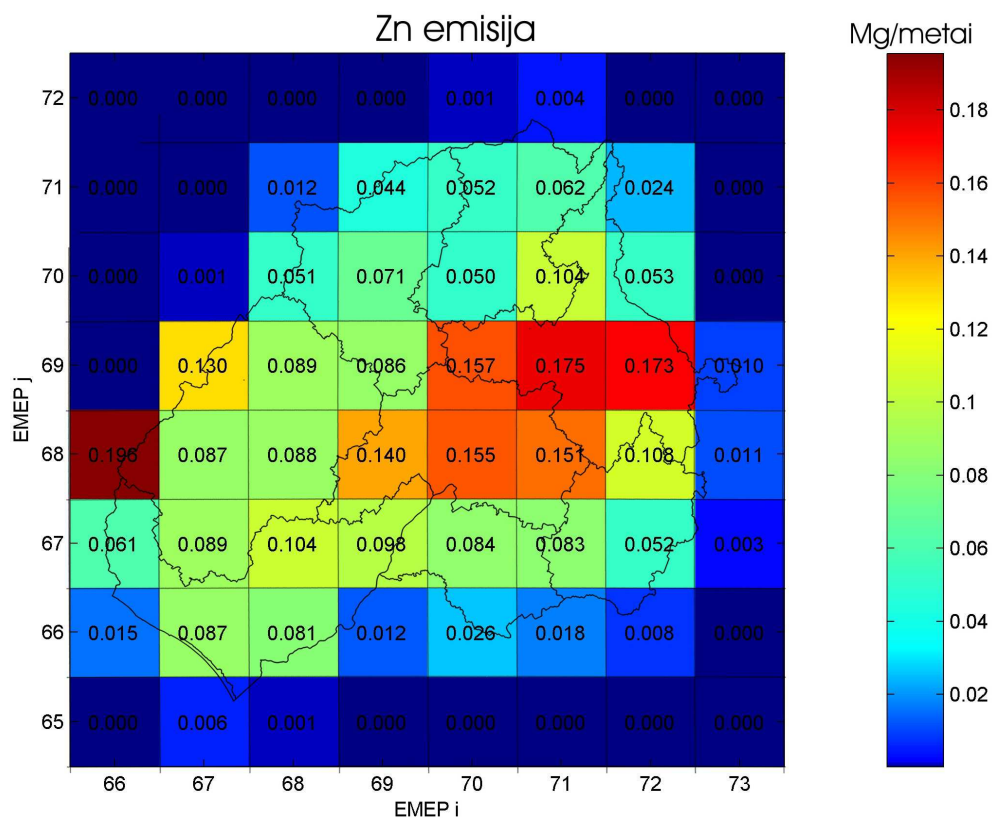
Pav. 13 Lietuvos 2010 m. nikelio (Ni) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių.



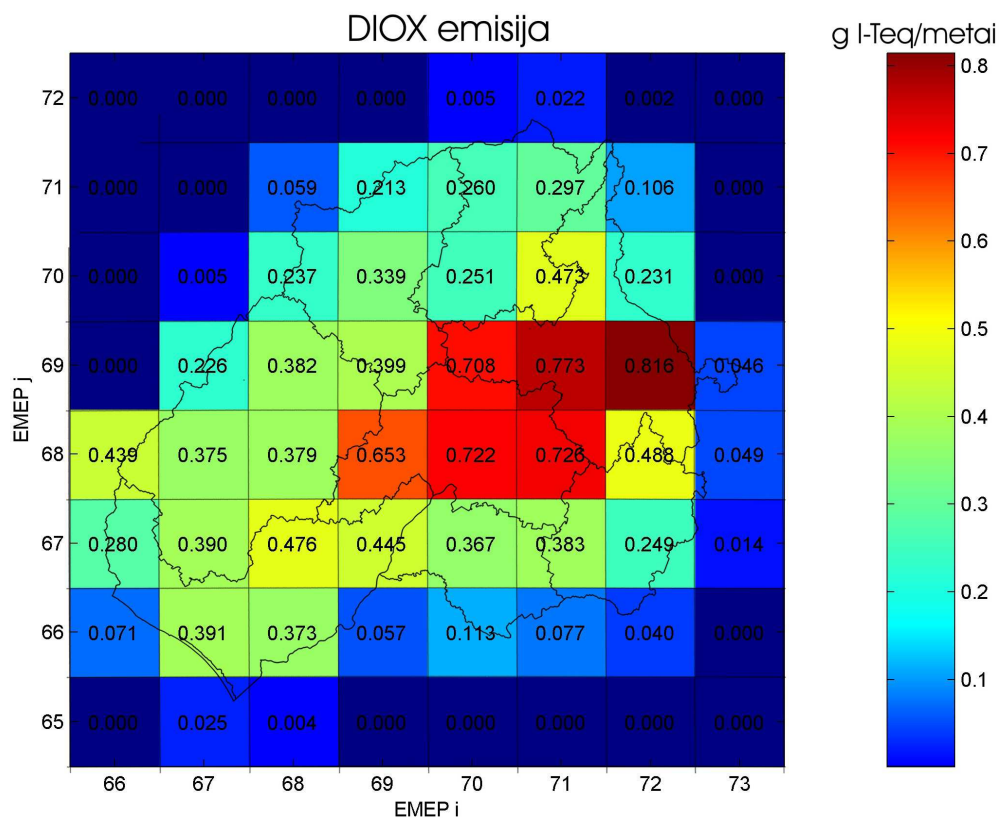
Pav. 14. Lietuvos 2010 m. švino (Pb) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių.



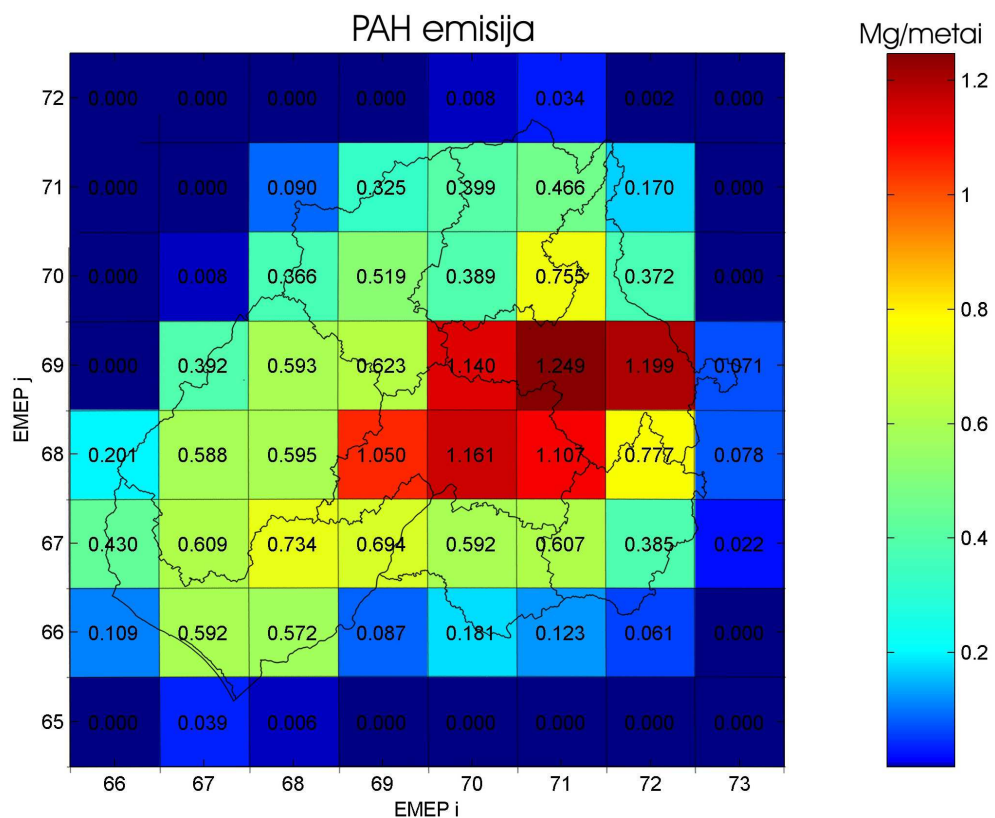
Pav. 15. Lietuvos 2010 m. selenas (Se) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių.



Pav. 16. Lietuvos 2010 m. cinkas (Zn) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių.



Pav. 17. Lietuvos 2010 m. dioksinų ir furanų (DIOX) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių.



Pav. 18. Lietuvos 2010 m. policiklinių aromatinių anglevandenilių (PAH) emisija iš paviršinių ir didelių taškinių šaltinių.