



FIZINIŲ IR
TECHNOLOGIJOS MOKSLŲ
CENTRAS

Tvirtinu
Fizinių ir technologijos mokslų centro
direktorius

dr. Vidmantas Remeikis
2011 m. mėn. d.

ATASKAITA

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS, PROGNOZĖ BEI ANTROPOGENINĖS TARŠOS LYGIŲ IR KRITINIŲ APKROVŲ EKOSISTEMOMS VERTINIMAS

2010 m. birželio mėn. 17 d. Sutartis Nr. 4F10-76.

(I DALIS)

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. S. Byčenkienė
dr. K. Plauškaitė-Šukienė
inž. K. Senuta

Vilnius, 2011

TURINYS

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	4
LENTELIŲ SĄRAŠAS	4
I DALIS	6
ĮVADAS	6
1. Į ATMOSFERĄ IŠMETAMŲ TERŠALŲ KIEKIO POKYČIŲ KAITA 2005 – 2009 METAIS	8
1.1. INSTITUCINĖ SĄRANGA IR INVENTORIAUS SUDARYMO PROCESAS	13
2. EMISIJOS IŠ STACIONARIŲ KURĄ DEGINANČIŲ ĮRENGINIŲ	15
2.1. PAGRINDINIAI TERŠALAI	15
2.2. SUNKIEJI METALAI	16
2.3. POP EMISIJOS FAKTORIAI	17
2.4. KURO SUVARTOJIMO DUOMENYS	19
3. KELIŲ TRANSPORTAS	22
3.1. EMISIJOS IŠ KURĄ DEGINANČIŲ TRANSPORTO PRIEMONIŲ VERTINIMAS	22
3.1.1. EMISIJOS, KURO SUVARTOJIMO IR RIDOS VERTINIMAS NAUDOJANT COPERT IV	23
3.1.2. SIEROS DIOKSIDO (SO ₂) EMISIJOS	37
3.1.3. ŠVINO (PB) IR KITŲ SUNKIŲJŲ METALŲ EMISIJOS	38
3.1.4. PAH IR KITŲ POP EMISIJOS	38
3.2. KELIŲ TRANSPORTO EKSPLOATAVIMO KURO NUOSTOLIŲ EMISIJOS	39
3.3. AUTOMOBILIŲ PADANGŲ, STABDŽIŲ TRINKELIŲ IR KELIO DANGOS DĖVĖJIMOSI EMISIJOS	41
4. NE KELIŲ TRANSPORTAS IR KITOS MAŠINOS	43
5. GAMINIŲ GAMYBOS PROCESAI	46
6. ŽEMĖS ŪKIO SEKTORIUS	49
6.1. NAMINIŲ GYVULIŲ MĚŠLO TVARKYMO EMISIJOS	49
6.2. TIESIOGINĖ NH ₃ EMISIJA IŠ DIRVOS	50
7. KITI EMISIJOS ŠALTINIAI	52
7.1. NAFTOS GAVYBA IR JOS PRODUKTŲ PASKIRSTYMAS	52
7.2. DAŽŲ, TIRPIKLIŲ IR KITŲ PRODUKTŲ NAUDOJIMAS	54
7.3. BIOGENINĖS EMISIJOS	55
7.4. MIŠKŲ IR KITOS AUGMENIJOS GAISRAI	56
8. 2009 METŲ LIETUVOS NACIONALINĖS EMISIJOS	57
IŠVADOS	59
LITERATŪRA	60
II DALIS	61
ĮVADAS	61
1. KRITINIŲ APKROVŲ MODELIAVIMO SAUSUMOS EKOSISTEMOMS PRINCIPAI	62
1.1. MAISTINIO AZOTO (EUTROFIKACIJOS) KRITINĖS APKROVOS	62
1.1.1. MODELIO IŠVEDIMAS	62
1.1.2. PRIELAIDA DĖL AZOTO IŠPLOVIMO	64
1.1.3. ĮVESTIES DUOMENŲ KILMĖ IR ŠALTINIAI	65
1.1.4. AZOTO ĮSISAVINIMAS	65
1.1.5. DENITRIFIKACIJA	66
1.1.6. KRITULIŲ PERTEKLIUS	67
1.2. RŪGŠTĖJIMO KRITINĖS APKROVOS	67
1.2.1. PAPRASTAS MASĖS BALANSO (SMB) MODELIS	67
1.2.2. RŪGŠTIES NEUTRALIZACIJOS GEBOS CHEMINIAI KRITERIJAI IR KRITINIAI IŠPLOVIMAI	69
1.2.3. ĮVESTIES ŠALTINIAI IR KILMĖ	72
2. EMEP MODELIUOTOS KONCENTRACIJOS ORE IR NUSĖDIMAI	74

2.1. SAUSAS NUSĖDIMAS	74
2.1.2. AERODINAMINIS PASIPRIEŠINIMAS (R_A)	75
2.1.3. KVAZI-LAMINARAUS SLUOKSNIO PASIPRIEŠINIMAS (R_B)	75
2.1.4. PAVIRŠIAUS PASIPRIEŠINIMAS (R_C).....	76
2.1.5. STOMATINIS LAIDUMAS	76
2.1.6. NESTOMATINIS PASIPRIEŠINIMAS.....	76
2.1.7. AUGMENIJOS LAIDUMAS – NE VEGETACINIAI PAVIRŠIAI	78
2.1.8. SAUSAS AEROZOLIO NUSĖDIMAS.....	78
2.1.9. GRAVITACINIS NUSĖDIMAS (V_S).....	78
3.1.10. KVAZI-LAMINARAUS SLUOKSNIO PASIPRIEŠINIMAS AEROZOLIAMS (R_B).....	79
2.1.11. ATŠOKIMAS.....	80
2.2. ŠLAPIAS NUSĖDIMAS.....	81
2.2.1. IŠMETIMAS DEBESYJE	81
2.2.2. IŠMETIMAS ŽEMIAU DEBESIES	81
3. REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS	82
IŠVADOS	87
LITERATŪRA	88

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

I DALIS

Pav. 1. Į atmosferą išmetamų teršalų 2005 – 2009 metais pokyčių kaita.	8
Pav. 2. Į atmosferą išmetamų teršalų 2005 – 2009 metais pokyčių kaita sektorių struktūroje.	8
Pav. 3. Nacionalinė bendra NO _x emisijos tendencija (WAM - papildomų priemonių projekcija, atsižvelgiant į visas šiuo metu įgyvendintas, priimtas bei planuojamas priemones).	10
Pav. 4. Nacionalinė bendra LOJ emisijos tendencija (WAM - papildomų priemonių projekcija, atsižvelgiant į visas šiuo metu įgyvendintas, priimtas bei planuojamas priemones).	11
Pav. 5. Nacionalinė bendra SO ₂ emisijos tendencija (WAM - papildomų priemonių projekcija, atsižvelgiant į visas šiuo metu įgyvendintas, priimtas bei planuojamas priemones).	12
Pav. 6. Nacionalinė bendra NH ₃ emisijos tendencija (WAM - papildomų priemonių projekcija, atsižvelgiant į visas šiuo metu įgyvendintas, priimtas bei planuojamas priemones).	13

II DALIS

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)	69
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)	72
Pav. 3. Oksiduotos sieros kritinės apkrovos Lietuvos ekosistemoms	82
Pav. 4. Oksiduoto azoto kritinės apkrovos Lietuvos ekosistemoms	83
Pav. 5. Maistinio azoto kritinės apkrovos Lietuvos ekosistemoms	83
Pav. 6. Oksiduotos sieros kritinių apkrovų ir bendro nusėdimo srauto skirtumas (neigiamos reikšmės parodo kritinių apkrovų viršijimus)	84
Pav. 7. Oksiduoto azoto kritinių apkrovų ir bendro nusėdimo srauto skirtumas (neigiamos reikšmės parodo kritinių apkrovų viršijimus)	85
Pav. 8. Maistinio azoto kritinių apkrovų ir bendro nusėdimo srauto skirtumas (neigiamos reikšmės parodo kritinių apkrovų viršijimus)	85

LENTELIŲ SĄRAŠAS

I DALIS

Lentelė 1. Nacionaliniai emisijos limitai Lietuvai.	6
Lentelė 2. SO ₂ emisijos faktoriai, [kg/GJ].	15
Lentelė 3. Kietųjų dalelių emisijos faktoriai, [kg/GJ].	15
Lentelė 4. Kietųjų dalelių (PM ₁₀ ir PM _{2,5}) emisijos dalys, [%].	15
Lentelė 5. NFR sektorių kodų susiejimas su šaltinyje pateiktu kurą vartojančiu objektu.	16
Lentelė 6. Kuro deginimo emisijos faktoriai sunkiesiems metalams, [mg/GJ].	17
Lentelė 7. PAH emisijos faktoriai, [mg/GJ].	18
Lentelė 8. PCB ir dioksinų/furanų emisijos faktoriai.	19
Lentelė 9. NFR sektorių kodų sąsaja su sektoriais pagal statistikos departamentą.	20
Lentelė 10. Kuro rūšių NAPFUE kodai ir energetinės vertės.	21
Lentelė 11. Vidutiniai greičiai, įvesti į COPERT IV modelį, [km/h].	23
Lentelė 12. Kuro energetinės vertės.	24
Lentelė 13. Keleivinių automobilių emisijų faktoriai [g/GJ].	24
Lentelė 14. Lengvųjų krovininių automobilių emisijų faktoriai [g/GJ].	26
Lentelė 15. Sunkiųjų krovininių automobilių emisijų faktoriai [g/GJ].	27
Lentelė 16. Autobusų emisijų faktoriai [g/GJ].	28
Lentelė 17. Motociklų emisijų faktoriai [g/GJ].	29
Lentelė 18. Transporto priemonių kategorijų bendri nuvažiuoti atstumai rajoniniuose ir miesto keliuose.	30
Lentelė 19. Kelių transporto priemonių kiekis.	34
Lentelė 20. Kelių transporto priemonių bendras nuvažiuotas atstumas [mln. km].	37

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

Lentelė 21. Sieros dioksido (SO ₂) emisijų faktoriai [g/kg].....	37
Lentelė 22. Švino (Pb) emisijos faktorius [mg/kg].....	38
Lentelė 23. Sunkiųjų metalų emisijos faktoriai visoms transporto priemonių kategorijoms [mg/kg kuro].....	38
Lentelė 24. POP emisijų faktoriai, [μg/km].....	38
Lentelė 25. Benzino garavimo NMLOJ emisijų faktoriai	40
Lentelė 26. Automobilių padangų, stabdžių ir kelio dangos dėvėjimosi TSP emisijos faktoriai.....	41
Lentelė 27. Automobilių padangų, stabdžių ir kelio dangos dėvėjimosi KD ₁₀ emisijos faktoriai.....	41
Lentelė 28. Automobilių padangų, stabdžių ir kelio dangos dėvėjimosi KD _{2,5} emisijos faktoriai	42
Lentelė 29. Sunkiųjų metalų frakcijos automobilių padangų, stabdžių ir kelio dangos dėvėjimosi TSP emisijoje	42
Lentelė 30. SO ₂ emisijos faktoriai, [kg/GJ].....	43
Lentelė 31. Vandens transporto TSP, PM ₁₀ ir PM _{2,5} emisijos faktoriai, [g/GJ].....	43
Lentelė 32. Kietųjų dalelių dydžių pasiskirstymas, [%]	43
Lentelė 33. Emisijos faktoriai tarptautinių skrydžių lėktuvų pakilimo – nusileidimo ciklams, [g/LTO].	44
Lentelė 34. Sunkiųjų metalų emisijos faktoriai, [g/t].	44
Lentelė 35. POP emisijos faktoriai dyzeliniams ir keturtakčiams benzininiams varikliams, [μg/kg].	44
Lentelė 36. Kuro rūšių NAPFUE kodai ir energetinės vertės, [GJ/t].	45
Lentelė 37. Sektorių pagal statistikos departamento leidinį „Kuras ir energijos balansas“ susiejimo su NFR klasifikacijos kodu lentelė.	45
Lentelė 38. Kuro kiekio, sunaudoto tarptautinių skrydžių oro transporte 2009 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 emisijos faktoriai, [g/t produkcijos].	48
Lentelė 41. Organinių cheminių medžiagų ir maisto gamybos procesų NMLOJ emisijos faktoriai, [g/t produkcijos].....	48
Lentelė 42. Naminių gyvulių kiekis visuose ūkiuose 2009 metų sausio 1 d.....	49
Lentelė 43. Naminių gyvulių ir paukščių skaičius apskrityse 2009 m, sausio 1 d.....	49
Lentelė 44. Naminių paukščių kiekis apskrityse 2009 metų sausio 1 d.....	49
Lentelė 45. Naminių gyvulių mėšlo tvarkymo NH ₃ emisijos faktoriai [g/galvai].	50
Lentelė 46. Azoto trąšų PGPK kodai ir daugikliai.	50
Lentelė 47. Tiesioginės NH ₃ emisijos iš dirvos.....	51
Lentelė 48. Lietuvos degalinės ir atitikimas direktyvos 94/63/EC reikalavimams.....	53
Lentelė 49. Kuro nuostolių NMLOJ emisijos faktoriai.	54
Lentelė 50. Cheminių medžiagų naudojimo NMLOJ emisijos faktoriai, [g/gyventojui]	55
Lentelė 51. Integruotų aplinkos faktorių vidutinės reikšmės, G-iso ir G-mts yra 6-iams ir 12-kos mėnesių augimo periodui (valandomis).....	55
Lentelė 52. Žemės naudmenų emisijos faktoriai ir plotas, [g/ha]	56
Lentelė 53. B, "α" ir "β" reikšmės.....	56
Lentelė 54. Sudeginto miško plotas ir emisijos faktoriai (g/ha)	56
Lentelė 55. Lietuvos nacionalinės suminės 2009 metų emisijos	57
Lentelė 56. Lietuvos nacionalinės 2009 metų emisijos.	57

II DALIS

Lentelė 1. Kritinės azoto koncentracijos dirvožemio tirpale apskaičiuojant $CL_{nut}(N)$	64
Lentelė 2. Elementinių sudedamųjų dalių vidurkiai (ir standartiniai nuokrypiai) kamienuose ir šakose (įskaitant žievę) keturioms medžių rūšims	66
Lentelė 3. Denitrifikacijos frakcijos f_{de} priklausomybė nuo dirvos drenažo (Reinds et al., 2001).....	66
Lentelė 4. Lygties (2.37) koeficientai Gapon ir Gaines-Thomas apsikeitimo medeliams.	71
Lentelė 5. K_{gibb} konstantos ribos kaip funkcija nuo dirvos organinių medžiagų kiekio.....	73
Lentelė 6. Dirvožemio sandaros, priklausomai nuo jų molingumo ir smėlingumo, klasės	73
Lentelė 7. Šlapio išmetimo ir surinkimo koeficientai, naudojami unifikuotame modelyje.....	81

I DALIS

IVADAS

Inventoriaus ataskaitoje apie nacionalinius išmetamų į aplinkos orą teršalų kiekius (nacionalines emisijas) Lietuvoje 2009 m. pateikiami išmetamų į atmosferą teršalų tyrimai, įvertinimas ir prognozė, atliktų vadovaujantis direktyvos 2001/81/EB reikalavimais. Ši direktyva yra Europos Sąjungos atmosferos rūgštėjimo mažinimo strategijos dalis. Direktyva 2001/81/EB dėl Nacionalinių Emisijos Limitų (NEL) tam tikriems atmosferos teršalams siekiama apriboti teršalų, didinančių rūgštumą, 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) (Direktyva 2001/81/EC).

Vykdydamos direktyvos 2001/81/EB reikalavimus, šalis narės 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 narės turi sudaryti nacionalines emisijos mažinimo programas, kurių įgyvendinimas leistų neviršyti 2010 metams nustatytų emisijos limitų.

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 limitų patvirtinimo. Lietuvai nustatyti nacionaliniai emisijos limitai buvo nustatyti stojimo į ES metu ir yra pateikti 1 lentelėje.

Lentelė 1. Nacionaliniai emisijos limitai Lietuvai.

<i>Nacionaliniai Emisijos Limitai (kt/metus)</i>			
SO_2	NO_x	NMLOJ	NH_3
145	110	92	84

SO_2 , NO_x , NMLOJ ir NH_3 teršalų, išmestų į aplinkos orą kiekiai pateikti nacionalinių emisijų inventoriuje, nežymiai padidėjo nuo 2000 metų, nors atskirų teršalų kiekis 2009 metais buvo mažesnis už nustatytą kiekio limitą:

- SO_2 sudarė 24,8 % limito;
- NO_x – 58,9 % limito;
- NMLOJ – 76,0 % limito;
- NH_3 – 33,9 % limito.

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. Tolesnis kasmetinis emisijos kitimas bus fiksuojamas šalies emisijos apraše.

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 šalis 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 tarša, keitimąsi informacija, tyrimus ir monitoringą.

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 rūgštinančių oro teršalų, sunkiųjų metalų, kietųjų dalelių (LRTAP konvencija) informaciją, rengti duomenų rinkinius, vertinti indėlį tolimų pernašų modeliams. CEIP centras taip pat peržiūri ir įvertina pateiktus emisijų kiekius, padeda šalims pagerinti nacionalinių inventorių kokybę.

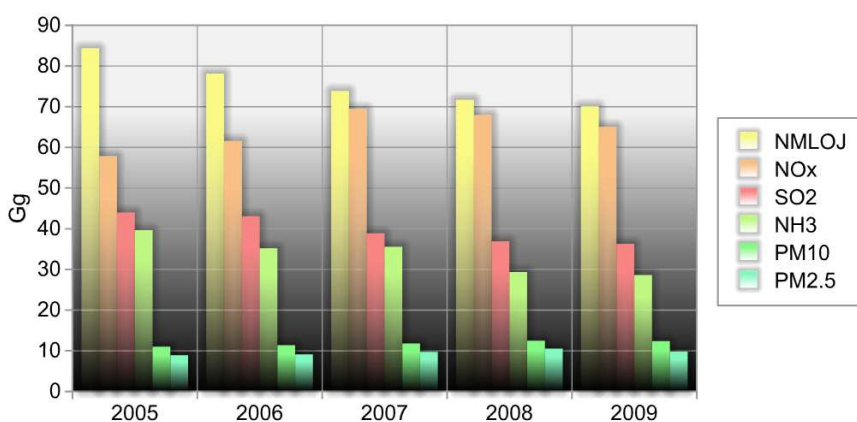
Šioje išmestų į aplinkos orą teršalų kiekių inventoriaus ataskaitoje yra pateikta informacija apie pagrindinių teršalų (SO_2 , NO_x , NMLOJ, NH_3 ir CO), kietųjų dalelių ($\text{KD}_{2,5}$, KD_{10} , TSP), sunkiųjų metalų (Pb, Cd, Hg, As, Cr, Cu, Ni, Zn) ir patvariųjų organinių teršalų (dioksinai, PCB, HCB, PAH) išmetamus kiekius pagal šaltinius. Išmestų į aplinkos orą teršalų kiekio inventorių apima 1990-2009 m. laikotarpį. Veiklos, kurių metu išsiskiria teršalai klasifikuojamos naudojant į atmosferą išmetamų teršalų nomenklatūrą (ang. Nomenclature For Reporting - ang. 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 taškiniams 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. Emisijų 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 gaires, kiekviena šalis-narė turi pateikti ataskaitą apie nacionalinius metinius emisijų kiekius pagal teršalų šaltinių kategoriją ir pateikti informatyvų ataskaitos aprašą Konvencijos Sekretariatui.

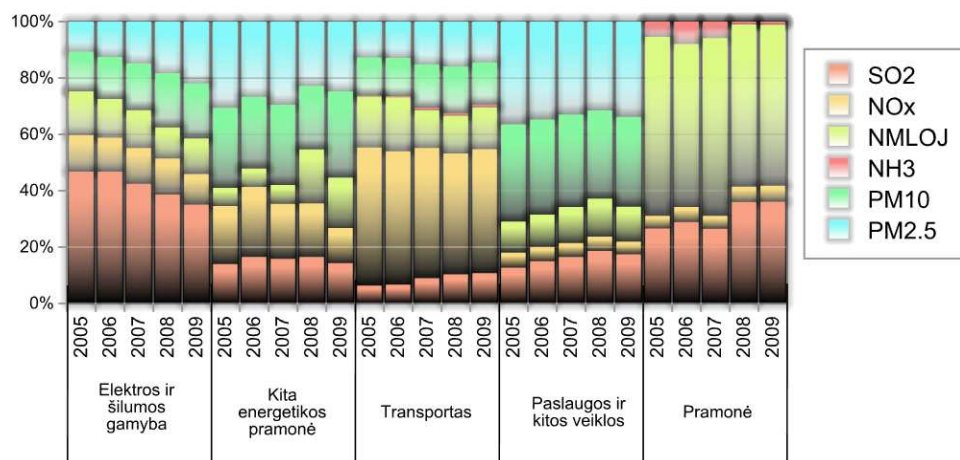
1. Į ATMOSFERĄ IŠMETAMŲ TERŠALŲ KIEKIO POKYČIO KAITA 2005 – 2009 METAIS

Palyginę 2009 metų nacionalinius teršalų kiekius su pastarųjų penkerių metų vertėmis stebimas visų tirtų teršalų išmetų į atmosferą kiekių mažėjimas, išskyrus kietųjų dalelių emisijas (1 pav.). Panaudojus tiesinės regresijos lygtį ir penkerių metų inventoriaus duomenis nustatyta, kad sieros dioksido (SO₂) kiekiai mažėjo 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 mažėjo 4 proc. per metus. Kietųjų dalelių (KD_{2,5} ir KD₁₀) ryškaus išmetimų padidėjimo nėra, tačiau 2009 metais buvo nustatytas mažėjimas. 2005 - 2009 metų laikotarpiu amoniako emisijos mažėjimo tempai siekė 1 proc.



Pav. 1. Į atmosferą išmetamų teršalų 2005 – 2009 metais pokyčių kaita.

Per tiriamuosius metus kito ne tik išmetami į atmosferą teršalų kiekiai, bet ir jų sektorinė struktūra (2 pav.).



Pav. 2. Į atmosferą išmetamų teršalų 2005 – 2009 metais pokyčių kaita sektorių struktūroje.

Energetikos sektorius yra pagrindinis teršalų išmetimų šaltinis – šio sektoriaus dalis bendroje struktūroje sudaro iki 30 proc., pramonės procesų dalis bendroje struktūroje yra ~17 proc., transporto sektoriaus ~18 proc. Energetikos sektoriaus į atmosferą išmetamų SO_x kiekio sumažėjimą iš esmės lėmė sumažėjęs kuro suvartojimas bei naudojamo kuro struktūros pokyčiai 2005 – 2009 metais. Lietuva yra viena iš nedaugelio Europos valstybių, kuri beveik neturi savo nacionalinių 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. Pasaulinės ekonominės krizės metu Lietuvoje ekonominis vystymasis sulėtėjo iki 2008 metų pabaigos. Šiuo metu atsinaujinantys energijos šaltiniai sudaro maždaug 14% bendro energijos suvartojimo. Didžiąją dalį sudaro biomasė, kuri ir toliau vaidins pagrindinį vaidmenį energijos gamyboje iš atsinaujinančių energijos šaltinių. Laukiama, kad elektros energetikos sistemos pasikeitimai uždarius antrąjį Ignalinos AE bloką 2009 m. turės esminę įtaką šalies energetikos sektoriaus raidai bei turės didelį poveikį aplinkosaugai. Spartūs ekonomikos augimo tempai išaugus eksporto galimybėms 2007 - 2008 metais turėjo įtaką galutinės energijos poreikių didėjimui paslaugų ir kitose veiklos šakose. Didžiausia teršalų dalis energetikos pramonės procesuose susidaro stacionaraus deginimo gamybos ir statybos sektoriuje.

Pagrindinė pramonės šaka, kurioje išmetami didžiausi NH₃ 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 emisijos sumažėjimą lėmė sumažėjęs galvijų skaičius.

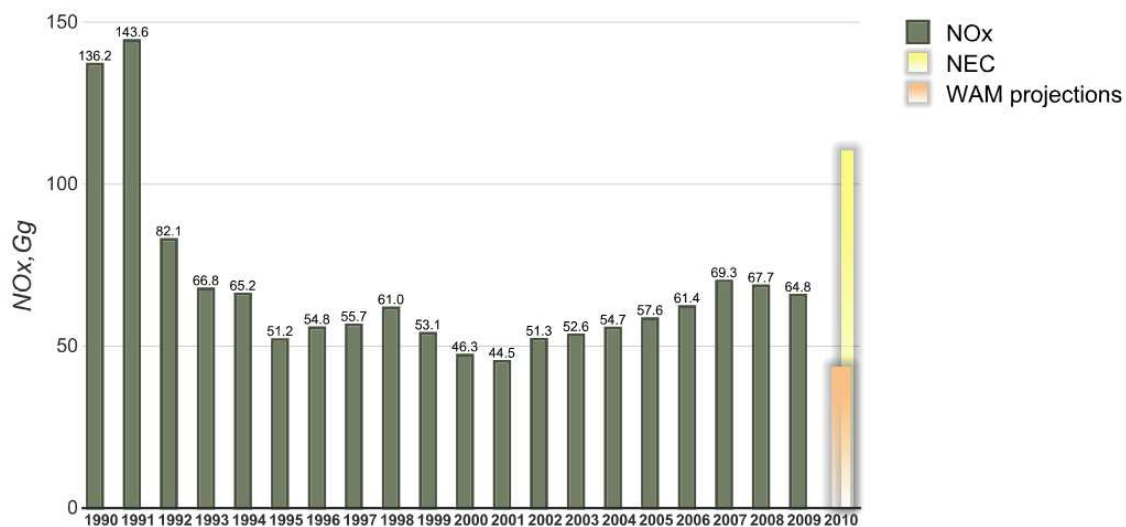
Transporto sektoriuje didžiausią dalį sudaro NO_x emisija. Transporto sektoriaus išmetami azoto oksidų kiekiai didėja labai sparčiai. Tokį augimą lemia sparčiai didėjantis transporto priemonių kiekis, kuris įtakoja augančias kuro sąnaudas. Transporto sektoriaus kuro sąnaudų struktūra per nagrinėjamą laikotarpį taip pat ženkliai kito, t.y. lengvieji naftos produktai kuro sąnaudų struktūroje mažėjo, o sunkiųjų naftos produktų ir suskystintos naftos dujų dalis augo. Šiuo metu šalyje skystojo biokuro vidaus rinka pradeda sparčiai plėstis, nors 2005 metais transporto kuro sąnaudų struktūroje biodegalai sudarė tik 0,3 proc. Dabartiniu metu veikiančių ir planuojamų pastatyti įmonių biodegalams gaminti pajėgumai viršija šalies poreikius, tad jų dalis eksportuojama.

Išmestų į atmosferą teršalų kiekio mažėjimas rodo, kad buvo įdiegtos naujos kuro deginimo technologijos energetikos ir pramonės įmonėse. Didesnė gamtinių dujų sąnaudų dalis pirminės energijos balanse sąlygojo ekologinio efektyvumo pažangą. Tačiau skystojo biokuro dalies didėjimas ir transporto parko atnaujinimo sparta nekompensuoja transporto sektoriuje didėjančio transporto kiekio ir su tuo susijusių sunkiųjų naftos produktų bei suskystintos naftos dujų sąnaudų didėjimo.

Į atmosferą išmetamų teršalų kiekio pokyčio kaita 1990 – 2009 metais:

Į atmosferą išmetamų teršalų kiekis, jo pokyčiai (1990 – 2009), bei Nacionaliniai Emisijos Limitai parodyti 3 – 6 pav.

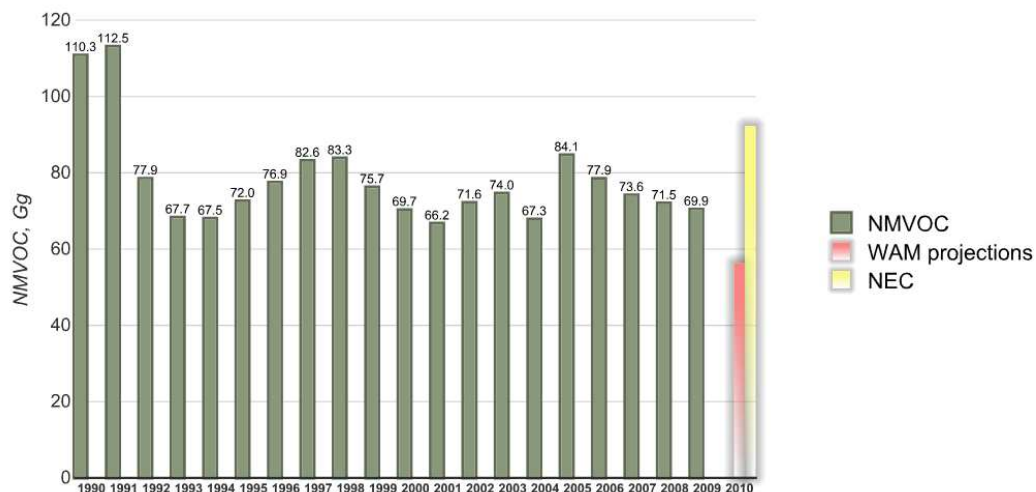
IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ



Pav. 3. Nacionalinė bendra NO_x emisijos tendencija (WAM - papildomų priemonių projekcija, atsižvelgiant į visas šiuo metu įgyvendintas, priimtas bei planuojamas priemones).

NO _x emisijos pokyčių prognozė Lietuvai				
	Pagrindiniai duomenys	Reikšmė	Vnt.	Reitingas EU-27
NO _x emisijos profilis	Bendras NO _x kiekis 1990	136	Gg	
	Bendras NO _x kiekis 2008	67.7	Gg	21(27)
	NO _x kiekis tenkantis vienam gyventojui 2008	20.1	kg/gyv.	17(27)
	NO _x kiekis tenkantis BVP 2008	2.3	g/euro	6(27)
	Dalis NO _x EU-27 2008	0.7	%	
Esama ir numatoma pažanga link NEL		Reikšmė	Vnt.	
Emisijos mažinimo iki NEL progresas	2010 NEL	110	Gg	
	2010 metais numatomas poveikis taikant planuotas papildomas priemones	43.7	Gg	
		Absolutus	Vnt.	Santykinis (%)
	Atstumas iki NO _x NEL kiekio 2008	-42.3	Gg	-38.4

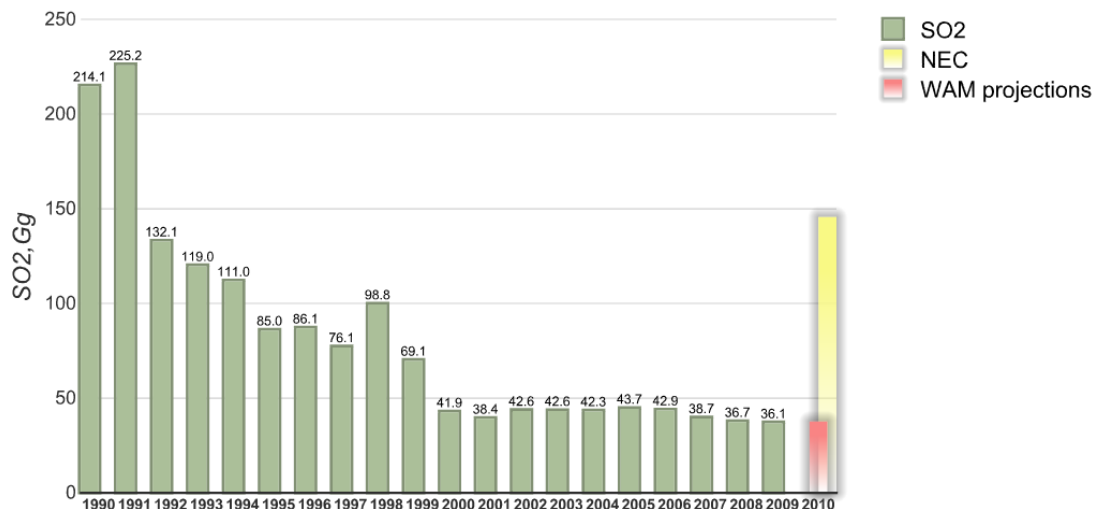
IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ



Pav. 4. Nacionalinė bendra LOJ emisijos tendencija (WAM - papildomų priemonių projekcija, atsižvelgiant į visas šiuo metu įgyvendintas, priimtas bei planuojamas priemones).

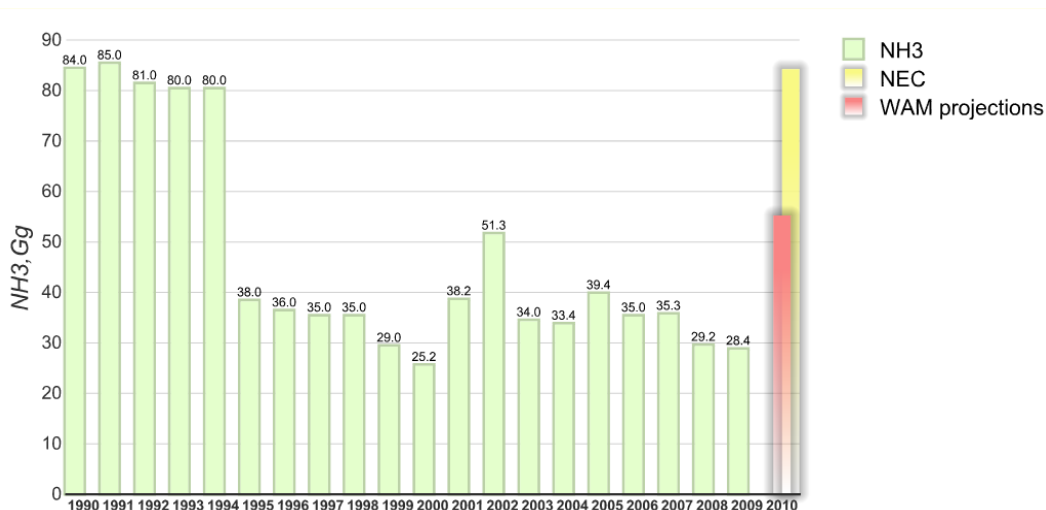
LOJ emisijos pokyčių prognozė Lietuvai				
Pagrindiniai duomenys		Reikšmė	Vnt.	Reitingas EU-27
LOJ emisijos profilis	Bendras LOJ kiekis 1990	110	Gg	
	Bendras LOJ kiekis 2008	71.5	Gg	19(27)
	LOJ kiekis tenkantis vienam gyventojui 2008	21.2	kg/gyv.	4(27)
	LOJ kiekis tenkantis BVP 2008	1.4	g/euro	5(27)
	Dalis LOJ EU-27 2008	0.9	%	
Esama ir numatoma pažanga link NEL		Reikšmė	Vnt.	
Emisijos mažinimo iki NEL progresas	2010 NEL	92	Gg	
	2010 metais numatomas poveikis taikant planuotas papildomas priemones	56.2	Gg	
		Absoliutus	Vnt.	Santykinis (%)
	Atstumas iki LOJ NEL kiekio 2008	-20.5	Gg	-22.3

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ



Pav. 5. Nacionalinė bendra SO₂ emisijos tendencija (WAM - papildomų priemonių projekcija, atsižvelgiant į visas šiuo metu įgyvendintas, priimtas bei planuojamas priemones).

SO ₂ emisijos pokyčių prognozė Lietuvai				
Pagrindiniai duomenys		Reikšmė	Vnt.	Reitingas EU-27
SO ₂ emisijos profilis	Bendras SO ₂ kiekis 1990	214	Gg	
	Bendras SO ₂ kiekis 2008	36.7	Gg	19(27)
	SO ₂ kiekis tenkantis vienam gyventojui 2008	9.4	kg/gyv.	15(27)
	SO ₂ kiekis tenkantis BVP 2008	0.6	g/euro	11(27)
	Dalis SO ₂ EU-27 2008	0.5	%	
Esama ir numatoma pažanga link NEL		Reikšmė	Vnt.	
Emisijos mažinimo iki NEL progresas	2010 NEL	145	Gg	
	2010 metais numatomas poveikis taikant planuotas papildomas priemones	36.5	Gg	
	Atstumas iki SO ₂ NEL kiekio 2008	-113.5	Gg	-78.3
		Absoliutus	Vnt.	Santykinis (%)



Pav. 6. Nacionalinė bendra NH₃ emisijos tendencija (WAM - papildomų priemonių projekcija, atsižvelgiant į visas šiuo metu įgyvendintas, priimtas bei planuojamas priemones).

NH ₃ emisijos pokyčių prognozė Lietuvai				
Pagrindiniai duomenys		Reikšmė	Vnt.	Reitingas EU-27
NH ₃ emisijos profilis	Bendras NH ₃ kiekis 1990	84	Gg	
	Bendras NH ₃ kiekis 2008	29.2	Gg	20(27)
	NH ₃ kiekis tenkantis vienam gyventojui 2008	8.7	kg/gyv.	8(27)
	NH ₃ kiekis tenkantis BVP 2008	0.6	g/euro	4(27)
	Dalis NH ₃ EU-27 2008	0.8	%	
Esama ir numatoma pažanga link NEL		Reikšmė	Vnt.	
Emisijos mažinimo iki NEL progresas	2010 NEL	84	Gg	
	2010 metais numatomas poveikis taikant planuotas papildomas priemones	55.3	Gg	
		Absoliutus	Vnt.	Santykinis (%)
	Atstumas iki NH ₃ NEL kiekio 2008	-54.8	Gg	-65.3

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 inventoriumi, bei AM vykdomą veiklą klimato kaitos srityje. 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/CORINAIR emisijų inventoriaus rengimo vadovą (angl. *EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook*). Naudoti šaliai būdingi emisijų faktoriai (naudojami energetikos sektoriuje arba tarptautiniu mastu rekomenduojami numatytieji faktoriai (angl. *default factors*) – daugiausiai tie, kurie 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; dokumentuoti ir archyvuoti inventoriaus medžiagą.

Kokybės užtikrinimas (KU)

Kokybės užtikrinimo (KU) veikla apima suplanuotų peržiūros procedūrų, kurias atlieka asmenys, tiesiogiai nedalyvaujantys sudarant/rengiant inventorių, sistemą, skirtą patikrinti, ar buvo įvykdyti duomenų kokybės tikslai; užtikrina, kad inventorius atspindėtų kuo geresnę emisijų vertinimą atsižvelgiant į turimas mokslines žinias ir duomenis.

Pateikti duomenys apie į atmosferą išmestų teršalų kiekį ir visi 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.

2. EMISIJOS IŠ STACIONARIŲ KURĄ DEGINANČIŲ ĮRENGINIŲ

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

Šis skyrius taip pat apima pagrindinių teršalų (SO₂, NO_x, CO, NMLOJ, NH₃), kietųjų dalelių (KD_{2,5}, KD₁₀, TSP) ir sunkiųjų metalų (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn) emisijas.

2.1. Pagrindiniai teršalai

Sieros dioksido ir kietųjų dalelių (KD) emisijos faktoriai suskaičiuoti pagal TNO (1995) metodiką. Metodikoje nurodomi daugikliai, kuriuos padauginus iš kuro sieringumo arba kuro peleningumo gaunami emisijos faktoriai. Suskaičiuotieji emisijos faktoriai vienodi visiems stacionariems kurą vartojantiems objektams (2 ir 3 lentelės). Kitų bendrųjų teršalų, t. y. CO, NO_x, NMLOJ, SO₂ ir KD, emisijos faktoriai paimti iš (Jaskelevičius, B., 1997) šaltinio lentelių. Kokso ir naftos kokso deginimo emisijų skaičiavimui naudojami akmens anglies emisijos faktoriai; medžio anglies ir žemės ūkio atliekų deginimo emisijų skaičiavimui – medienos emisijos faktoriai. Kietųjų dalelių < 10 μm (KD₁₀) ir < 2,5 μm (KD_{2,5}) emisijos faktoriai suskaičiuojami pagal kietųjų dalelių emisijos faktorius ir kietųjų dalelių procentus, paimtus iš (U.S. Environmental Protection Agency, 1998) šaltinio (4 lentelė).

Lentelė 2. SO₂ emisijos faktoriai, [kg/GJ].

Kuro rūšis	Kuro sieringumas, %	Daugiklis	Emisijos 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 emisijos faktoriai, [kg/GJ].

Kuro rūšis	Kuro peleningumas, %	Daugiklis	Emisijos faktorius
Akmens anglis	10	0,04365	0,4365
Durpės	5	0,164	0,82
Nafta	0,03	0,249	0,007
Mazutas	0,08	0,249	0,0199

Lentelė 4.. Kietųjų dalelių (PM₁₀ ir PM_{2,5}) emisijos dalys, [%].

Deginama medžiaga	KD ₁₀	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 emisijos faktorius iš (Jaskelevičius, B., 1997) šaltinio į CORINAIR duomenų bazę sudaroma darbinė nacionalinių emisijos faktorių duomenų bazė Microsoft Access formatu (.mdb). Lentelėje „Efaktoriai“ pateikiami POP ir nacionaliniai emisijos faktoriai, vėliau sukuriama kurų vartojančių objektų, kuro ir teršalų susiejimo lentelės. Kurų vartojantys objektai, nurodyti (Jaskelevičius, B., 1997) 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 emisijos 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 (Jaskelevičius, B., 1997) šaltinyje pateiktu kurų vartojančiu objektu.

NFR kodas	Kurų vartojantis objektas
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 emisijos šaltinis. Anglies degimo metu pasikeičia dalelių junginiai ir tokiu būdu yra skatinamas 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 emisijos faktoriai buvo imami iš CORINAIR duomenų bazės „emfa_defa“ lentelės, kurioje saugomi rekomenduojami emisijos faktoriai (6 lentelė). Koksui naudojami akmens anglies emisijos faktoriai.

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

Medžiaga	Emisijos faktorius			
	Mazutas	Gamtinės dujos	Akmens anglis	Lignitas
As	12,2	0	5,61	2,9
Cd	24,4	0	0,22	0,25
Cr	61	0	4,09	3,02
Cu	24,4	0	7	0,99
Hg	24,4	0,1	4,27	10,33
Ni	853,66	0	7,34	2,49
Pb	31,71	0	19,11	2,6
Se	0	0	0,68	0
Zn	24,39	0	22,7	8,68

2.3. POP emisijos faktoriai

Policikliniai organiniai junginiai (POP) yra kietos, vandenyje netirpios medžiagos, kurių lydymosi ir virimo temperatūra yra aukšta (lydymosi temperatūra – virš 100 °C) (U.S. Environmental Protection Agency, 1998). 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, kurie 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 emisija priklauso nuo deginamo kuro ir degimo proceso charakteristikų. POP emisija 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 policikliniai aromatiniai hidroangliavandeniliai (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 emisijos potencialą, priklausantį nuo kieto kuro dydžio.

PAH emisijos buvo imamos iš (U.S. Environmental Protection Agency, 1998) šaltinio ir apibendrintos 7 lentelėje. Polichlorinuotų bifenilų (PCB) emisijos faktoriai buvo imami iš TNO (1995), dioksinų/furanų emisijos faktoriai buvo imami iš (Institute of Environmental Protection, 2004) šaltinio (8 lentelė).

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

Deginimo objektas	Kuras	BaP*	BbF*	BkF*	I P*
Elektrinės	Akmens anglis	3,87	1,38	1,38	1,24
Elektrinės	Mediena	0,33	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	0,08	0,04	0,07	0,16
Elektrinės	Lignitas	0,02	0,01	0,01	0,02
Šiluminės katilinės	Akmens anglis	0,01	6,17	6,17	0,11
Šiluminės katilinės	Mediena	0,33	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

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

Šiluminės katilinės	Dyzelinis kuras	0,08	0,04	0,07	0,16
Šiluminės katilinės	Lignitas	0,02	0,01	0,01	0,02
Pramonė	Akmens anglis	0,01	6,17	6,17	0,11
Pramonė	Mediena	0,33	0,26	0,26	0,14
Pramonė	Nafta	0,00	0,01	0,01	0,01
Pramonė	Mazutas	0,00	0,01	0,01	0,01
Pramonė	Gazoliai	0,00	0,01	0,01	0,01
Pramonė	Dyzelinis kuras	0,08	0,04	0,07	0,16
Pramonė	Lignitas	0,02	0,01	0,01	0,02
Mažos įmonės	Akmens anglis	119,40	79,62	79,62	79,62
Mažos įmonės	Mediena	0,01	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	0,08	0,04	0,07	0,16
Mažos įmonės	Lignitas	0,02	0,01	0,01	0,02
Namų ūkis	Akmens anglis	119,40	79,62	79,62	79,62
Namų ūkis	Mediena	179,80	207,00	114,00	279,1
Namų ūkis	Nafta	0,06	0,06	0,06	0,06
Namų ūkis	Gamtinės dujos	0,04	0,05	0,05	0,03
Namų ūkis	Mazutas	0,06	0,06	0,06	0,06
Namų ūkis	Gazoliai	0,06	0,06	0,06	0,06
Namų ūkis	Lignitas	204,90	136,60	136,60	136,6

*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 emisijos faktoriai.

Kuras	PCB* [µg/GJ]	DIOX* [ng Tek/GJ]
Akmens anglis	144	2,4
Mediena	350	90
Orimulsija	90	25
Mazutas	90	25
Gazoliai	90	25
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“ (Kuro ir energijos balansas, 2008). 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 emisijas į atmosferą 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. 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 emisijų 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 emisijos kiekis skaičiuojamas naudojant emisijų inventoriaus duomenų bazėje įvestus duomenis: sudeginto kuro kiekį padauginus iš emisijos faktorių. Didiesiems taškiniams šaltiniams skaičiuojamos tik metalų ir POP emisijos pagal sudegintą kurą ir emisijos faktorius, o pagrindinių teršalų emisijas 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; benzinas, 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.

<i>Kuro rūšis</i>	<i>NAPFUE kodas</i>	<i>Energetinė vertė[GJ/t]</i>
Akmens anglis	102	25,118
Anglių briketai	102	16,25
Benzinas	208	43,8
Biodujos [GJ/m ³]	309	0,021
Dyzelinas	205	42,5
Durpės kurui	113	11,7
Durpių briketai	113	14,7
Gamtinės dujos [GJ/m ³]	301	0,0335
Gazoliai	204	43
Koksas	107	29,3
Lignitas	105	14,64
Mazutas	203	40
Mediena	111	10,75
Medžio anglis	112	28
Naftos dujos	314	50
Naftos koksas	110	32,7
Naudotos alyvos	212	41,3
Nevalytos lengvosios alyvos	201	42,3
Orimulsija	202	28,02
Skalūnų alyva	211	40,7
Suskystintos naftos dujos	303	46
Žalia nafta	201	41,86
Žemės ūkio atliekos	117	14,7
Žibalas	206	43

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. Emisijos iš kurų deginančių transporto priemonių vertinimas

Oro kokybė buvo didžiausia nerimą kelianti problema nagrinėjant transporto priemonių emisijas, bet ženklus technologijų tobulėjimas efektyviai sumažino šį pavojų. Dabar šiltnamio dujos (ir energijos suvartojimas) iš transporto priemonių yra pagrindinė transporto priemonių plėtros problema. Turimi duomenys parodė, kad 1999 m. transporto priemonės išmetė apie 24% visų CO₂ emisijų ir 47% visų NO_x emisijų ES.

Šiame skyriuje pateikta informacija apie emisijos faktorius ir aktyvumo duomenis, reikalingus emisijų iš transporto priemonių išmetimo sistemų skaičiavimui (NFR sektoriai 1A3b i - iv). Pagrindinės transporto teršalų emisijos 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 emisijas buvo naudojama UNECE transporto priemonių klasifikacija. Transporto emisijos skaičiavimuose įskaitomos tokios transporto priemonių kategorijos:

- Lengvieji automobiliai (LA);
- Lengvieji krovininiai automobiliai (LKA);
- Sunkieji krovininiai automobiliai (SKA);
- Autobusai;
- Mopedai;
- Motociklai,

Transporto priemonės yra varomos vidaus degimo variklių, 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, kietosios dalelės) 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 teršalų, 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 dyzelinių 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 emisijos apima angliavandenilių, tokių kaip alkenai, alkinai, aldehydai, ketonai ir aromatiniai angliavandeniliai, emisijas. Emisijos priklauso nuo naudojamo kuro. Skaičiavimuose, kiekvienai transporto priemonių kategorijai, variklio tipui, ekologiniam standartui ir skirtingoms eismo sąlygoms - miesto, užmiesčio ir magistralės - priskiriami atitinkami emisijų ir kuro sunaudojimo faktoriai.

3.1.1. Emisijos, kuro suvartojimo ir ridos vertinimas naudojant COPERT IV

Kelių transporto emisija ir suvartotas kuras skaičiuojami kiekvienai transporto kategorijai, variklio tipui, ekologiniam standartui ir vairavimo režimui atskirai. Šiems skaičiavimams buvo naudojami kuro balanso (iš Statistikos departamento) (Kuro ir energijos balansas, 2008) ir eismo intensyvumo (iš Transporto instituto) (Transporto ir kelių tyrimo institutas, 2005) duomenys, transporto priemonių kiekis pagal kategoriją, variklio tipą ir pagaminimo metus (iš VĮ „Regitra“); taip pat buvo naudojama COPERT IV programinė įranga emisijos faktorių ir kuro suvartojimo faktorių skaičiavimams (Ntziachristos L. and Samaras). Eismo intensyvumo, transporto priemonių kiekis, taip pat COPERT IV skaičiavimo rezultatai buvo perkelti į emisijų inventoriaus duomenų bazę ir apdorojami PostgreSQL duomenų bazių valdymo sistema.

Emisijos faktoriams skaičiuoti buvo naudojama COPERT IV programinė įranga. Naudojantis šia programa buvo skaičiuojami kelių transporto priemonių emisijos faktoriai šiems teršalams: CO, NO_x, NH₃, NMLOJ, TSP, taip pat kuro suvartojimo faktoriai. Emisijos 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, įvesti į COPERT IV modelį, [km/h].

<i>Transporto kategorija</i>	<i>Miesto režimas</i>	<i>Užmiesčio režimas</i>	<i>Magistralės režimas</i>
Lengvieji automobiliai	30	70	100
Lengvieji krovininiai automobiliai	25	65	100
Sunkieji krovininiai automobiliai	25	65	90
Autobusai	20	65	85
Motociklai > 50 cm ³	30	70	90

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

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

variklių emisijos faktorių ir kuro faktorių lentelė), tblSector (sektorių – transporto kategorijų vardų lentelė), tblSubsector (subsektorių – variklių tipų vardų lentelė), tblTech (technologijų – ekologinių standartų vardų lentelė). Emisijos faktorius perkeliant į emisijos inventoriaus duomenų bazės emisijos faktorių lentelę yra perskaičiuojami į [g/GJ] vienetus padalijant emisijos 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 emisijų bei kuro faktoriai buvo suskaičiuoti naudojant COPERT IV programą (13 – 17 lentelės). PM₁₀ ir PM_{2,5} emisijos faktoriai skaičiuojami pagal TSP emisijos faktorius ir pagal tokių dalelių dydžių pasiskirstymą (U.S. Environmental Protection Agency (1998)): 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 automobilių emisijų faktoriai [g/GJ].

Variklio tipas	Gamtosaugos standartas	CO	NO _x	NMVOG	NH ₃	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}
Magistralė								
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	34.10	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
LPG	Conventional	3914.25	1151.70	197.15	0	0	0	0
	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
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
Benzinas 1.4 – 2.0 l	PRE ECE	6587.88	914.26	544.27	0.68	0	0	0
	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
Benzinas > 2.0 l	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
	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
Dyzelinas < 2.0 l	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
	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
Dyzelinas > 2.0 l	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
	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
LPG	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
	Euro III	389.52	32.68	5.13	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	130.90	111.40	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	0.60	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 automobilių emisijų faktoriai [g/GJ].

Variklio tipas	Gamtosaugos standartas	CO	NO _x	NM VOC	NH ₃	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}
Magistralė								
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
	Euro IV	339.66	15.89	1.39	30.50	0	0	0

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

Dyzelinas	Conventional	311.92	342.74	26.37	0.25	87.39	83.9	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 krovininių automobilių emisijų faktoriai [g/GJ].

Svoris	Gamtosaugos standartas	CO	NO _x	NMVOC	NH ₃	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}
Magistralė								
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
	Euro IV	40.65	177.36	18.40	0.22	1.19	1.14	1.03
Užmiestis								

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

3.5 – 7.5 t	Conventional	522.80	553.87	262.20	0.76	60.65	58.22	52.46
	Euro I	313.68	387.71	196.65	0.76	39.42	37.84	34.10
	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	16.30	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	44.90	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	23.90
	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	48.60	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	15.100	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 emisijų faktoriai [g/GJ].

Autobusu tipas	Gamtosaugos standartas	CO	NO _x	NMVOG	NH ₃	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}
Magistralė								
Tarpmiestinis	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	7.20	6.92	6.23
	Euro IV	59.63	202.78	32.03	0.35	1.36	1.30	1.18
Užmiestis								
Tarpmiestinis	Conventional	216.98	913.47	123.24	0.34	48.39	46.45	41.86
	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

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

	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	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
Tarpmiestinis	Conventional	317.20	1083.23	190.59	0.18	62.73	60.22	54.26
	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

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

Variklio tipas	Gamtosaugos standartas	CO	NO _x	NMVOG	NH ₃	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}
Magistralė								
2-taktis > 50 cm ³	Conventional	17230.13	78.41	5343.20	1.29	0	0	0
	97/24/EC	20795.80	44.33	4590.39	1.61	0	0	0
4-taktis < 250 cm ³	Conventional	23992.76	223.35	716.41	1.40	0	0	0
	97/24/EC	10094.42	295.57	291.08	1.50	0	0	0
4-taktis 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	1.50	0	0	0
4-taktis > 750 cm ³	Conventional	13703.09	214.44	811.90	1.24	0	0	0
	97/24/EC	10094.42	295.57	291.08	1.50	0	0	0
Užmiestis								
2-taktis > 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-taktis < 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-taktis 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-taktis > 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-taktis > 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-taktis < 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-taktis 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-taktis > 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, eismo intensyvumo tyrimo rezultatais bei transporto priemonių registro duomenimis (VĮ „Regitra“). 2009 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.

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

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

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

Benzinas > 2,0 l, ECE 15/03							
Lengvieji automobiliai, Benzinas > 2,0 l, ECE 15/04	Benzinas	157376	216813	319613	51	85	85
Lengvieji automobiliai, Benzinas > 2,0 l, Euro I	Benzinas	93612	141075	298864	42	69	69
Lengvieji automobiliai, Benzinas > 2,0 l, Euro II	Benzinas	33097	49878	105666	15	25	24
Lengvieji automobiliai, Benzinas > 2,0 l, Euro III	Benzinas	25642	38643	81863	11	19	19
Lengvieji automobiliai, Benzinas > 2,0 l, Euro IV	Benzinas	7396	11146	23612	3	5	5
Lengvieji automobiliai, Dyzelinas < 2,0 l, Conventional	Dyzelinas	305159	416269	689676	143	237	236
Lengvieji automobiliai, Dyzelinas < 2,0 l, Euro I	Dyzelinas	199761	295016	415358	99	164	163
Lengvieji automobiliai, Dyzelinas < 2,0 l, Euro II	Dyzelinas	93893	138666	195230	46	77	77
Lengvieji automobiliai, Dyzelinas < 2,0 l, Euro III	Dyzelinas	74275	109692	154437	37	61	61
Lengvieji automobiliai, Dyzelinas < 2,0 l, Euro IV	Dyzelinas	23094	34106	48018	11	19	19
Lengvieji automobiliai, Dyzelinas > 2,0 l, Conventional	Dyzelinas	109747	149707	248035	51	85	85
Lengvieji automobiliai, Dyzelinas > 2,0 l, Euro I	Dyzelinas	100492	148410	208949	50	82	82
Lengvieji automobiliai, Dyzelinas > 2,0 l, Euro II	Dyzelinas	52024	76832	108172	26	43	42
Lengvieji automobiliai, Dyzelinas > 2,0 l, Euro III	Dyzelinas	35224	52021	73241	17	29	29
Lengvieji automobiliai, Dyzelinas > 2,0 l, Euro IV	Dyzelinas	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	Benzinas	63089	95795	286451	23	37	62
Lengvieji krovininiai automobiliai, Benzinas < 3,5 t, Euro I	Benzinas	14059	21324	63516	4	7	12
Lengvieji krovininiai automobiliai, Benzinas < 3,5 t, Euro II	Benzinas	12628	19154	57054	4	6	11
Lengvieji krovininiai automobiliai, Benzinas	Benzinas	23315	35364	105337	7	11	19

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

< 3,5 t, Euro III							
Lengvieji krovininiai automobiliai, Benzinas <3,5 t, Euro IV	Benzinas	9338	14164	42190	3	5	8
Lengvieji krovininiai automobiliai, Dyzelinas < 3,5 t, Conventional	Dyzelinas	933293	1042468	2567184	230	370	627
Lengvieji krovininiai automobiliai, Dyzelinas < 3,5 t, Euro I	Dyzelinas	230793	255359	647773	64	103	174
Lengvieji krovininiai automobiliai, Dyzelinas < 3,5 t, Euro II	Dyzelinas	153716	170078	431439	42	68	116
Lengvieji krovininiai automobiliai, Dyzelinas < 3,5 t, Euro III	Dyzelinas	135294	149695	379734	37	60	102
Lengvieji krovininiai automobiliai, Dyzelinas < 3,5 t, Euro IV	Dyzelinas	129227	142982	362704	36	58	97
Lengvieji krovininiai automobiliai, Dyzelinas < 3,5 t, Euro V	Dyzelinas	27	30	77	0	0	0
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dyzelinas 3,5 - 7,5 t, Conventional	Dyzelinas	831340	576039	508435	159	147	96
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dyzelinas 3,5 - 7,5 t, Euro I	Dyzelinas	108720	75332	66491	21	19	13
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dyzelinas 3,5 - 7,5 t, Euro II	Dyzelinas	148032	102572	90534	28	26	17
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dyzelinas 3,5 - 7,5 t, Euro III	Dyzelinas	121525	84205	74323	23	21	14
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dyzelinas 3,5 - 7,5 t, Euro IV	Dyzelinas	52333	36262	32006	10	9	6
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dyzelinas 7,5 - 16 t, Conventional	Dyzelinas	711892	542208	517082	91	84	55
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dyzelinas 7,5 - 16 t, Euro I	Dyzelinas	61153	46577	44418	8	7	5
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dyzelinas 7,5 - 16 t, Euro II	Dyzelinas	59647	45430	43325	8	7	5
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dyzelinas 7,5 - 16 t, Euro III	Dyzelinas	37703	28716	27385	5	4	3
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dyzelinas 7,5 - 16 t, Euro IV	Dyzelinas	15759	12003	11446	2	2	1
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dyzelinas 7,5 - 16 t, Euro V	Dyzelinas	54	41	39	0	0	0
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dyzelinas 16 - 32 t, Conventional	Dyzelinas	2143404	1827117	1845038	206	190	125

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas 16 - 32 t, Euro I	Dyzelinas	258827	220634	222798	25	23	15
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas 16 - 32 t, Euro II	Dyzelinas	552264	470770	475388	53	49	32
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas 16 - 32 t, Euro III	Dyzelinas	570747	486526	491298	55	51	33
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas 16 - 32 t, Euro IV	Dyzelinas	372862	317841	320959	36	33	22
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas 16 - 32 t, Euro V	Dyzelinas	71	61	61	0	0	0
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas >32t, Conventional	Dyzelinas	15573	13883	13716	1	1	1
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas >32t, Euro I	Dyzelinas	13283	11842	11699	1	1	1
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas >32t, Euro II	Dyzelinas	23909	21315	21058	2	2	1
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas >32t, Euro III	Dyzelinas	19421	17313	17105	1	1	1
Sunkieji krovininiai automobiliai, Dizelinas >32t, Euro IV	Dyzelinas	16947	15108	14926	1	1	1
Autobusai, Miesto Autobusai, Conventional	Dyzelinas	71012	67765	305019	8	7	19
Autobusai, Miesto autobusai, Euro I	Dyzelinas	16070	15335	69026	2	2	4
Autobusai, Miesto autobusai, Euro II	Dyzelinas	14825	14147	63678	2	1	4
Autobusai, Miesto autobusai, Euro III	Dyzelinas	5370	5124	23064	1	1	1
Autobusai, Miesto autobusai, Euro IV	Dyzelinas	6265	5978	26909	1	1	2
Autobusai, Tarp miestiniai autobusai, Conventional	Dyzelinas	375740	331071	1647811	44	37	101
Autobusai, Tarp miestiniai autobusai, Euro I	Dyzelinas	39724	35002	174211	5	4	11
Autobusai, Tarp miestiniai autobusai, Euro II	Dyzelinas	52927	46635	232112	6	5	14
Autobusai, Tarp miestiniai autobusai, Euro III	Dyzelinas	43855	38641	192326	5	4	12
Autobusai, Tarp miestiniai autobusai, Euro IV	Dyzelinas	23626	20817	103613	3	2	6
Motociklai, dvitakčiai >50 cm ³ , Conventional	Benzinas	1	1	0	0	0	0
Motociklai, dvitakčiai >50 cm ³ , 97/24/EC	Benzinas	0	0	0	0	0	0
Motociklai, keturtakčiai <250 cm ³ , Conventional	Benzinas	132	226	99	0	0	0
Motociklai, keturtakčiai <250 cm ³ , 97/24/EC	Benzinas	46	86	42	0	0	0

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

Motociklai, keturtakčiai 250 - 750 cm ³ , Conventional	Benzinas	3390	6265	3393	2	5	2
Motociklai, keturtakčiai 250 - 750 cm ³ , 97/24/EC	Benzinas	132	245	121	0	0	0
Motociklai, keturtakčiai >750 cm ³ , Conventional	Benzinas	126	245	141	0	0	0
Motociklai, keturtakčiai >750 cm ³ , 97/24/EC	Benzinas	196	364	180	0	0	0

Transporto priemonių kategorijų bendri nuvažiuoti atstumai miesto, užmiesčio ir magistralės režimais paskirstomi skirtingų variklio tipų ir ekologinių standartų transporto priemonių grupėms (suderinamai su COPERT III nomenklatura) proporcingai transporto priemonių skaičiams (VĮ „Regitra“ duomenys, 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 važiuota 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 emisijos 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 emisijų skaičiavimams buvo naudojami suskaičiuoti transporto priemonių grupių bendri nuvažiuoti atstumai (20 lentelė).

Lentelė 19. Kelių transporto priemonių kiekis.

Variklio tipas	Ekologinis standartas	Automobilių skaičius
Keleiviniai automobiliai		
Benzininis < 1,4 l	ECE 15/00-01	1362
Benzininis < 1,4 l	ECE 15/02	704
Benzininis < 1,4 l	ECE 15/03	6408
Benzininis < 1,4 l	ECE 15/04	34541
Benzininis < 1,4 l	PC Euro 1 - 91/441/EEC	29203
Benzininis < 1,4 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	21185
Benzininis < 1,4 l	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	9453
Benzininis < 1,4 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	14075
Benzininis 1,4 – 2 l	ECE 15/00-01	1007
Benzininis 1,4 – 2 l	ECE 15/02	1200
Benzininis 1,4 – 2 l	ECE 15/03	30096
Benzininis 1,4 – 2 l	ECE 15/04	213175
Benzininis 1,4 – 2 l	PC Euro 1 - 91/441/EEC	155973
Benzininis 1,4 – 2 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	87472
Benzininis 1,4 – 2 l	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	31260

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

Benzininis 1,4 – 2 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	31830
Benzininis >2,0 l	ECE 15/00-01	468
Benzininis >2,0 l	ECE 15/02	460
Benzininis >2,0 l	ECE 15/03	5483
Benzininis >2,0 l	ECE 15/04	49784
Benzininis >2,0 l	PC Euro 1 - 91/441/EEC	39126
Benzininis >2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	26284
Benzininis >2,0 l	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	20480
Benzininis >2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	15507
Dyzelinis <2,0 l	Conventional	52724
Dyzelinis <2,0 l	PC Euro 1 - 91/441/EEC	62312
Dyzelinis <2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	80822
Dyzelinis <2,0 l	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	89888
Dyzelinis <2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	62109
Dyzelinis <2,0 l	PC Euro 5 - EC 715/2007	26711
Dyzelinis >2,0 l	Conventional	34211
Dyzelinis >2,0 l	PC Euro 1 - 91/441/EEC	42184
Dyzelinis >2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	39090
Dyzelinis >2,0 l	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	30559
Dyzelinis >2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	11395
Dyzelinis >2,0 l	PC Euro 5 - EC 715/2007	0
LPG	Conventional	30000
LPG	PC Euro 1 - 91/441/EEC	17814
LPG	PC Euro 2 - 94/12/EEC	18000
LPG	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	2230
LPG	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	109
LPG	PC Euro 5 - EC 715/2007	851
Lengvieji krovininiai automobiliai		
Benzininis <3,5t	Conventional	2823
Benzininis <3,5t	LD Euro 1 - 93/59/EEC	660
Benzininis <3,5t	LD Euro 2 - 96/69/EEC	671
Benzininis <3,5t	LD Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	1463
Benzininis <3,5t	LD Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	291
Dyzelinis <3,5 t	Conventional	53593
Dyzelinis <3,5 t	LD Euro 1 - 93/59/EEC	9169
Dyzelinis <3,5 t	LD Euro 2 - 96/69/EEC	7985
Dyzelinis <3,5 t	LD Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	11788
Dyzelinis <3,5 t	LD Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	3701
Sunkusis krovininis transportas		
Benzininis >3,5 t	Conventional	2400
<=7,5 t	Conventional	17000
<=7,5 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	2430
<=7,5 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	1941
<=7,5 t	HD Euro III - 2000 Standards	890
<=7,5 t	HD Euro IV - 2005 Standards	1312
7,5 - 12 t	Conventional	1000
7,5 - 12 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	1090
7,5 - 12 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	823
7,5 - 12 t	HD Euro III - 2000 Standards	673
7,5 - 12 t	HD Euro IV - 2005 Standards	227
12 - 14 t	Conventional	1068

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

12 - 14 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	300
12 - 14 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	200
12 - 14 t	HD Euro III - 2000 Standards	97
12 - 14 t	HD Euro IV - 2005 Standards	34
14 - 20 t	Conventional	9087
14 - 20 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	1813
14 - 20 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	4137
14 - 20 t	HD Euro III - 2000 Standards	5028
14 - 20 t	HD Euro IV - 2005 Standards	4133
14 - 20 t	HD Euro V - 2008 Standards	0
20 - 26 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	1154
20 - 26 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	1344
20 - 26 t	HD Euro III - 2000 Standards	1485
20 - 26 t	HD Euro IV - 2005 Standards	1289
26 - 28 t	Conventional	108
26 - 28 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	207
26 - 28 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	93
26 - 28 t	HD Euro III - 2000 Standards	15
26 - 28 t	HD Euro IV - 2005 Standards	108
28 - 32 t	Conventional	93
28 - 32 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	207
28 - 32 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	270
28 - 32 t	HD Euro III - 2000 Standards	123
28 - 32 t	HD Euro IV - 2005 Standards	87
> 32 t	Conventional	111
> 32 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	67
> 32 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	135
> 32 t	HD Euro III - 2000 Standards	193
> 32 t	HD Euro IV - 2005 Standards	199
Sunkieji krovininiai automobiliai su priekaba		
14 - 20 t	Conventional	1736
14 - 20 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	1140
14 - 20 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	4137
14 - 20 t	HD Euro III - 2000 Standards	5028
14 - 20 t	HD Euro IV - 2005 Standards	4133
20 - 28 t	Conventional	113
20 - 28 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	248
20 - 28 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	257
20 - 28 t	HD Euro III - 2000 Standards	724
20 - 28 t	HD Euro IV - 2005 Standards	1017
28 - 34 t	Conventional	1
28 - 34 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	2
28 - 34 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	3
28 - 34 t	HD Euro III - 2000 Standards	15
28 - 34 t	HD Euro IV - 2005 Standards	1
28 - 34 t	HD Euro V - 2008 Standards	0
28 - 34 t	HD Euro VI	0
Autobusai		
Miesto aut. 15 - 18 t	Conventional	1000
Miesto aut. 15 - 18 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	276
Miesto aut. 15 - 18 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	145

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

Miesto aut. 15 - 18 t	HD Euro III - 2000 Standards	33
Miesto aut. 15 - 18 t	HD Euro IV - 2005 Standards	16
Tarpmiestiniai aut.<=18 t	Conventional	9806
Tarpmiestiniai aut.<=18 t	HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	1056
Tarpmiestiniai aut.<=18 t	HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	806
Tarpmiestiniai aut.<=18 t	HD Euro III - 2000 Standards	172
Tarpmiestiniai aut.<=18 t	HD Euro IV - 2005 Standards	45
Motociklai		
Keturtakčiai < 250 cm ³	Mot - Euro I	781
	Mot - Euro II	259
	Mot - Euro III	750
	Conventional	1309
Keturtakčiai 250 - 750 cm ³	Mot - Euro I	3996
	Mot - Euro II	1031
	Mot - Euro III	1237
	Conventional	1321
Keturtakčiai > 750 cm ³	Mot - Euro I	386
	Mot - Euro II	308
	Mot - Euro III	843
Mopedai	Conventional	20199
	Mot - Euro I	1102
	Mot - Euro II	1473
	Mot - Euro III	3713

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

Transporto priemonė	Nuvažiutas atstumas, km
Keleiviniai automobiliai	13 008 209 253
Lengvieji krovininiai automobiliai	3 081 711 323
Sunkieji krovininiai automobiliai	3 120 526 744
Autobusai	238 191 051
Motociklai	2 347 548
Mopedai	13 163 858

3.1.2. Sieros dioksido (SO₂) emisijos

SO₂ emisijos nustatomos laikant, kad kure esanti sierra yra pilnai transformuojama į SO₂ ir naudojantis formule:

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

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) emisijų faktoriai [g/kg].

Kuro rūšis	k	Emisijos faktorius
Benzinas	0,0005	1
Dyzelinas	0,002	4

3.1.3. Švino (Pb) ir kitų sunkiųjų metalų emisijos

Švino emisijos nustatomos laikant, kad 75% esančio kure švino emituojama į orą (Institute of Environmental Protection, 2004):

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

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 emisijos faktorių (22 lentelė).

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

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

Sunkiųjų metalų emisijos priklauso nuo jų kiekio kure, todėl emisijos skaičiuojamos pagal sudegintą kurą. Sunkiųjų metalų kiekio kure emisijos faktoriai pateikti 22 lentelėje (Institute of Environmental Protection, 2004). Suskystintos dujos (LPG) savo sudėtyje sunkiųjų metalų neturi, dėl to deginantiesiems LPG automobiliams metalų emisijos neskaičiuojamos.

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

Kategorija	Kadmis	Varis	Chromas	Nikelis	Selenas	Cinkas
Kelių transporto priemonės	0,01	1,7	0,05	0,07	0,01	1

Atsižvelgiant į kitų sunkiųjų metalų emisijas, numatyti emisijų 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 emisijos

PAH ir dioksinų/furanų emisijos faktoriai buvo imami iš (European Environment Agency, 2009; Institute of Environmental Protection, 2004) šaltinio, PCB – iš (Institute of Environmental Protection, 2004) šaltinio (24 lentelė). Emisijos faktorius perkeliama į emisijų inventoriaus duomenų bazę, emisijos 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 emisijų faktoriai, [$\mu\text{g}/\text{km}$].

Teršalas	Emisijos 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	1,03	0,39	0,70	2,54	1,40	0,01
Benzo(k)fluorantenas	0,30	0,26	0,19	2,87	6,09	0,01
Benzo(b)fluorantenas	0,88	0,36	0,60	3,30	5,45	0

Benzo(a)pirenas	0,48	0,32	0,63	2,85	0,90	0,01
PCB	0,0012	0,0012	0,05	0,05	5,39	0
Dioksinai ir furanai [ng Tek/km]	0,0315	0,0315	0,0015	0,0015	0,0109	0

3.2. Kelių transporto eksploatavimo kuro nuostolių emisijos

CORINAIR duomenų bazėje sukaupti duomenys parodė, kad ES apie 25 % bendros LOJ emisijos išmetama transporto sektoriuje dėl kuro išgaravimo nuostolių (U.S. Environmental Protection Agency, 1998; Institute of Environmental Protection, 2004). Tai reiškia, kad garavimo nuostoliai turi didelę įtaką bendrai LOJ emisijai iš transporto priemonių.

Metodika, aprašoma EMEP/CORINAIR emisijos inventorizavimo vadov;(2003) (U.S. Environmental Protection Agency, 1998; Institute of Environmental Protection, 2004), yra skirta paros emisijos (nuostolių)*, karšto kuro emisijos* ir eigos nuostolių*, kurie yra pirminiai garavimo emisijos iš lengvųjų automobilių šaltiniai, įvertinimui (NFR sektorius 1A3b v). Ši metodika taikoma benzininiams lengviesiems automobiliams. Pagrindinė lygtis garavimo emisijos apskaičiavimui:

$$E_{eva,VOC,j} = 365 \cdot a_j (e^d + S^c + S^{fi}) + R, \quad (3)$$

čia $E_{eva,VOC,j}$ yra LOJ emisija dėl garavimo nuostolių iš j kategorijos transporto priemonių [g], a_j - benzininių transporto priemonių skaičius j kategorijoje, e^d - vidutinis emisijos faktorius paros nuostoliams iš benzinu varomų automobilių su metaliniais bakais, priklausantis nuo vidutinės mėnesio aplinkos temperatūros, temperatūros parinio svyravimo ir kuro lakumo [g/transporto priemonė], S^c - vidutinis karšto ir šilto kuro emisijos faktorius benzinu varomoms transporto priemonėms su karbiuratoriumi [g/transporto priemonė], S^{fi} - vidutinis karšto ir šilto kuro emisijos faktorius benzinu varomoms transporto priemonėms su kuro įpurškimu [g/transporto priemonė] ir R - karšti ir šilti eigos nuostoliai [g].

Be to:

$$S^c = (1 - q) \cdot (p \cdot x \cdot e^{s,hot} + w \cdot x \cdot e^{s,warm}), \quad (4)$$

$$S^{fi} = q \cdot e^{fi} \cdot x, \quad (5)$$

$$R = m_j \cdot (p \cdot e^{r,hot} + w \cdot e^{r,warm}), \quad (6)$$

čia $e^{s,hot}$ yra karšto kuro emisijos vidutinis emisijos faktorius (priklausantis nuo RVP), $e^{s,warm}$ - šalto ir šilto kuro emisijos vidutinis emisijos faktorius (priklausantis nuo RVP ir t_a), e^{fi} - karšto ir šilto kuro emisijos vidutinis emisijos faktorius benzinu varomoms transporto priemonėms su kuro įpurškimu, $e^{r,hot}$ - karštos eigos nuostolių vidutinis emisijos faktorius benzinu varomoms transporto priemonėms (priklausantis nuo RVP ir t_a), $e^{r,warm}$ - šiltos eigos nuostolių vidutinis emisijos faktorius benzinu varomoms transporto priemonėms (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 °C) arba prieš įsijungiant

* Paros nuostoliai – garavimo emisija, susijusi su aplinkos temperatūros pokyčiu paros bėgyje, Dienos metu, kylant aplinkos temperatūrai, kuro bake vyksta garų plėtimasis,

* Karšto kuro emisija – emisija, kuri vyksta kai įkaitęs variklis yra išjungtas, įkaitęs variklis ir išmetimo sistema didina kuro, esančio sistemoje ir nebecirkuliuojančio, temperatūrą,

* Eigos nuostoliai – variklio veikimo metu kuro bake vykstantis garavimo procesas,

katalizatoriui, frakcija (priklauso nuo vidutinės mėnesio aplinkos temperatūros ir vidutinio apskaičiuoto kelionės ilgio, l_{trip}) [%], x - vidutinis transporto priemonės kelionių skaičius per dieną, metinis vidurkis ($x = v_j / (365 \cdot l_{trip})$), m_j - j kategorijos benzinu varomos transporto priemonės bendra metinė rida [km].

Emisijos 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, Eggleston (TNO, 1995), Heine (Ntziachristos L. and Samaras) ir JAV Aplinkos apsaugos agentūra (U.S. Environmental Protection Agency, 1990) metodikomis.

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

Be technologinių išraiškų skirtumo, nustatant LOJ garavimo emisiją pagal Gorißen (Transporto ir kelių tyrimo institutas, 2005) 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 emisijos faktoriai ir emisijos sparta (U.S. Environmental Protection Agency, 1998). Jie apskaičiuoti Lietuvai naudojantis oficialiais VĮ „Regitra“ duomenimis apie transporto priemonių kiekį 2008 metais. Emisijų faktoriai (U.S. Environmental Protection Agency, 1998) literatūroje pateikti žiemos ir vasaros sezonams atskirai; įvedant emisijos faktorius į emisijų inventoriaus duomenų bazę atitinkami vasaros ir žiemos sezonų emisijų faktoriai sudedami – gaunami metiniai emisijų faktoriai. Paros ir karšto kuro, eigos nuostolių emisijos skaičiuojamos kiekvienai kelių transporto kategorijai atskirai; skaičiavimams naudojami VĮ „Regitra“ transporto priemonių registro duomenys ir mūsų įvertintos transporto priemonių ridos (20 lentelė 2.1. skyriuje).

Lentelė 25. Benzino garavimo NMLOJ emisijų faktoriai (U.S. Environmental Protection Agency, 1998).

	NMLOJ emisijos faktoriai	Vienetai
Lengvieji automobiliai		
Paros ir karšto kuro emisijos vasarą	3642,00	g/transporto priemonei
Paros ir karšto kuro emisijos žiemą	4807,00	g/transporto priemonei
Eigos nuostoliai vasarą	0,022	g/km
Eigos nuostoliai žiemą	0,006	g/km
Lengvieji sunkiasvariai automobiliai		
Paros ir karšto kuro emisijos vasarą	3642,00	g/transporto priemonei
Paros ir karšto kuro emisijos žiemą	4807,00	g/transporto priemonei
Eigos nuostoliai vasarą	0,022	g/km
Eigos nuostoliai žiemą	0,006	g/km
Motociklai		
Paros ir karšto kuro emisijos vasarą	1457,00	g/transporto priemonei
Paros ir karšto kuro emisijos žiemą	1923,00	g/transporto priemonei
Eigos nuostoliai vasarą	0,009	g/km
Eigos nuostoliai žiemą	0,002	g/km

3.3. Automobilių padangų, stabdžių trinkelėlių ir kelio dangos dėvėjimosi emisijos

Automobilių 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 emisijų skaičiavimams naudojami ECOLAS, 2006) literatūroje pateikti emisijų faktoriai (26 ir 27 lentelės). PM_{2,5} emisijų skaičiavimams naudojami (International Institute for Applied Systems Analysis, 2002) literatūroje pateikti emisijų faktoriai (28 lentelė). Autobusų emisijų skaičiavimui taikomi sunkiųjų krovinių automobilių emisijų faktoriai.

Sunkiųjų metalų emisijos skaičiuojamos pagal šią lygtį (ECOLAS, 2006):

$$E = A \cdot EF \cdot SF, \quad (7)$$

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

Lentelė 26. Automobilių padangų, stabdžių ir kelio dangos dėvėjimosi TSP emisijos faktoriai (ECOLAS, 2006).

Transporto priemonės rūšis	Emisijos 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 emisijos faktoriai (ECOLAS, 2006).

Transporto priemonės rūšis	Emisijos 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 $KD_{2,5}$ emisijos faktoriai (International Institute for Applied Systems Analysis, 2002).

Transporto priemonės rūšis	Emisijos 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 (ECOLAS, 2006).

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	40
Cu	174	51112	12
Ni	33,6	463	20
Pb	107	3126	15
Zn	7434	8676	35

4. NE KELIŲ TRANSPORTAS IR KITOS MAŠINOS

Šis skyrius apima ne kelių transporto, tokio kaip geležinkelių, oro ir vandens transporto bei žemės ūkio ir statybų mašinų emisijos skaičiavimo metodiką. Emisijos skaičiavimo metodika paremta kuro sunaudojimo duomenimis, kurie dauginami iš atitinkamų emisijos faktorių. Jų skaičiavimo formulė:

$$E_i = FC \cdot EF_i \quad (8)$$

čia E_i – teršalo i emisija per tam tikrą laiką; FC – kuro sunaudojimas; EF_i – teršalo i emisijos vidurkis sunaudoto kuro vienetai.

SO₂ emisijos faktoriai mazutui ir aviaciniam benzinui suskaičiuojami TNO (1995) metodikoje nurodytą daugiklį padauginus iš kuro sieringumo. Skaičiavimo rezultatai pateikti 30 lentelėje.

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

Kuro rūšis	Daugiklis	Kuro sieringumas, %	Emisijos faktorius
Aviacinis benzinai	0,5	0,01	0,005
Mazutas	0,488	2,2	1,073

Vandens transporto TSP, PM₁₀ ir PM_{2,5} emisijos faktoriai paimti iš (U.S. Environmental Protection Agency (1998)) literatūros (31-32 lentelės).

Lentelė 31. Vandens transporto TSP, PM₁₀ ir PM_{2,5} emisijos 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	123	121

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, emisijos faktoriai perkelti į emisijų inventoriaus duomenų bazę iš nacionalinių emisijos faktorių duomenų bazės, sudarytos pagal TNO (1995) metodikoje pateiktus emisijos faktorius. PM₁₀ ir PM_{2,5} emisijos faktoriai suskaičiuojami pagal TSP emisijos faktorius ir (U.S. Environmental Protection Agency (1998)) šaltinyje nurodytus kietųjų dalelių dydžių pasiskirstymus (33 lentelė).

Tarptautinių skrydžių lėktuvų pakilimo – nusileidimo ciklą (LTO) emisija skaičiuojamos pagal pakilimų – nusileidimų kiekį, (European Environment Agency, 2009) šaltinyje pateikti įvairių lėktuvų modelių LTO emisijos 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 emisijų inventoriaus duomenų bazę lėktuvų modelių emisijos faktoriai perskaičiuojami į [g/GJ].

Lentelė 33. Emisijos 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	1040	35,6	146,7	146,7

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

Sunkiųjų metalų emisijos faktoriai buvo imami iš (European Environment Agency, 2009) šaltinio, kuriame nurodomi emisijos faktoriai iš dyzelinių ir benzininių variklių, taip pat mazuto bei distiliuoto kuro (gazolio), naudojamų vandens transporte (34 lentelė).

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

Teršalai	Emisijos 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 emisijos faktoriai buvo imami iš (European Environment Agency, 2009) šaltinio, kuriame nurodomi emisijos faktoriai dyzeliniams ir keturtakčiams benzininiams varikliams. Dvitačiams benzininiams varikliams POP emisijos faktoriai minėtoje literatūroje nenurodomi. Be to, nėra duomenų, kiek ne kelių transporto sektoriuje yra dvitačių ir kiek keturtakčių benzininių variklių, todėl POP emisijos iš sudeginto benzino šiame sektoriuje skaičiuojamos naudojant keturtakčių benzininių variklių emisijos faktorius (35 lentelė).

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

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

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

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

Kuro rūšis	NAPFUE kodas	Energetinė vertė
Automobilių benzinas	208	43,8
Dyzelinas	205	42,7
Gazolis	204	43,0
Mazutas	203	40,0
Žibalas	206	43,0
LPG	303	46,0
Aviacinis kuras	209	44,0
Reaktyvinių variklių kuras	207	43,8

Ne kelių transporto emisijos skaičiuojamos pagal sudeginto kuro kiekį šiame sektoriuje. Sudeginto kuro kiekiai šiame sektoriuje buvo imami iš statistikos departamento leidinio „Kuro ir energijos balansas 2008“, lėktuvų pakilimo – nusileidimo ciklą (LTO) skaičius buvo imamas iš statistikos departamento leidinio „Transportas ir ryšiai 2008“ (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 skaičiuojamos tik benzino, dyzelino ir LPG deginimo emisijos kaip ne kelių transporto emisijos – laikoma, kad tik šios kuro rūšys deginamos mobiliuose taršos šaltiniuose. Kitų kuro rūšių deginimo žemės ūkio ir statybos sektoriuose emisijos skaičiuojamos kaip stacionarių taršos šaltinių emisijos.

Lentelė 37. Sektorių pagal statistikos departamento leidinį „Kuras ir energijos balansas 2008“ 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 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	25,18	15632	393,613	1306,387

5. GAMINIŲ GAMYBOS PROCESAI

Šis skyrius apima gamybos procesų emisijas, patenkančias į NFR sektorius 2A, 2B ir 2D. Lietuvos gamybos procesų emisijos 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 2008“. 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 emisijos 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 sūrymu žuvų filė, išskyrus rūkytą
1520135300	2D2 4m	Rūkytos Ramiojo vandenyno, Atlanto ir Dunojaus lašišos (įskaitant filė)
1520135500	2D2 4m	Rūkytos silkės (įskaitant filė)
1520135900	2D2 4m	Rūkyta žuvis (įskaitant filė) (išskyrus Ramiojo vandenyno, Atlanto ir

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

		Dunojaus lašišas, silkės)
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 maišytais mišiniais
1582125500	2D2 4c	Saldieji sausainiai ir paplotėliai (įskaitant sumuštinių paplotėlius) (išskyrus visiškai ar dalinai padengtus ar apipiltus šokoladu ar kitais su šokoladu maišytais mišiniais)
1582125900	2D2 4c	Vafliai ir vafliukai (įskaitant sūrius) (išskyrus visiškai ar dalinai padengtus ar apipiltus šokoladu ar kitais su šokoladu maišytais 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 maišytais 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, apkepų 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 kaip 45,4 %
1591108000	2D2 3	Spiritai, likeriai ir kiti spirituoti gėrimai (išskyrus spiritus,

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

		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 vynas, kurio faktinė tūrinė alkoholio koncentracija didesnė kaip 8,5 % (išskyrus šampaną)
1593121300	2D2 1	Nerūšinis baltasis vynas, 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 vynu, pagamintus konkrečiame rajone)
1594100010	2D2 1	Vaisių ir uogų vynas
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 plėtrujį polistireną)
2416302500	2B5 j2	Pirminių formų plastifikuotas su kitomis medžiagomis sumaišytas polivinilchloridas
2416513000	2B5 j3	Pirminių formų polipropilenas
2652103300	2A2	Negesintos kalkės

Gamybos procesų emisijos faktoriai paimti iš (Institute of Environmental Protection, 2004) šaltinio ir CORINAIR duomenų bazės. Apibendrinti emisijos faktoriai pateikti 40 ir 41 lentelėse.

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

Procesas	PM emisijos faktorius
Kalkių gamyba	2967

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

Procesas	NMLOJ emisijos 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 emisijos

Naminių gyvulių ir paukščių kiekiai buvo imami iš Statistikos Departamento leidinio „Žemės ūkis 2008“. Mėšlo tvarkymo emisijos paskirstytos tarp regionų pagal naminių gyvulių kiekį apskrityse. Pertvarkyti pagal CORINAIR nomenklatūrą naminių gyvulių ir paukščių kiekiai apskrityse pateikti 42 ir 43 lentelėse. Naminių gyvulių rūšių susiejimas su NFR kodu pateiktas 44 lentelėje.

Lentelė 42. Naminių gyvulių kiekis visuose ūkiuose 2009 metų sausio 1 d.

Naminiai gyvuliai ir paukščiai	Kiekis, vnt.
Karvės	404490
Maistinės kiaulės	819007
Paršavedės kiaulės	65200
Avys	47516
Ožkos	16580
Arkliai	54421
Naminiai paukščiai	9874824

Lentelė 43. Naminių gyvulių ir paukščių skaičius apskrityse 2009 m, sausio 1 d.

Apskritis	Galvijai	Karvės	Kiaulės	Avys	Ožkos	Arkliai	Naminiai paukščiai
Alytaus	40600	22514	38198	3835	600	6376	311100
Kauno	104061	54552	151541	4881	2755	8055	2625000
Klaipėdos	77139	35401	68534	1399	1234	3780	539500
Marijampolės	89743	44126	114615	1678	1347	4062	254900
Panevėžio	99569	54175	128305	6968	2667	4242	901700
Šiaulių	115618	60057	191611	2951	2833	5943	419700
Tauragės	81511	38256	59634	1960	948	4354	160100
Telšių	65408	30178	37126	4260	1583	3058	739100
Utenos	57136	30359	56008	9606	2223	6370	308700
Vilniaus	57130	34672	77626	5760	3488	9667	3615000
Viso	787915	404490	923198	43298	19678	55907	9874800

Lentelė 44. Naminių paukščių kiekis apskrityse 2009 metų sausio 1 d.

Apskritis	Broileriai	Vištos dedeklės	Kiti naminiai paukščiai
Alytaus	57	116693	43041
Kauno	205	244889	17615

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

Klaipėdos	680	143394	12306
Marijampolės	1046	189282	18119
Panevėžio	1928	183526	13756
Šiaulių	2768	258178	17862
Tauragės	677	148954	4033
Telšių	1205	109095	3747
Utenos	1801	113643	4945
Vilniaus	24035	211354	7812
Viso	34402	1719008	143236

Naminių gyvulių mėšlo tvarkymo emisijos faktoriai buvo imami iš (European Environment Agency, 2009) literatūros ir CORINAIR duomenų bazės (45 lentelė).

Lentelė 45. Naminių gyvulių mėšlo tvarkymo NH₃ emisijos faktoriai [g/galvai].

NFR kodas	Sektorius	NH ₃ emisijos 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	Broileriai (mėšlo tvarkymas)	280
4B9 h	Vištos dedeklės (mėšlo tvarkymas)	370
4B9 o	Kiti naminiai paukščiai (mėšlo tvarkymas)	920

6.2. Tiesioginė NH₃ emisija iš dirvos

Tiesioginės NH₃ emisijos iš dirvos vertinimui (NFR kodas 4D1 i) buvo imamas Lietuvoje parduotų azoto trąšų kiekis iš Statistikos Departamento leidinio „Gaminių gamyba 2008“. 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 masės (46 lentelė). Laikoma, kad Lietuvoje pagamintų ir parduotų trąšų masė lygi Lietuvoje sunaudotų trąšų masei.

Lentelė 46. 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
20.15.33.00.00	Amonio nitratas (išskyrus plytelių (ar panašaus) pavidalo arba pakuotėse, kurių masė ne didesnė kaip 10 kg)	1
20.15.35.30.00	Amonio nitrato mišiniai su kalcio karbonatu, kuriuose azoto yra ne daugiau kaip 28 % masės	1

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

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
20.15.39.90.00	Kitos, niekur kitur nepriskirtos, mineralinės arba cheminės azoto trąšos	1
20.15.71.30.00	Trąšos, kuriose yra azoto, fosforo bei kalio ir kuriose azoto yra daugiau kaip 10 % trąšų masės	0,1
20.15.71.80.00	Trąšos, kuriose yra azoto, fosforo bei kalio ir kuriose azoto yra ne daugiau kaip 10 % trąšų masės	0,1

Tiesioginė NH₃ emisija iš dirvos skaičiuojama pagal žemės ūkyje sunaudotų azotinių trąšų azoto masę. Tiesioginės NH₃ emisijos iš dirvos faktorius buvo imamas iš (European Environment Agency, 2009) šaltinio. Gauti rezultatai pateikiami 47 lentelėje.

Lentelė 47. Tiesioginės NH₃ emisijos iš dirvos.

<i>Trąšų sunaudojimas, [t]</i>	<i>Emisijos faktorius, [g NH₃/t N]</i>
23914	80000

7. KITI EMISIJOS 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 perdavimo įmonėje (NFR kodas 1B2a iv). Naftos gavybos, benzino ir dyzelino bendrojo suvartojimo Lietuvoje duomenys buvo imami iš Statistikos Departamento leidinio „Kuro ir energijos balansas 2008“. 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 emisijos tipai (ECOLAS, 2006):

- garavimo nuostoliai: produkto nuostoliai (praradimas) per talpyklos plaukiojančio pontono („plaukiojančio stogo“) ir sienelių sujungimus, per talpyklos plaukiojančio pontono („plaukiojančio stogo“) ir atramų, laikančių 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 benziną ir dyzeliną 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 išpylimo iš talpyklų metu susidarančių 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 benzinas būtų saugojamas talpyklose su plaukiojančiais pontonais (European Parliament and Council Directive 94/63/EC). 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 žaliavą į laivą, emisijos 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 iš 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 benzinvežių 105 vnt.

Pagrindiniai degalinių savininkai Lietuvoje yra šios bendrovės, kurios yra traktuojamos kaip degalinių tinklo savininkės (48 lentelė).

Lentelė 48. Lietuvos degalinės ir atitikimas direktyvos 94/63/EC reikalavimams.

Degalinės		Atitikimas
- 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 automobilių, įskaitant garų slėgio ir meteorologinių sąlygų sezoninius svyravimus bei vasarinio ir žieminio benzino naudojamą, siekia 1,2335 kg/m³.

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 automobilių, apskaičiuojama taip: *perpumpuotas benzino kiekis * 1,2335*. Išsiliejimo nuostoliai apskaičiuojami tokiu būdu: *perpumpuotas benzino kiekis * 0,08*. Dyzelinio kuro paskirstymui nenumatyta jokių emisijos mažinimo priemonių. Specifinė NMLOJ emisija užpildant talpyklas dyzelinu ir pilant jį į automobilio baką, sudaro 0,0074 kg/m³. NMLOJ emisijos faktorius išsiliejus dyzelinui sudaro 0,080 kg/m³. Vadinasi, NMLOJ emisija paskirstant dyzeliną degalinėse siekia: 5 tonas užpildant talpyklas dyzelinu, 5 tonas pilant dyzeliną į automobilių batus ir 54,4 tonos - dėl išsiliejimo.

Literatūroje (ECOLAS, 2006) pateiktos suskaičiuotos ir detalizuotos kuro nuostolių emisijos 2003 metams atsižvelgiant į Lietuvoje naudojamų kuro talpyklų technines charakteristikas bei jų atitikimą direktyvos 94/63/EC reikalavimams. Naudojantis šiais rezultatais buvo apskaičiuoti emisijų faktoriai 2005 metų emisijų skaičiavimams (49 lentelė).

Lentelė 49. Kuro nuostolių NMLOJ emisijos 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 emisijos (NFR sektoriai 3A, 3B ir 3D). Šių sektorių emisijos suskaičiuotos pagal gyventojų skaičių 2009 metų pradžioje. (European Environment Agency, 2009) šaltinyje pateikti įvairių Europos šalių vidutiniai NMLOJ emisijos faktoriai [g/gyventojui]. Apibendrinti ir emisijos skaičiavime naudoti NMLOJ emisijos faktoriai pateikti 50 lentelėje.

Lentelė 50. Cheminių medžiagų naudojimo NMLOJ emisijos faktoriai, [g/gyventojui]

NFR kodas	Veikla	NMLOJ emisijos 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 emisijos

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 (g (sausos svorio) m^{-2}), ir aplinkos korekcijos faktorius γ (be dimensijos). Emisijos srautas ($\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$) modeliuojamas pagal formulę:

$$F = \mathcal{E}D\gamma, \quad (1)$$

Aplinkos korekcijos faktoriai izoprenui ir monoterpeniui:

Izoprenui (Guenther, 1993, U.S. Environmental Protection Agency, 1998):

$$\gamma_{ISO} = C_T C_L, \quad (2)$$

čia C_T yra temperatūros korekcija, C_L – šviesos korekcija.

Šviesos korekcija:

$$C_L = \frac{\alpha C_{L1} L}{\sqrt{1 + \alpha^2 L^2}}, \quad (3)$$

čia L fotosintetiškai aktyvaus fotono srauto tankis (PPFD), $\mu\text{mol fotonų m}^{-2} \text{s}^{-1}$, $\alpha = 0.0027$ ir $C_{L1} = 1.066$ empiriniai koeficientai.

Temperatūros korekcija:

$$C_T = \frac{\exp\left(\frac{C_{T1}(T - T_S)}{RT_S T}\right)}{C_{T3} + \exp\left(\frac{C_{T2}(T - T_M)}{RT_S T}\right)}, \quad (4)$$

čia T yra 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 (Guenther, 1993).

Monoterpeniui:

$$\gamma_{TERP} = \exp(\beta(T - T_S)), \quad (5)$$

čia $\beta = 0.09 \text{ C}^{-1}$ empirinis koeficientas.

Lentelė 51. Integruotų aplinkos faktorių vidutinės reikšmės, Γ -iso ir Γ -mts yra 6-iems 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 52. Žemės naudmenų emisijos faktoriai ir plotas, [g/ha] (LIETUVOS CORINE ŽEMĖS DANGA).

Žemės danga	Plotas, [ha]	NMVOC emisijos 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

Emisijos skaičiavimas apima anglies emisijos iš gaisro vietos įvertinimą ir dujų emisijos vertinimą, naudojantis emisijos santautykliais, atsižvelgiant į anglies kiekį.

Pagrindinis anglies masės $M(C)$ įvertinimas atliekamas pasinaudojant metodiką.

$$M(C) = 0.45 \times A \times B \times \alpha \times \beta, \quad (1)$$

čia 0,45 yra vidutinė anglies frakcija sudegintoje medienoje, "A" yra išdegusio miško plotas (m^2), "B" vidutinė sudegintos medžiagos biomasė ploto vienetu (kg/m^2), " α " - vidutinė sudegintos medžiagos biomasės frakcija, susijusi su bendra biomasė B, " β " - biomasės degimo efektyvumas (Spanish CORINAIR 1990-93 inventories). Šie emisijos faktoriai pateikti 53 – 54 lentelėse.

Lentelė 53. 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 54. Sudeginto miško plotas ir emisijos faktoriai (g/ha) (Lietuvos miškų ūkio statistika).

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

8. 2009 METŲ LIETUVOS NACIONALINĖS EMISIJOS

Remiantis 1 – 6 skyriuose išdėstyta emisijų vertinimo metodologija buvo sudaryta emisijų inventoriaus duomenų bazė ir atskirai kiekvienam detaliausio lygio išplėstinės NFR nomenklatūros sektoriui suskaičiuoti išmestų į atmosferą teršalų kiekiai. Išmestų į atmosferą teršalų kiekiai buvo 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. 54 lentelėje pateiktos suskaičiuotos Lietuvos 2009 metų nacionalinės teršalų emisijos. Pagal NFR sektorių nacionalines emisijas išskirti kiekvienos teršiančios medžiagos pagrindiniai šaltiniai, įvertintas kiekvieno pagrindinio šaltinio indėlis į nacionalines sumines emisijas. Gauti rezultatai pateikti 55 – 56 lentelėse, kuriose sektoriai surūšiuoti emisijos mažėjimo tvarka. Pagrindiniais šaltiniais laikomi tie sektoriai, kurių suminės emisijos sudaro 95% nacionalinių emisijų.

Lentelė 55. Lietuvos nacionalinės suminės 2009 metų emisijos

Pagrindiniai sektoriai									(%)
SOx	1 B 2 a iv (15.9%)	1 A 1 c (14.1%)	1 A 4 b i (10.9%)	1 A 1 a (10.2%)	1 A 4 a i (9.0%)	1 A 1 b (8.3%)	1 A 2 f ii (7.9%)	1 A 3 b iii (6.4%)	82.7
NOx	1 A 3 b iii (33.5%)	1 A 3 b i (20.4%)	1 A 1 a (8.3%)	1 A 3 c (7.8%)	1 A 3 b ii (5.3%)	1 A 1 c (4.5%)	1 A 2 f ii (3.6%)		83.4
NH₃	4 B 1 a (40.6%)	4 B 8 (22.2%)	4 B 1 b (19.3%)						82.1
NMVOC	3 A 2 (21.6%)	1 A 4 b i (14.9%)	1 A 3 b i (12.9%)	2 D 2 (12.9%)	1 B 2 a iv (8.4%)	3 D 2 (3.8%)	1 B 2 a v (3.2%)	1 A 2 f i (3.2%)	80.9
CO	1 A 4 b i (44.9%)	1 A 3 b i (36.4%)							81.3
TSP	1 A 4 b i (27.8%)	1 A 1 a (14.1%)	1 A 2 f ii (13.2%)	1 A 1 c (11.2%)	1 A 4 a i (8.6%)	1 A 3 b iii (7.6%)			82.5
PM₁₀	1 A 4 b i (31.5%)	1 A 1 a (15.7%)	1 A 2 f ii (11.4%)	1 A 3 b iii (7.5%)	1 A 1 c (7.3%)	1 A 3 b ii (6.7%)			80.3
PM_{2.5}	1 A 4 b i (36.7%)	1 A 1 a (18.0%)	1 A 2 f ii (9.3%)	1 A 3 b iii (8.8%)	1 A 3 b ii (8.3%)				81.1
Pb	1 A 3 b i (73.3%)	1 A 3 b vi (9.3%)							82.5
Hg	1 A 1 a (87.9%)								87.9
Cd	1 A 1 a (64.1%)	1 A 1 b (20.9%)							85.0
DIOX	1 A 4 b i (80.9%)								80.9
PAH	1 A 4 b i (92.6%)								92.6

Lentelė 56. Lietuvos nacionalinės 2009 metų emisijos.

Teršalas	Emisija, Gg
NO _x [Gg]	64,844
CO [Gg]	205,867
NMLOJ [Gg]	69,871
SO _x [Gg]	36,077
NH ₃ [Gg]	28,382
TSP [Gg]	15,218

PM10 [Gg]	12,135
PM2,5 [Gg]	9,559
Pb [Mg]	6,960
Cd [Mg]	0,453
Hg [Mg]	1,552
Dioksinai ir furanai [g Tek]	10,666
Benzo(a)pirenas [Mg]	3,516
Benzo(b)fluorantenas [Mg]	3,902
Benzo(k)fluorantenas [Mg]	2,306
Indeno(1,2,3-cd)pirenas [Mg]	5,063
Policikliniai aromatiniai angliavandeniliai [Mg]	14,789
As [Mg]	0,232
Cr [Mg]	1,600
Cu [Mg]	13,539
Ni [Mg]	8,475
Se [Mg]	0,045
Zn [Mg]	6,571

Neįvertintų šaltinių emisijos gali turėti įtakos pagrindinių šaltinių identifikavimui, Neįvertintų šaltinių indėlis į sumines pagrindinių teršalų nacionalines emisijas apskaičiuotas pagal Europos šalių emisijų inventoriaus bendrą statistiką, pateiktą (Institute of Environmental Protection, 2004) šaltinyje. Gauti rezultatai pateikti 55 lentelėje. Šio skaičiavimo tikslas buvo išsiaiškinti ar neįvertinti šaltiniai gali turėti įtakos SO₂, NO_x, NMLOJ, CO, NH₃ ir TSP teršalų pagrindinių šaltinių identifikavimui, taip pat įvertinti šalies minėtų teršalų emisijų inventoriaus išsamumą.

Neįvertinti SO₂, CO, NMLOJ ir NH₃ emisijų šaltiniai neturi įtakos pagrindinių šaltinių identifikavimui. Neįvertinti TSP emisijų šaltiniai neturėtų įtakoti pagrindinių šaltinių identifikavimo. Neįvertinti NO_x emisijų šaltiniai nėra ypatingai svarbūs. Svarbiausi neįvertinti pagrindinių teršalų šaltiniai yra tiesioginės emisijos iš dirvos (NO_x indėlis – 3,5 %) ir stogų dengimas bitumu (TSP indėlis – 1,7 %). Šie šaltiniai gali būti įtraukti į pagrindinių šaltinių sąrašą, todėl reikia paruošti šių šaltinių teršalų emisijų skaičiavimo metodiką ir įvertinti minėtų teršalų emisijas.

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, išmestų į atmosferą kiekių (emisijos) inventorizacija, suskaičiuotos sektorių emisijos, įvertintos EMEP tinklelio gardelių kritinės apkrovos. Emisijos įvertintos pagal nacionalinę arba EMEP/CORINAIR metodiką, keleto sektorių kai kurių teršalų emisijos įvertintos pagal užsienio šalių metodikas. Kelių transporto emisijos įvertintos pagal COPERT IV metodiką. Vertinant pastangas mažinti išmetamų teršalų kiekius ir pažangą dažnai naudojamas rodiklis, apibūdinantis dabartinę būklę 1990 m. lygio atžvilgiu, todėl atlikta išmestų į atmosferą teršalų kiekių inventorizacija 1990 ir 1995 metams.

2009 metų šalies pagrindinių teršalų emisijos neviršija nacionalinių limitų:

- SO₂ šalies emisija – 31,5 kt/metus (limitas – 145 kt/metus);
- NO_x šalies emisija – 67,7 kt/metus (limitas – 110 kt/metus);
- NMLOJ šalies emisija – 71,5 kt/metus (limitas – 92 kt/metus);
- NH₃ šalies emisija – 31,5 kt/metus (limitas – 84 kt/metus),

2009 metų emisijų vertinimo metu patobulinta kelių transporto aktyvumo duomenų inventorizacija: emisijų inventoriaus duomenų bazėje atnaujinti eismo intensyvumo duomenys, remiantis atliktais naujausiais 2009 metų eismo intensyvumo tyrimais Lietuvos krašto ir magistraliniuose keliuose, kurie buvo panaudoti kelių transporto emisijos vertinimui pagal COPERT IV metodiką; remiantis VĮ “Regitra” kelių transporto registru, surinkti ir įvesti į emisijų inventoriaus duomenų bazę kelių transporto registracijos duomenys, reikalingi kelių transporto vertinimui pagal COPERT IV metodiką.

Kelių transporto aktyvumo duomenų inventorizacijos patobulinimai leido geriau įvertinti kelių transporto emisijas 2009 metais bei ženkliai pagerino 2009 metų Lietuvos nacionalinių emisijų inventorių, atsižvelgiant į tai, kad kelių transporto sektorius smarkiai įtakoja CO, NMLOJ ir NO_x šalies emisijas. Patobulinta emisijų inventorizavimo ir vertinimo sistema: kelių transporto emisijos vertinimo sistema pagal COPERT IV metodiką integruota į bendrą emisijų vertinimo sistemą; įvertintos biogeninės emisijos ir miškų gaisrų emisijos.

Atlikti emisijų inventorizavimo ir vertinimo sistemos patobulinimai leido efektyviau atlikti emisijų inventorizavimo, vertinimo ir ataskaitų Europos komisijai generavimo darbus. Atnaujinta emisijų inventoriaus duomenų bazės struktūra leidžia saugoti daugiau su emisijomis susijusios svarbios informacijos.

Išmestų į atmosferą teršalų 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. Skystojo biokuro dalies didėjimas ir transporto parko atnaujinimo sparta (naujieji ekologiniai standartai) nekompensuoja transporto sektoriuje didėjančio transporto kiekio ir su tuo susijusių sunkiųjų naftos produktų bei suskystintų naftos dujų sąnaudų didėjimo.

LITERATŪRA

- Directive 2001/81/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2001 on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants.
- ECOLAS, Devoldere, K., Van Hyfte, A., Callebaut, K. and Vermoote S. (2006), Proposed improvements for the system for emission control in Lithuania.
- European Environment Agency (2009), EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook.
- 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.
- 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).
- Institute of Environmental Protection (2004), Emission Inventory of SO₂, NO₂, NH₃, CO, PM, NMVOCs, HMs, and POPs in Poland in 2002.
- International Institute for Applied Systems Analysis (2002), Modelling Particulate Emissions in Europe.
- Jaskelevičius, B. (1997), Organinio kuro degimo produktų emisijos faktoriai, Vilnius.
- 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).
- Spanish CORINAIR 1990-93 inventories
- Statistikos Departamentas (2009), Gaminių gamyba 2008, ISSN 1648-5777, psl. 140.
- Statistikos Departamentas (2009), Kuro ir energijos balansas 2008, ISSN 1648-0821, psl. 60.
- Statistikos Departamentas (2009), Transportas ir ryšiai 2008, ISSN 1648-0279, psl. 180.
- Statistikos Departamentas (2009), Žemės ūkis 2008, ISSN 1648-0368, psl. 120.
- TNO (1995), TNO-Report TNO-MEP – 95/247: Technical Paper to the OSPARCOM-HELCOM-UNECE Emission Inventory of Heavy Metals and Persistent Organic Pollutants.
- U.S. Environmental Protection Agency (1998), Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Polycyclic Organic Matter.
- Valstybinė miškotvarkos tarnyba, Lietuvos miškų ūkio statistika 2007, 2007.
- VĮ Transporto ir kelių tyrimo institutas (2005), Valstybinės reikšmės kelių eismo intensyvumo duomenų kaupimas ir atnaujinimas, II tomas.
- Vilniaus Universiteto Ekologijos institutas, LIETUVOS CORINE ŽEMĖS DANGA-2000, 2004.

II DALIS

ĮVADAS

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 (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 Emisijos 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. Kritinių lygių įvertinimas pagal nustatytus EMEP reikalavimus.
2. Kritinių apkrovų ekosistemos įvertinimas pagal nustatytus EMEP reikalavimus.
3. Kritinių lygių ir kritinių apkrovų modeliavimas, naudojant 50x50 km² EMEP tinklą.

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 nebesasireiškia 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 apsistosime ties Paprasto Masės Balanso (SMB) modeliu, kaip standartiniu modeliu, 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 pasišalinimą:

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

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 absorbcija, 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 neskaiciuojamas 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 nusėdimo. 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 nusėdimo 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 formuluotė 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 – 2
Žolė – vaistažolėms	3 – 5
<i>Augmenijos pokyčiai (Olandija)*:</i>	
Spygliuočių miškas	2,5 – 4
Lapuočių miškas	3,5 – 6,5
Veja	3
Viržynai	3 – 6
<i>Kitas poveikis miškams:</i>	
Maistingų medžiagų disbalansas	(0,2 – 0,4)
Padidėjęs azoto kiekis/N prisotinimas	1
Smulki šakninė biomasė/šaknų ilgis	1 – 3
Jautrumas šalčiui ir grybelinėms ligoms	3 – 5

*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 stabilių 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 zonoje, 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) grynas 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:

$$N_u = \frac{\text{N pašalintas su biomase nuimant derlių (ekv./ha)}}{\text{laikotarpis tarp derliaus nuėmimi (rotacijos periodas) (metai)}} \quad (1.7)$$

N kiekis iškirstoje biomasėje (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) apibendrinio 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 ganymui. Pvz. Jungtinės Karalystės N praradimas avininkystėje (aviena/vilna), esant intensyviai ganymui (tarp 0,5 ir 2,0 kgN/ha/metai) ir priklausomai nuo konkrečios vietovės derlingumo bei ganymo 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	2,10	2,47	0,18	1,05	6,19	4,41	0,44	2,00
<i>Quercus spp</i>	(0,46)	(1,42)	(0,07)	(0,51)	(1,02)	(0,65)	(0,14)	(0,47)
Bukas	1,54	1,80	0,26	1,04	4,27	4,02	0,36	1,50
<i>Fagus sylv.</i>	(0,25)	(1,12)	(0,09)	(0,13)	(1,36)	(1,91)	(0,13)	(0,44)
Eglė	1,22	1,41	0,18	0,77	5,24	3,33	0,53	2,39
<i>Picea abies</i>	(0,49)	(0,40)	(0,06)	(0,43)	(1,66)	(1,06)	(0,27)	(1,35)
Pušis	1,09	1,08	0,24	0,65	3,61	2,07	0,43	1,67
<i>Pinus sylv.</i>	(0,30)	(0,30)	(0,09)	(0,28)	(1,28)	(0,65)	(0,11)	(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 nusausintuose 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: $f_{de} = 0,8$ durpiniais dirvožemiams, 0,7 molingiems dirvožemiams, 0,5 smėliniams dirvožemiams su chloro priemaišomis ir $f_{de} = 0 - 0,1$ smėliniams dirvožemiuose 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 srtaute (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:

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

Pastoviam 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 adsorbcija, 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:

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

Kritinės S , $CL(S)$ ir N , $CL(N)$ apkrovos 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 ilgai 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 nusėdimų 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 nusėdimų. Tačiau tai nėra tiesa, kaip ir prielaida, jog

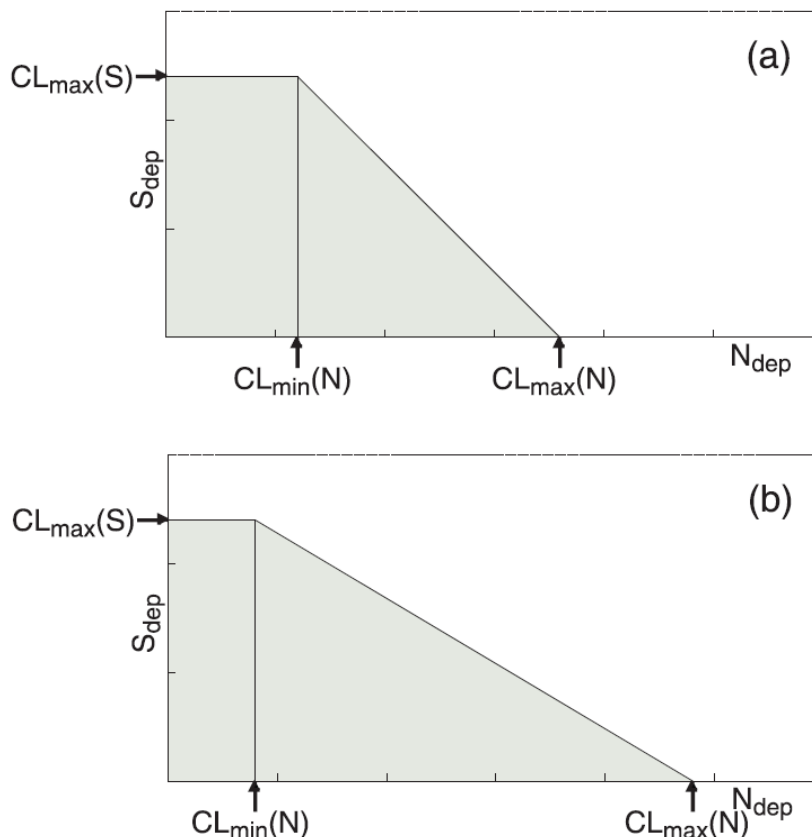
denitrifikacija tiesiškai priklauso nuo suminio azoto nusėdimo. (1.4) lygties N_{de} išraišką įterpus į (1.24) lygtį gausime tokias $CL_{min}(N)$ ir $CL_{max}(N)$ išraiškas:

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

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 (R_{COO}) 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).

Aluminio kriterijai:

Aluminio 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 antrinį 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 priešiška. 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 Dynamics (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:

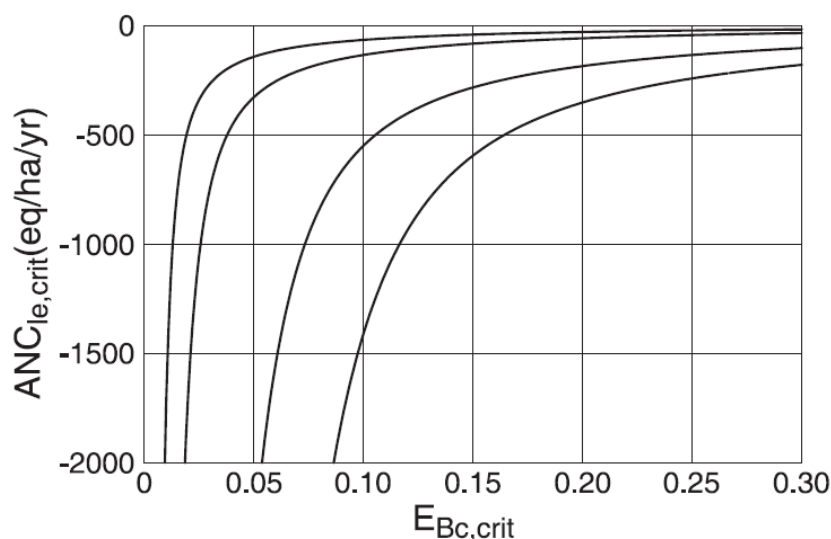
$$[H]_{crit} = K_{Gap} \cdot \sqrt{[Bc]} \cdot \left(\frac{1}{E_{bc,crit}} - 1 \right), \quad (1.38)$$

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 ($pK_{gibb} = -\log_{10}(\text{mol/l})^{-2}$) kaip funkcija nuo dirvos organinių medžiagų kiekio. Dažniausiai naudojama šio dydžio išraiška yra $K_{gibb} = 10^8 (\text{mol/l})^{-2} = 300 \text{ m}^6/\text{ekv.}^2$.

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

Dirvos tipas (sluoksnis)	Organinės medžiagos, %	K_{gibb} , $m^6/ekv.^2$	$-pK_{gibb}$
Mineralinis dirvožemis (C-sluoksnis)	< 5	950 – 9500	8,5 – 9,5
Mažai organinės medžiagos turintis dirvožemis (B/C sluoksnis)	5 – 15	300 – 3000	8 – 9
Dirvožemis su labai mažu organinės medžiagos kiekiu (A/E sluoksnis)	15 – 30	100	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:

Ardymas 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 lygių. Modelis naudoja tą pačią horizontalios ir vertikalios gardelės rezoliuciją kaip ir modeliui pateikiami meteorologiniai duomenys.

2.1. Sausas nusėdimas

2.1.1. Pasipriešinimo formulė

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 sudrėkina 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 skaliaras 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:

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

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 (Erismann et al., 2001; Fowler and Erismann, 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 šaltinis.

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 formuluoje 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 aerozoliams (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:

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

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: $St = \pi u_* / (c\hat{A}) = \nu_g u_* / (gc\hat{A})$, 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:

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

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:

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

čia u_h yra vėjo greitis duotame aukštyje z_{ref} . Šiame parametrizavime nėra įskaitytas burbulų sproginimas ir aerolio 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 aerolio dalelių išplovimo purlų lašeliais greitis (van den Berg and Levievel, 2000):

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

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.

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

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_d – purlų lašelių vidutinis pasiekiamas aukštis (= 50 m), o F_{sd} – purlų lašelių srautas (= $5 \times 10^6 \text{ l/m}^2\text{s}$). Sproginėjančių lašelių plotas (a_{bb}) gali būti aproksimuotas pagal pototų 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 nusėdimo 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 ($\text{kg/m}^2\text{s}$), Δz – išmetimo gylis (laikoma, kad yra 1000 m), o ρ_w – vandens tankis (1000 kg/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	0,5	-
NH ₃	1,4	0,5	-
H ₂ O ₂	1,4	0,5	-
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.

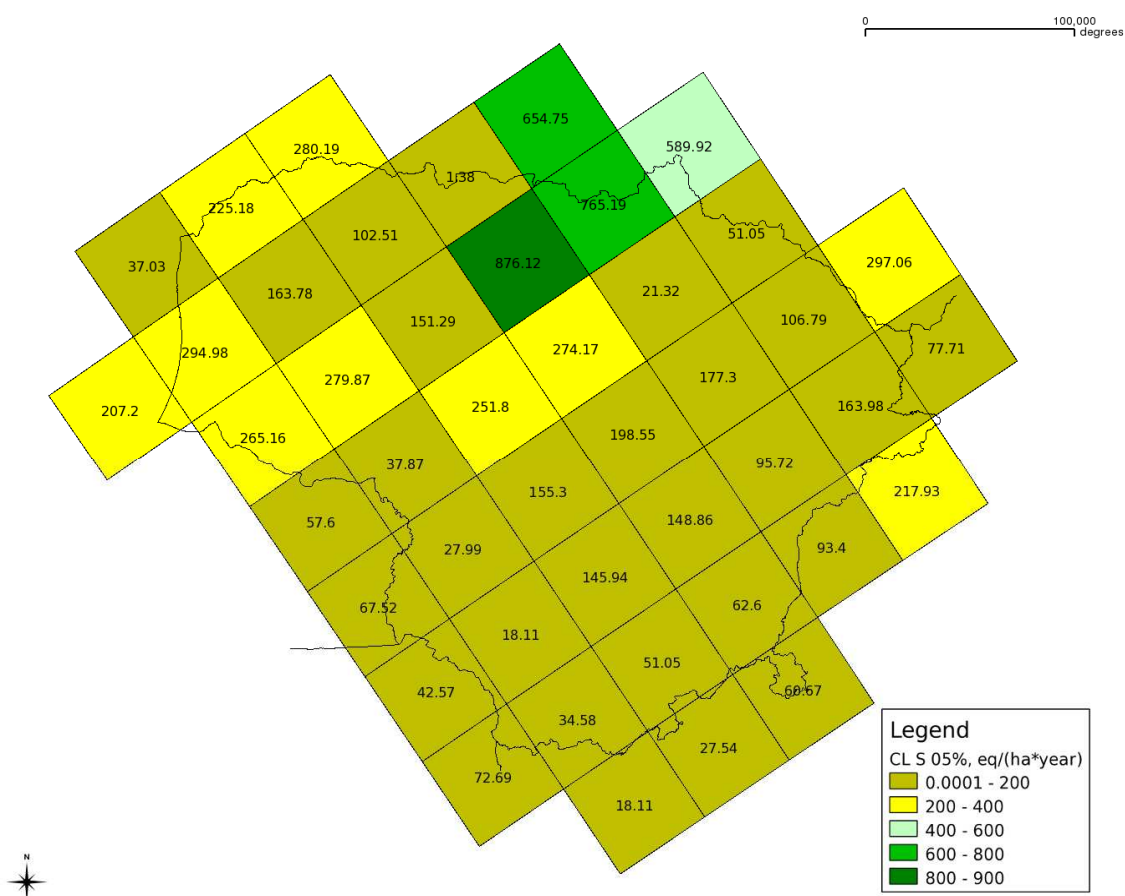
Šlapio nusėdimo greitis dalelėms yra skaičiuojamas taip (remiantis Scott, 1979):

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

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.

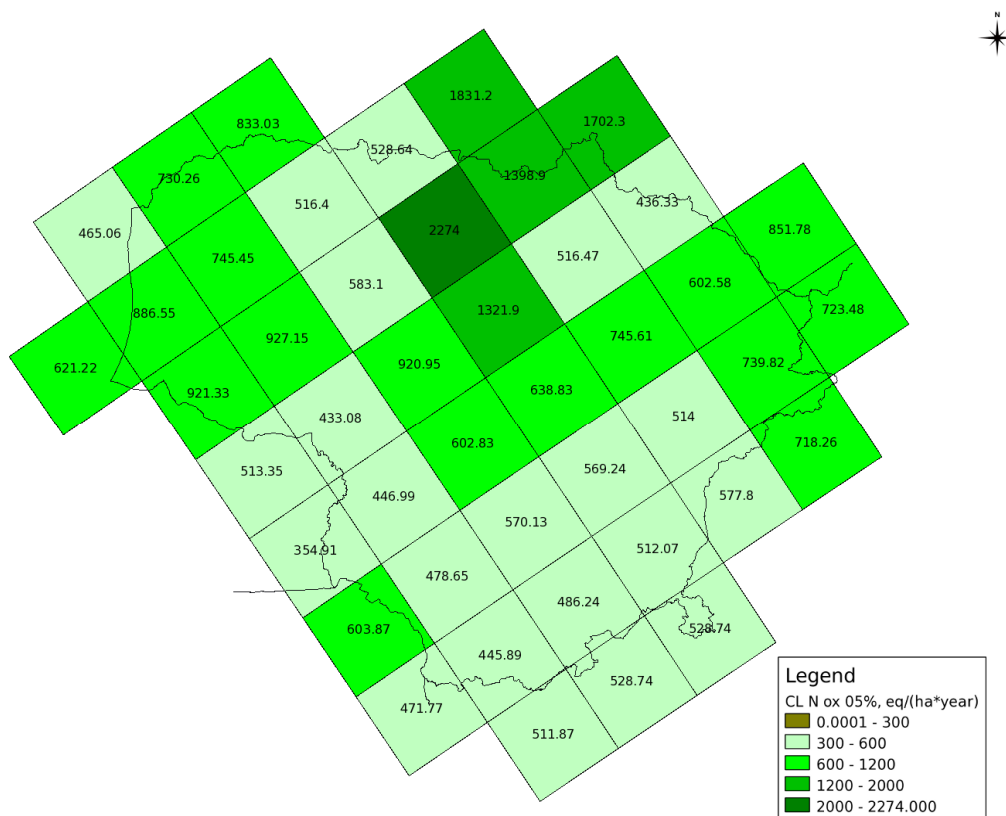
3. REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

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 – 2008 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, 2005) pasiskirstymą Lietuvos teritorijoje, iškritusių kritulių metinį vidutinį kiekį (LR AM, 2005) ir Lietuvos dirvožemių žemėlapią (VĮ VŽI, 1998).

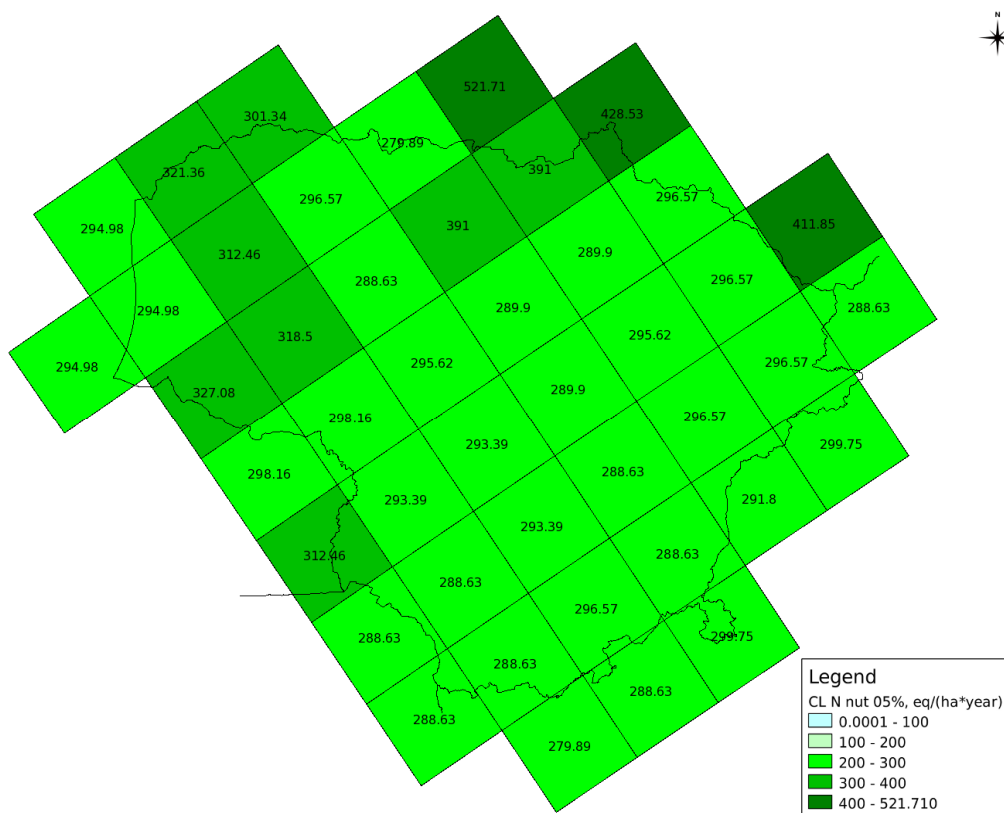


Pav. 3. Oksiduotos sieros kritinės apkrovos Lietuvos ekosistemoms.

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 apkrova. 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.

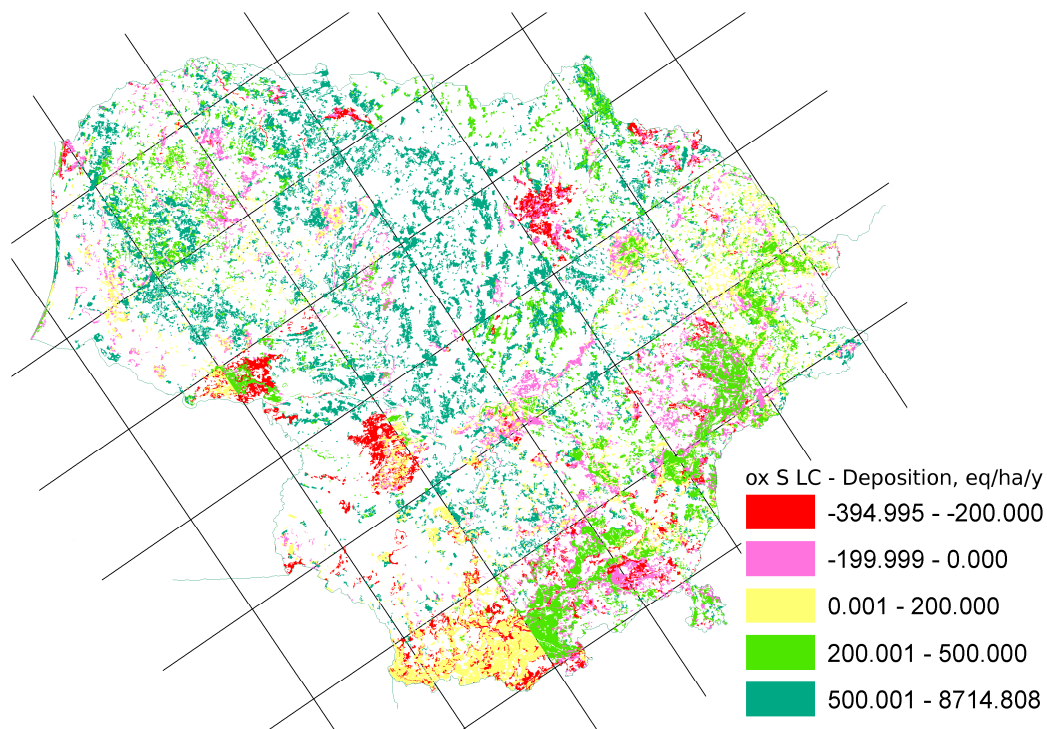
Oksiduoto azoto kritinės apkrovos kito nuo 354,91 iki 2274,00 ekv./ha/metai. Mažiausias oksiduoto azoto kritinių apkrovų vertės apskaičiuotos pietinei Lietuvos daliai (4 pav.).

Maistinio azoto kritinių apkrovų vertės kito nuo 279,89 iki 521,71 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.

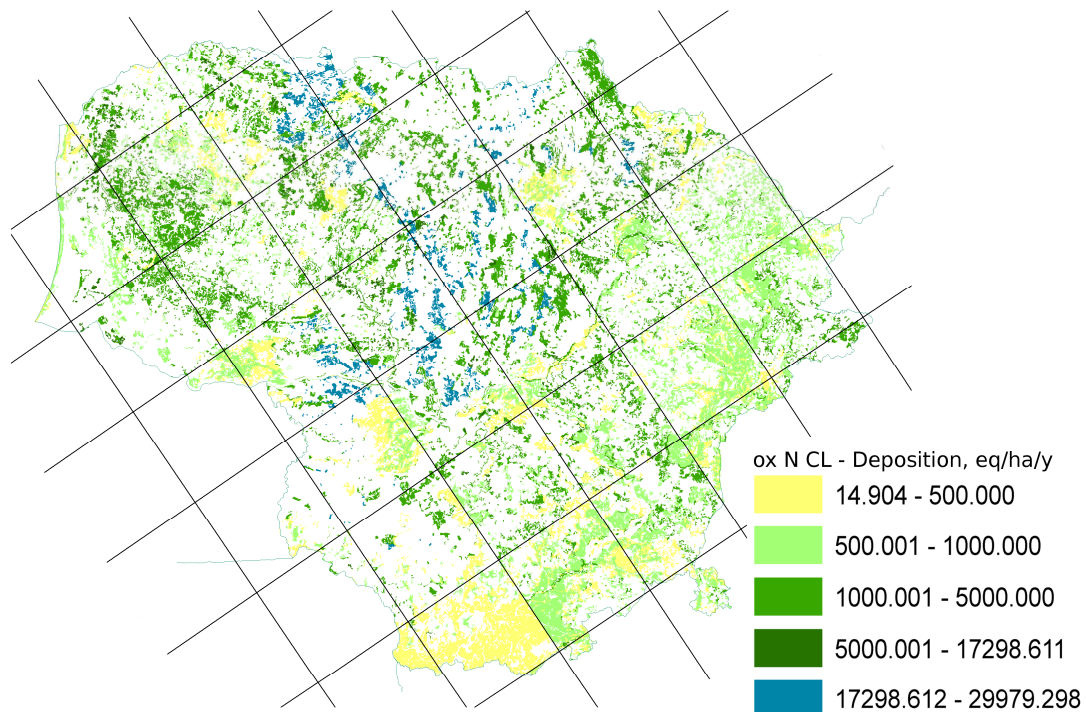
Kadangi teršalų bendras nusėdimo srautas priklauso nuo laiko, todėl kritinių apkrovų viršijimai teoriškai galioja tik konkrečiam laiko tarpui (Hettelingh et al., 2009). Lietuvos ekosistemų kritinių apkrovų viršijimai buvo apskaičiuoti 2008 m., nes naujesni oksiduotos sieros, oksiduoto ir maistinio azoto bendro nusėdimo duomenys buvo neprieinami.

Apskaičiuotas oksiduotos sieros kritinių apkrovų ir bendro nusėdimo srauto skirtumas (-394,995 – 8714,808 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.

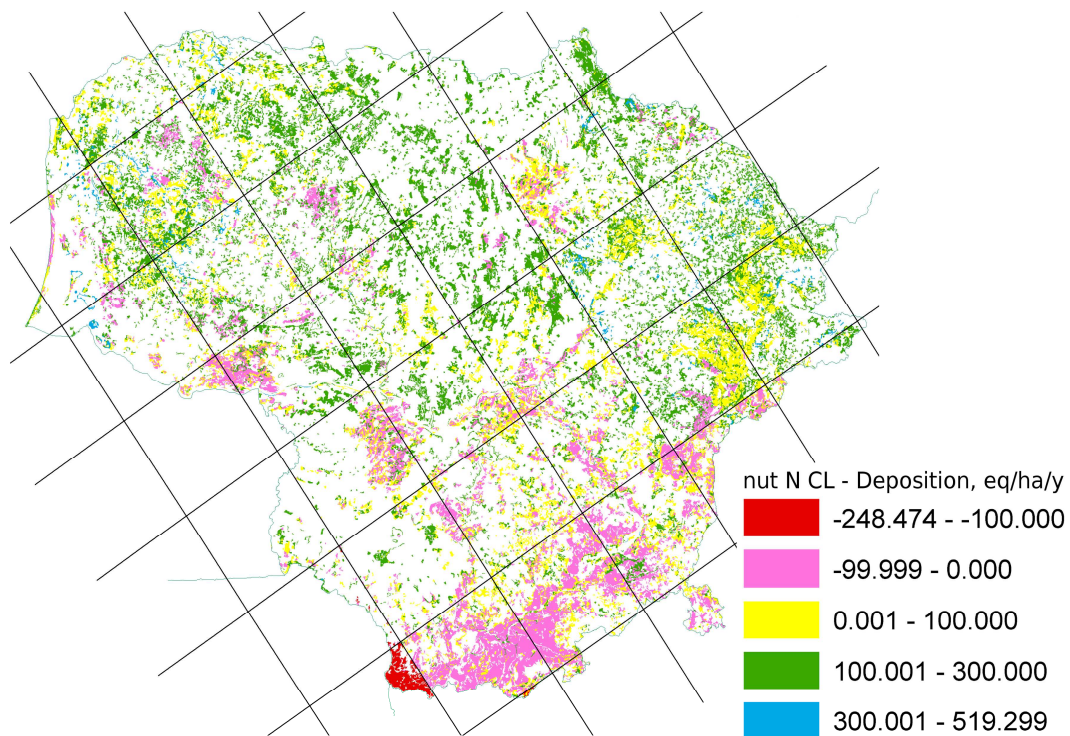
Apskaičiuotas oksiduoto azoto kritinių apkrovų ir bendro nusėdimo srauto skirtumas (14,904 – 29979,298 ekv./ha/metai), kurio neigiamos reikšmės atspindi ekosistemų kritinių apkrovų viršijimus, pateiktas 7 paveiksle. Kaip matyti iš šio paveikslo, oksiduoto azoto kritinės apkrovos nebuvo viršytos.



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



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



Pav. 8. 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 -248,474 iki 519,299 ekv./ha/metai (8 pav.). Kaip matyti iš šio paveikslėlio, 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 354,91 iki 2274,00 ekv./ha/metai. Mažiausios oksiduoto azoto kritinių apkrovų vertės apskaičiuotos pietinei Lietuvos daliai. Maistinio azoto kritinių apkrovų vertės kito nuo 279,89 iki 521,71 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 -340,42 iki 592,76 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 14,904 iki 29979,298 ekv./ha/metai, t.y. oksiduoto azoto kritinės apkrovos nebuvo viršytos. Apskaičiuoto maistinio azoto kritinių apkrovų ir bendro nusėdimo srauto skirtumo vertės kito nuo -248,474 iki 519,299 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 2008 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.
- Breeuwisma, 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.

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 (2005). *Aplinkos būklė 2004*. ISSN 1822 – 0193, 192 p.
- 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.
- 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.
- Steenhoven, 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.