



FIZINIŲ IR
TECHNOLOGIJOS MOKSLŲ
CENTRAS

Tvirtinu
Fizinių ir technologijos mokslų centro
direktorius prof. Vidmantas Remeikis
2012 m. lapkričio d.

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



2011 m. Sutartis Nr. 4F11-88.

Vilnius 2012

TURINYS

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	2
LENTELIŲ SĄRAŠAS	2
I SKYRIUS	4
ĮVADAS	4
1. Į ATMOSFERĄ IŠMETAMŲ TERŠALŲ KIEKIO POKYČIŲ KAITA 2006 – 2010 METAIS	6
2. TERŠALŲ IŠMESTŲ Į ATMOSFERĄ IŠ STACIONARIŲ KURĄ DEGINANČIŲ ĮRENGINIŲ KIEKIO VERTINIMAS	10
3. KELIŲ TRANSPORTAS	19
4. NE KELIŲ IR KITOS TRANSPORTO PRIEMONĖS	37
5. GAMINIŲ GAMYBOS PROCESAI	40
6. ŽEMĖS ŪKIO SEKTORIUS	44
7. KITI ŠALTINIAI	46
8. IŠMESTAS Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ KIEKIS LIETUVOJE 2010 METAIS	51
IŠVADOS	52
LITERATŪRA	53
II SKYRIUS	60
ĮVADAS	54
1. KRITINIŲ APKROVŲ MODELIAVIMO SAUSUMOS EKOSISTEMOMS PRINCIPAI	55
1.1. MAISTINIO AZOTO (EUTROFIKACIJOS) KRITINĖS APKROVOS	55
1.1.1. MODELIO IŠVEDIMAS	55
1.1.2. PRIELAIDA DĖL AZOTO IŠPLOVIMO	57
1.1.3. ĮVESTIES DUOMENŲ KILMĖ IR ŠALTINIAI	58
1.1.4. AZOTO ĮSISAVINIMAS	58
1.1.5. DENITRIFIKACIJA	59
1.1.6. KRITULIŲ PERTEKLIUS	60
1.2. RŪGŠTĖJIMO KRITINĖS APKROVOS	60
1.2.1. PAPRASTAS MASĖS BALANSO (SMB) MODELIS	60
1.2.2. RŪGŠTIES NEUTRALIZACIJOS GEBOS CHEMINIAI KRITERIJAI IR KRITINIAI IŠPLOVIMAI	62
1.2.3. ĮVESTIES ŠALTINIAI IR KILMĖ	65
2. EMEP MODELIUOTOS KONCENTRACIJOS ORE IR NUSĖDIMAI	67
2.1. SAUSAS NUSĖDIMAS	67
2.1.2. AERODINAMINIS PASIPRIEŠINIMAS (R_A)	68
2.1.3. KVAZI-LAMINARAUS SLUOKSNIO PASIPRIEŠINIMAS (R_B)	68
2.1.4. PAVIRŠIAUS PASIPRIEŠINIMAS (R_C)	69
2.1.5. STOMATINIS LAIDUMAS	69
2.1.6. NESTOMATINIS PASIPRIEŠINIMAS	69
2.1.7. AUGMENIJOS LAIDUMAS – NE VEGETACINIAI PAVIRŠIAI	71
2.1.8. SAUSAS AEROZOLIO NUSĖDIMAS	71
2.1.9. GRAVITACINIS NUSĖDIMAS (V_S)	71
2.1.10. KVAZI-LAMINARAUS SLUOKSNIO PASIPRIEŠINIMAS AEROZOLIAMS (R_B)	72
2.1.11. ATŠOKIMAS	73
2.2. ŠLAPIAS NUSĖDIMAS	74
2.2.1. IŠMETIMAS DEBESYJE	74
2.2.2. IŠMETIMAS ŽEMIAU DEBESIES	74
3. REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS	75
IŠVADOS	79
LITERATŪRA	80

PAVEIKSLŲ SARAŠAS

I SKYRIUS

Pav. 1. Į atmosferą išmetamų teršalų 1990 – 2011 metais pokyčių kaita	6
Pav. 2 Nacionalinė bendra NO _x kiekio tendencija	8
Pav. 3 Nacionalinė bendra NMLOJ kiekio tendencija.....	8
Pav. 4 Nacionalinė bendra SO ₂ kiekio tendencija	9
Pav. 5 Nacionalinė bendra NH ₃ kiekio tendencija.....	9

II SKYRIUS

Pav. 6 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).	62
Pav. 7 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).....	65
Pav. 8 Oksiduotos sieros kritinės apkrovos Lietuvos ekosistemoms	75
Pav. 9 Oksiduoto azoto kritinės apkrovos Lietuvos ekosistemoms	76
Pav. 10 Maistinio azoto kritinės apkrovos Lietuvos ekosistemoms	76
Pav. 11 Oksiduoto azoto kritinių apkrovų ir bendro nusėdimo srauto skirtumas (neigiamos reikšmės parodo kritinių apkrovų viršijimus).	77
Pav. 12 Maistinio azoto kritinių apkrovų ir bendro nusėdimo srauto skirtumas (neigiamos reikšmės parodo kritinių apkrovų viršijimus).	78

LENTELIŲ SARAŠAS

I SKYRIUS

Lentelė 1. Nacionaliniai teršalų išmetimo ribų limitai Lietuvai.	4
Lentelė 2. Nacionaliniai teršalų išmetimo Geteborgo protokolo ribų limitai Lietuvai 2020 m.	5
Lentelė 3. SO ₂ taršos faktoriai, [kg/GJ].	12
Lentelė 4. Kietųjų dalelių taršos faktoriai, [kg/GJ].	12
Lentelė 5. Kietųjų dalelių (PM ₁₀ ir PM _{2,5}) kiekio dalys, [%].	12
Lentelė 6. NFR sektorių kodų susiejimas su [2] šaltinyje pateiktu kurą vartojančiu objektu.	13
Lentelė 7. Kuro deginimo taršos faktoriai sunkiesiems metalams, [mg/GJ].	14
Lentelė 8. PAH taršos faktoriai, [mg/GJ].	15
Lentelė 9. PCB ir dioksinų/furanų taršos faktoriai.	16
Lentelė 10. NFR sektorių kodų sąsaja su sektoriais pagal statistikos departamentą.....	17
Lentelė 11. Kuro rūšių NAPFUE kodai ir energetinės vertės.....	17
Lentelė 12. Vidutiniai greičiai, COPERT IV modelyje, [km/h].	20
Lentelė 13. Kuro energetinės vertės.	21
Lentelė 14. Keleivinių TP taršos faktoriai [g/GJ].	21
Lentelė 15. Lengvųjų krovininių TP taršos faktoriai [g/GJ].	23
Lentelė 16. Sunkiųjų krovininių TP taršos faktoriai [g/GJ].	24
Lentelė 17. Autobusų taršos faktoriai [g/GJ].	25
Lentelė 18. Motociklų taršos faktoriai [g/GJ].	26
Lentelė 19. Transporto priemonių kategorijų bendri nuvažiuoti atstumai rajoniniuose ir miesto keliuose.	27
Lentelė 20. Kelių transporto priemonių kiekis.	31
Lentelė 21. Kelių transporto priemonių bendras nuvažiuotas atstumas [mln, km].	31
Lentelė 22. Sieros dioksido (SO ₂) taršos faktoriai [g/kg].	32
Lentelė 23. Švino (Pb) taršos faktorius [mg/kg].	32
Lentelė 24. Sunkiųjų metalų taršos faktoriai visoms transporto priemonių kategorijoms [mg/kg kuro].	32
Lentelė 25. POP taršos faktoriai, [μg/km].	33

Lentelė 26. Benzino garavimo NMLOJ taršos faktoriai [4].	35
Lentelė 27. Automobilių padangų, stabdžių ir kelio dangos dėvėjimosi TSP taršos faktoriai [4].	36
Lentelė 28. Automobilių padangų, stabdžių ir kelio dangos dėvėjimosi KD_{10} taršos faktoriai [4].	36
Lentelė 29. Automobilių padangų, stabdžių ir kelio dangos dėvėjimosi $KD_{2,5}$ taršos faktoriai [11].	36
Lentelė 30. Sunkiųjų metalų frakcijos automobilių padangų, stabdžių ir kelio dangos dėvėjimosi TSP emisijoje [4].	36
Lentelė 31. SO_2 taršos faktoriai, [kg/GJ].	37
Lentelė 32. Vandens transporto TSP, PM_{10} ir $PM_{2,5}$ taršos faktoriai, [g/GJ].	37
Lentelė 33. Kietųjų dalelių dydžių pasiskirstymas, [%].	37
Lentelė 34. Taršos faktoriai tarptautinių skrydžių lėktuvų pakilimo – nusileidimo ciklams, [g/LTO].	38
Lentelė 35. Sunkiųjų metalų taršos faktoriai, [g/t].	38
Lentelė 36. POP taršos faktoriai dyzeliniams ir keturtakčiams benzininiams varikliams, [μ g/kg].	38
Lentelė 37. Kuro rūšių NAPFUE kodai ir energetinės vertės, [GJ/t].	38
Lentelė 38. Sektorių pagal statistikos departamento leidinį „Kuras ir energijos balansas“ [7] susiejimo su NFR klasifikacijos kodu lentelė.	39
Lentelė 39. Kuro kiekio, sunaudoto tarptautinių skrydžių oro transporte 2009-2011 m., skirstymas į sunaudotą LTO (iki 1000 m) ir virš 1000 m.	39
Lentelė 40. PGPK gaminio kodo susiejimo su NFR kodu lentelė.	40
Lentelė 41. Gamybos procesų PM taršos faktoriai, [g/t produkcijos].	42
Lentelė 42. Organinių cheminių medžiagų ir maisto gamybos procesų NMLOJ taršos faktoriai, [g/t produkcijos].	42
Lentelė 43. Naminių gyvulių ir paukščių skaičius 2011 m.	44
Lentelė 44. Naminių gyvulių mėšlo tvarkymo NH_3 taršos faktoriai [g/galvai].	44
Lentelė 45. Azoto trąšų PGPK kodai ir daugikliai.	45
Lentelė 46. Tiesioginės NH_3 taršos iš dirvos.	45
Lentelė 47. Lietuvos degalinės ir atitikimas direktyvos 94/63/EC reikalavimams.	47
Lentelė 48. Kuro nuostolių NMLOJ taršos faktoriai.	48
Lentelė 50. B, "α" ir "β" reikšmės.	50
Lentelė 51. Sudeginio miško plotas ir taršos faktoriai (g/ha) [18].	50
Lentelė 52. Svarbiausios šaltinių kategorijos ir jų indėlis į bendrą teršalų kiekį 2011 m.	51

II SKYRIUS

Lentelė 1. Kritinės azoto koncentracijos dirvožemio tirpale apskaičiuojant $CL_{nut}(N)$	57
Lentelė 2. Elementinių sudedamųjų dalių vidurkiai (ir standartiniai nuokrypiai) kamienuose ir šakose (įskaitant žievę) keturioms medžių rūšims	59
Lentelė 3. Denitrifikacijos frakcijos f_{de} priklausomybė nuo dirvos drenažo (Reinds et al., 2001)	59
Lentelė 4. Lygties (2.37) koeficientai Gapon ir Gaines-Thomas apsikaitimo medeliams.	64
Lentelė 5. K_{gibb} konstantos ribos kaip funkcija nuo dirvos organinių medžiagų kiekio.	66
Lentelė 6. Dirvožemio sandaros, priklausomai nuo jų molingumo ir smėlingumo, klasės	66
Lentelė 7. Šlapio išmetimo ir surinkimo koeficientai, naudojami unifikotame modelyje.	74

I SKYRIUS

IVADAS

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

Vykdydamos direktyvos 2001/81/EB reikalavimus, šalis 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 taršos mažinimo programas, kurių įgyvendinimas leistų neviršyti 2010 metams nustatytų emisijos limitų [1].

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

Lentelė 1. Nacionaliniai teršalų išmetimo ribų limitai Lietuvai.

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

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

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

2012 m. Geteborgo protokolas buvo iš dalies pakeistas, siekiant įtraukti (be kitų pakeitimų) naujų išmetamųjų teršalų kiekio mažinimo įsipareigojimus 2020 m: NO_x , NMLOJ, SO_x , NH_3 ir $PM_{2.5}$. Iš dalies pakeistas protokolas dar nėra įsigaliojęs. Geteborgo protokolas apibrėžia išmetamųjų dujų sumažinimo tikslus 2020 m. vertinant pažangą nuo bazinių metų (2005 m.). Pirmą kartą yra įtraukti kietųjų dalelių išmetamųjų teršalų kiekio mažinimo įsipareigojimai. Iš viso ES valstybių narių išmetamųjų teršalų kiekis turėtų sumažėti 59 % (SO_x), 42 % (NO_x), 28 % (NMLOJ), 6 % (NH_3) ir 22 % ($PM_{2.5}$) tarp 2005 ir 2020 m. Lietuvai nustatyti reikalavimai pateikti lentelėje 2.

Lentelė 2. Nacionaliniai teršalų išmetimo Geteborgo protokolo ribų limitai Lietuvai 2020 m.

<i>Nacionaliniai teršalų išmetimo ribų limitai Limitai (%)</i>				
SO ₂	NO _x	NMLOJ	NH ₃	PM2.5
55	48	32	10	20

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

Be Europos Sąjungos direktyvų įgyvendinimo Lietuva yra įsipareigojusi atitikti tarptautinius reikalavimus dėl tarpvalstybinės taršos. Tarptautiniu mastu oro teršalų išmetimo klausimas sprendžiamas UNECE Tolimųjų tarpvalstybinių oro teršalų pernašų konvencija (LRTAP konvencija) ir jos protokolais. Gothenburg „daugelio teršalų“ protokole pagal LRTAP konvenciją nustatytos nacionalinės teršalų išmetimo ribos, kurios yra vienodos arba mažiau ambicingos nei nustatytosios ES NEL direktyvoje. Pagal tolimųjų tarpvalstybinių oro teršalų pernašų konvenciją šalis stengiasi apriboti ir kiek įmanoma laipsniškai sumažinti ir užkirsti kelią oro taršai ir tolimosioms oro teršalų pernašoms. Šalis plėtoja politiką ir strategijas kovai su oro terša, keitimąsi informacija, tyrimu 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 prognozės rūgštinančių oro teršalų, sunkiųjų metalų, kietųjų dalelių (LRTAP konvencija) informaciją, rengti duomenų rinkinius, vertinti indėlių tolimų pernašų modeliams. CEIP centras taip pat peržiūri ir įvertina pateiktus teršalų išmestų į atmosferą kiekius bei aprašus, padėda šalims pagerinti nacionalinių inventorių kokybę.

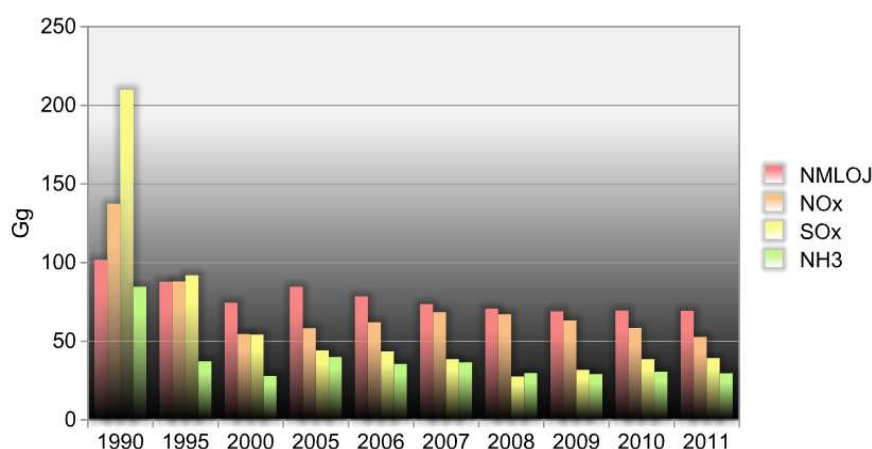
Šioje išmestų į aplinkos orą teršalų kiekių inventoriaus ataskaitoje yra pateikta informacija apie pagrindinių teršalų (SO₂, NO_x, NMLOJ, NH₃ ir CO), kietųjų dalelių (KD_{2,5}, KD₁₀, TSP), sunkiųjų metalų (Pb, Cd, Hg, As, Cr, Cu, Ni, Zn) ir patvariųjų organinių junginių (dioksinai, PCB, HCB, PAH) išmetamus kiekius pagal šaltinius. Išmestų į aplinkos orą teršalų kiekio inventorių apima 1990-2010 m. laikotarpį. Veiklos, kurių metu išsiskiria teršalai klasifikuojamos naudojant į atmosferą išmetamų teršalų nomenklatūrą (ang. Nomenclature For Reporting - angl. santrumpa NFR). Ši nomenklatūra susideda iš trijų lygių: sektorių, posektorių ir žemiausio lygio, apimančio bazines teršalus išmetančias veiklas. Kiekvieną NFR galima naudoti tiek ploto, tiek 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. Teršalų kiekio vertinimo metodas yra nustatytas Aplinkos ministro reglamentu.

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

1. Į ATMOSFERĄ IŠMETAMŲ TERŠALŲ KIEKIO POKYČIŲ KAITA 1990 – 2011 METAIS

Palyginę 2011 metų nacionalinius teršalų kiekius su pastarųjų penkerių metų vertėmis stebimas visų tirtų teršalų išmestų į atmosferą kiekių stabilizavimas (1 pav.). Panaudojus tiesinės regresijos lygtį ir penkerių metų inventoriaus duomenis suskaičiuota, kad sieros dioksido (SO₂) kiekiai mažėja vidutiniškai apie 4-5 % per metus. Azoto oksidų (NO_x) išmetimai 2005 – 2007 metais neženkiai didėjo, o nuo 2007 metų pradėjo mažėti. Nemetaninių lakiųjų organinių junginių (NMLOJ) išmetimai nuo 2005 metų tolygiai mažėja 4 % per metus. Kietųjų dalelių (KD_{2,5} ir KD₁₀) ryškaus išmetimų padidėjimo nėra, tačiau 2009-2011 metais buvo nustatytas mažėjimas. 1990-2011 metų laikotarpiu amoniako teršalų kiekio mažėjimo tempai siekė 1 %.



Pav. 1. Į atmosferą išmetamų teršalų 1990 – 2011 metais pokyčių kaita

Energetikos sektorius yra pagrindinis teršalų išmetimų šaltinis – šio sektoriaus dalis bendroje struktūroje sudaro iki 30 %, pramonės procesų dalis bendroje struktūroje ~17 %, transporto sektoriaus ~18 %. Energetikos sektoriaus į atmosferą išmetamų SO_x kiekio sumažėjimą iš esmės lėmė sumažėjęs kuro suvartojimas bei naudojamo kuro struktūros pokyčiai 2005–2011 metais. Lietuva yra viena iš nedaugelio Europos valstybių, kuri beveik neturi savo tradicinių energijos šaltinių (anglies, naftos, gamtinių dujų, atominės energijos (nuo 2009 m.) ar didelių hidro-/vėjo energijos resursų). Keletą paskutiniųjų dešimtmečių naftos produktai užėmė reikšmingą vietą šalies pirminės energijos balanse. Tačiau, šiuo metu jų dalis pirminės energijos balanse ženkliai sumažėjo – nuo 40 iki 30 %. Tai, iš esmės susiję su ženkliu mazuto panaudojimo elektros ir šilumos energijos gamybai mažinimu. Šiuo metu didelę pirminės energijos balanso dalį užima gamtinės dujos ir šiuo metu yra viena iš pagrindinių kuro rūšių. Per 2005-2007 metus galutinis energijos suvartojimas padidėjo 11,7 %, tačiau 2009 m. sumažėjo 12,1 %, lyginant su 2007 metais. Kaip ir pasaulinės ekonominės krizės metu Lietuvoje ekonominis vystymasis sulėtėjo iki 2008 metų pabaigos. Šiuo metu iš atsinaujinančių energijos šaltinių, galutinio energijos suvartojimo dalis siekia maždaug 14 %. Didžiąją dalį užima biomasė, kuri ir toliau vaidins pagrindinį vaidmenį energijos gamyboje iš atsinaujinančių energijos šaltinių. Lietuvos statistikos departamento duomenimis, Lietuvos statistikos departamento duomenimis, bendrosios šalies kuro ir energijos sąnaudos 2011 m., palyginti su 2010 m., padidėjo 3,3 % ir sudarė 7289,9 (2010 m. – 7054,2) tūkstančio tonų naftos

ekvivalentu. Iki 2010 m. apie trečdalis šių sąnaudų teko atominei energijai. 2009 m. pabaigoje uždarius Ignalinos AE, pasikeitė šalies kuro ir energijos sąnaudų struktūra.

2011 metais didžiausią bendrųjų šalies kuro ir energijos sąnaudų dalį užėmė gamtinės dujos (37,3 %) ir naftos produktai (33,5 %). Šalies vartotojų poreikiams tenkinti naudojami tiek šalies, tiek importuoti kuro ir energijos išteklių. Lietuva importuoja pagrindinius kuro ir energijos išteklius. 2011 m., palyginti su 2010 m., kuro ir energijos buvo importuota daugiau: gamtinių dujų – 9,7, akmens anglių – 23,6, elektros energijos – 23,8 %.

Lietuva išlieka energetiškai priklausoma nuo importuojamo organinio kuro. 2009–2010 m. žymiai padidėjęs – nuo 48,9 % 2009 m. iki 79,5 % 2010 m. – 2011 m. šalies energetinės priklausomybės rodiklis šiek tiek sumažėjo – iki 79,0 %, tačiau ir toliau gerokai viršija ES vidurkį.

Šiuo metu Lietuvoje didžiausią atsinaujinančios energijos potencialą turi biokuras, ypač malkos bei medienos atliekos. Medienos kuro ir žemės ūkio atliekų suvartojimo struktūros analizė rodo, kad 2011 m. didžiausias jų kiekis (61,0 %) buvo suvartotas namų ūkiuose. Centralizuoto šilumos tiekimo įmonių katilinėse ir elektrinėse sunaudojama 25,8 % medienos kuro bei žemės ūkio atliekų.

Vis plačiau panaudojamos biodujos energijai gaminti. 2009 m. biodujų gamyba sudarė 9,8 mln. kubinių metrų, 2010 – 20,9, 2011 – 23,2 mln. kubinių metrų.

2011 m., palyginti su 2010 m., galutinis energijos suvartojimas sumažėjo 1,5 %. Galutinių vartotojų struktūroje šiuo metu vyrauja transporto ir namų ūkių sektoriai, kur 2011 m. buvo suvartota atitinkamai 32,7 ir 32,5 % šalies ūkio šakoms pateiktos energijos. Pramonės sektoriaus dalis galutinės energijos suvartojimo struktūroje sudaro 19,2 procento (2010 – 18,0 %). Transporto sektoriuje daugiausia suvartota naftos produktų, o namų ūkių sektoriuje – atsinaujinančių energijos išteklių bei centralizuotai gautos šiluminės energijos. Visų rūšių kelių transporte 2011 m. suvartota 1,8 procento mažiau degalų nei 2010 m.: didėjo tik dyzelino suvartojimas (2,3 %), o benzino ir suskystintų naftos dujų – mažėjo (atitinkamai 12,7 ir 3,9 %).

Uždarius Ignalinos AE, elektros energijos importo poreikis žymiai padidėjo. 2010 m. elektros energijos buvo importuota 7031 GWh, o pagaminta – 5751 GWh. Didžiausia teršalų dalis energetikos pramonės procesuose susidaro stacionaraus deginimo gamybos ir statybos sektoriuje.

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

Transporto sektoriuje didžiausią dalį sudaro NO_x išmestas į atmosferą kiekis. Transporto sektoriuje azoto oksidų išmetami kiekiai didėja labai sparčiai. Tokį augimą lemia sparčiai didėjantis transporto priemonių kiekis, kuris įtakoja augančias kuro sąnaudas. Transporto sektoriaus kuro sąnaudų struktūra per nagrinėjamą laikotarpį taip pat ženkliai kito, t.y. lengvieji naftos produktai kuro sąnaudų struktūroje mažėjo, o sunkiųjų naftos produktų ir suskystintos naftos dujų dalis augo. Biodegalų gamybą ir panaudojimą Lietuvoje skatina tarptautiniai įsipareigojimai, susiję su šiltnamio efekto dujų kiekių mažinimu bei transporte vartojamų biodegalų kiekio didinimu. Įtakos turi ir nuolat didėjanti dyzelino (palyginti su benzino) paklausa bei kylančios naftos ir mineralinių degalų kainos. Pagrindinės Lietuvoje naudojamos biodegalų rūšys yra biodyzelinas ir bioetanolis. 2010 m. Lietuvoje buvo pagaminta 39,3 tūkst. tonų bioetanolio (palyginti su 2009 m., 59,8 % daugiau) ir 89,2 tūkst. tonų biodyzelino (palyginti su 2009 m., 14,8 % mažiau). 2011 m. Lietuvoje buvo suvartota 14,6 tūkst. tonų bioetanolio (palyginti su 2010 m., 9,9 % mažiau) ir 40,0 tūkst. tonų biodyzelino (palyginti su 2010 m., 1,8 % daugiau).

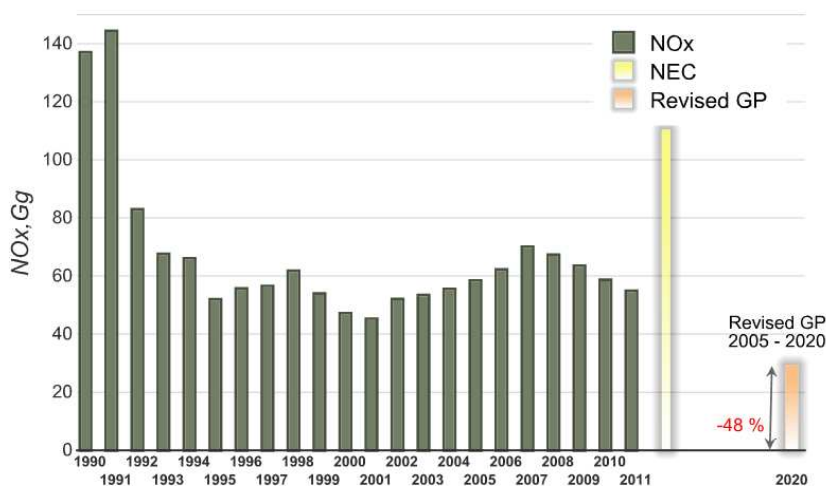
Dabartiniu metu veikiančių ir planuojamų pastatyti įmonių biodegalams gaminti pajėgumai viršija šalies poreikius, tad jų dalis eksportuojama.

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

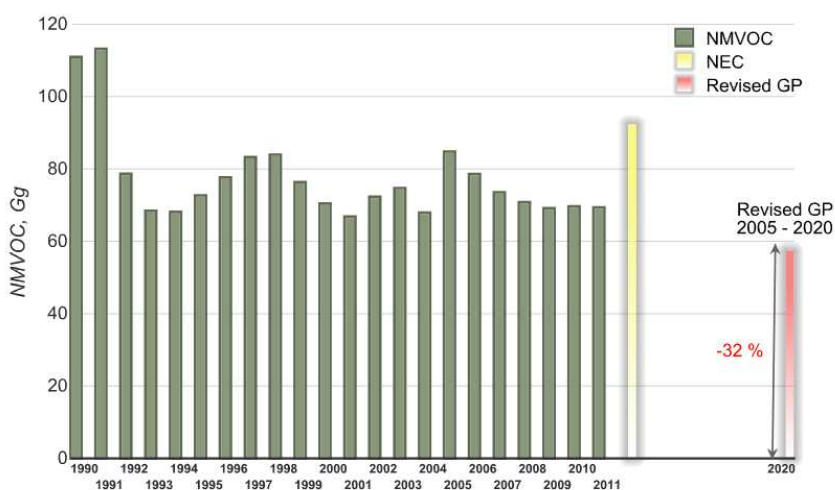
Didėjantis sieros oksidų kiekis buvo nulemtas padidėjusiu kuro suvartojimu 1A1a, 1A 2f ii, 1A 4b i ir 1B2a iv sektoriuose. Azoto oksidų mažėjimą lėmė sumažėjęs kuro suvartojimas transporto sektoriuje, manoma vertinimui turėjo įtaka kuro „juodoji rinka“ neįtraukiamą į oficialiąją ekonominę statistiką.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

Į atmosferą išmetamų teršalų kiekio pokyčių kaita 1990 – 2011 metais

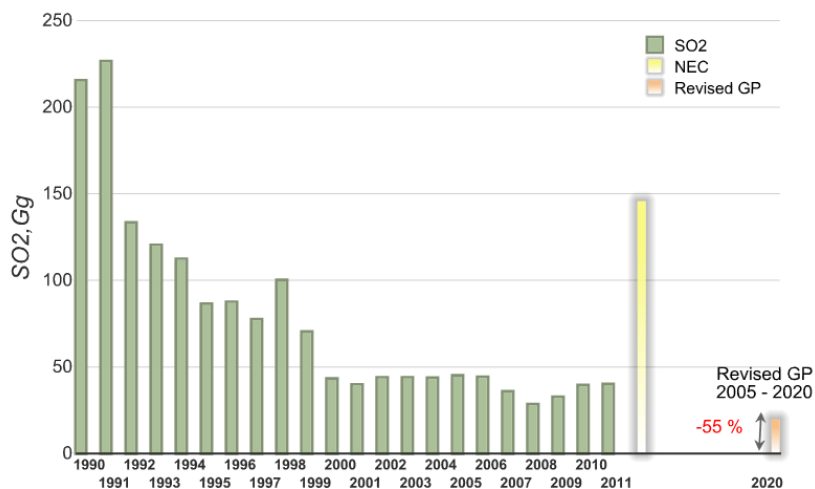
Į atmosferą išmetamų teršalų kiekis, jo pokyčiai (1990 – 2011 m.), bei Nacionaliniai teršalų išmetimo limitai parodyti 1 – 5 pav..



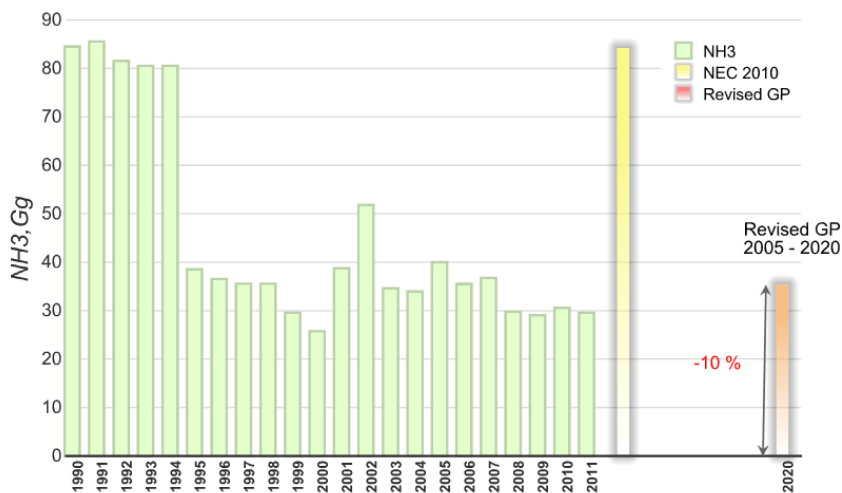
Pav. 2 Nacionalinė bendra NO_x kiekio tendencija



Pav. 3 Nacionalinė bendra NMVOC kiekio tendencija



Pav. 4 Nacionalinė bendra SO₂ kiekio tendencija



Pav. 5 Nacionalinė bendra NH₃ kiekio tendencija

1.1. Institucinė sąranga ir inventoriaus sudarymo procesas

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

Svarbiausi duomenų teikėjai yra Lietuvos statistikos departamentas, Aplinkos apsaugos agentūra, Lietuvos energetikos institutas, Valstybinė miškotvarkos tarnyba,

Lietuvos miškų institutas, Lietuvos agrarinės ekonomikos institutas, Lietuvos žemės ūkio institutas, pramonės įmonės, kt.

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

1.1.1 Kokybės kontrolė (KK)

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

1.1.2 Kokybės užtikrinimas (KU)

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

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

1.1.3 Perskaičiavimai

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

1.1.4 Išsamumas ir nuoseklumas pagal laiko eilutes

Lietuvos inventorius apima visus svarbiausius emisijos šaltinius, nustatytus LRTAP konvencijos ataskaitų teikimo lentelėje, išskyrus kai kurias išimtis, kurios buvo įvardytos kaip „neįvertinta“ (NE) (žr. 2-2 lentelę) ir kurios, kaip manoma, turi nedidelį poveikį visam išmetamam į aplinkos orą teršalų kiekiui. Minėtieji kiekiai nebuvo įvertinti daugiausiai dėl veiklos duomenų ir (arba) metodikos stokos.

Lentelė 2-2. Išsamumas ir nuoseklumas pagal laiko eilutes

Teršalas	Ląstelių skaičius								
	NO	NE	NA	IE	C	NR	Nulis	Reikšmė	Total
SO ₂	29	8	42	4	0	0	0	26	109
NO _x	28	9	40	4	0	0	0	28	109
NMVOC	28	13	27	5	0	0	0	36	109
CO	26	14	38	4	0	0	0	27	109
NH ₃	25	28	34	3	0	0	0	19	109
TSP	22	25	23	4	0	0	0	27	109

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

PM ₁₀	30	29	24	4	0	0	0	22	109
PM _{2,5}	30	29	24	4	0	0	0	22	109
As	24	17	54	2	0	0	0	11	109
Cd	24	14	50	2	0	0	0	19	109
Cr	24	12	51	3	0	0	0	19	109
Cu	24	12	51	3	0	0	0	19	109
Hg	24	20	49	2	0	0	0	14	109
Ni	24	12	52	2	0	0	0	19	109
Pb	24	15	49	3	0	0	0	18	109
Se	24	14	53	2	0	0	0	16	109
Zn	24	14	52	2	0	0	0	17	109
DIOX	22	20	46	3	0	0	0	18	109
benzo(a)pyrene	23	19	46	3	0	0	0	18	109
benzo(b)fluoranthene	23	19	46	3	0	0	0	18	109
benzo(k)fluoranthene	23	22	46	3	0	0	0	15	109
ideno(1,2,3-c,d)pyrene	23	23	45	3	0	0	0	15	109
PCB	9	16	75	0	0	0	0	9	109
HCH	10	5	94	0	0	0	0	0	109
HCB	19	17	71	0	0	0	0	0	109
Total	586	426	1182	68	0	0	0	452	2714

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

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

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

2.1. Pagrindiniai teršalai

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

Lentelė 3. SO_2 taršos faktoriai, [kg/GJ].

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

Lentelė 4. Kietųjų dalelių taršos faktoriai, [kg/GJ].

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

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

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

Perkeliant taršos faktorius iš [2] šaltinio į CORINAIR duomenų bazę sudaroma darbinė nacionalinių taršos faktorių duomenų bazė Microsoft Access formatu (.mdb). Lentelėje „Efaktoriai“ pateikiami POP ir nacionaliniai taršos faktoriai, vėliau sukuriama kurą vartojančių objektų, kuro ir teršalų susiejimo lentelės. Kurą vartojantys objektai, nurodyti [2] šaltinio lentelėse, susiejami su SNAP97 sektoriaus kodu (5 lentelė). Taip pat sudaroma kuro rūšių susiejimo su NAPFUE kodu lentelė (6 lentelė), teršalų pavadinimų susiejimo su CORINAIR duomenų bazėje naudojamu teršalų identifikatoriais lentelė. Galiausiai taršos faktorių duomenys iš darbinės duomenų bazės įterpiami į CORINAIR duomenų bazę Microsoft Access programine įranga, nurodant atitinkamą SQL užklausą.

Lentelė 6. NFR sektorių kodų susiejimas su [2] šaltinyje pateiktu kurą vartojančiu objektu.

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

2.2. Sunkieji metalai

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

Sunkiųjų metalų taršos faktoriai buvo imami iš duomenų bazės „emfa_defa“ lentelės, kurioje saugomi rekomenduojami taršos faktoriai (7 lentelė). Koksui naudojami akmens anglies taršos faktoriai.

Lentelė 7. Kuro deginimo taršos faktoriai sunkiesiems metalams, [mg/GJ].

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

2.3. POP taršos faktoriai

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

PAH taršos faktoriai buvo imami iš [4] šaltinio ir apibendrinti 8 lentelėje. Polichlorinuotų bifenilų (PCB) taršos faktoriai buvo imami iš [5] šaltinio, dioksinų/furanų taršos faktoriai buvo imami iš [6] šaltinio (9 lentelė).

Lentelė 8. PAH taršos faktoriai, [mg/GJ].

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

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

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

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

Lentelė 9. PCB ir dioksinų/furanų taršos faktoriai.

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

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

2.4. Kuro suvartojimo duomenys

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

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

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

Statistikos departamento leidinyje nurodyti sektoriai su NFR sektoriumi buvo susiejami pagal sudarytą susiejimo lentelę. Kuro rūšys buvo susiejamos su NAPFUE kuro kodu pagal sudarytą susiejimo lentelę (10-11 lentelės). Katilinių, kurių galingumas > 50 MW, suvartoto kuro duomenys perkeliama į inventoriaus duomenų bazę atskirai, priskiriant NFR kodą priklausomai nuo ekonominio sektoriaus ir katilinės galingumo, Visi į duomenų bazę įvesti sudeginto kuro duomenys perskaičiuojami į energijos vienetus (GJ) pagal 10 lentelę.

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

Lentelė 10. NFR sektorių kodų sąsaja su sektoriais pagal statistikos departamentą.

NFR kodas	Sektorius
1A1a e	Transformuota elektrinėse
1A1a h	Transformuota katilinėse
1A1a hg	Transformuota geotermiuose 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 11. Kuro rūšių NAPFUE kodai ir energetinės vertės.

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

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

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

3. KELIŲ TRANSPORTAS

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

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

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

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

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

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

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

Transporto priemonės yra varomos vidaus degimo 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, dalelinė medžiaga) ar dėl į variklį patekusių nedegiančių medžiagų oksidacijos (NO_x iš esančio ore N₂, SO_x iš kure ir tepale esančios S ir k.t.). Kad būtų sumažintas šalutinių produktų kiekis transporto priemonių išmetimo sistemoje sumontuojami katalizatoriai. Deja, šios priemonės taip pat gali generuoti mažus teršalus, tokių kaip NH₃ ir N₂O, kiekius.

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

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

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

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

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

Taršos faktoriams skaičiuoti buvo naudojama COPERT IV programinė įranga. Naudojantis šia programa buvo skaičiuojami kelių transporto priemonių taršos faktoriai šioms teršalams: CO, NO_x, NH₃, NMLOJ, TSP, taip pat kuro suvartojimo faktoriai. Taršos faktoriai ir kuro suvartojimo faktoriai buvo skaičiuojami kiekvienai transporto kategorijai, variklio tipui, ekologiniam standartui ir vairavimo režimui atskirai. Programos naudojami pradiniai duomenys yra skirtingų vairavimo režimų vidutiniai greičiai (magistralės, užmiesčio, miesto) kiekvienai transporto kategorijai atskirai (12 lentelė).

Lentelė 12. Vidutiniai greičiai, COPERT IV modelyje, [km/h].

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

Gauti rezultatai (taršos faktoriai ir kuro suvartojimo faktoriai) buvo perkelti į inventoriaus duomenų bazę. Iš COPERT IV sesijos rezultatų duomenų bazės į darbinę duomenų bazę importuojamos šios lentelės: tblHOTfact (darbinės temperatūros variklių taršos faktorių ir kuro faktorių lentelė), tblSector (sektorių – transporto kategorijų vardų

lentelė), tblSubsector (subsektorių – variklių tipų vardų lentelė), tblTech (technologijų – ekologinių standartų vardų lentelė). Taršos faktoriai perkelti į inventoriaus duomenų bazę taršos faktorių lentelę perskaičiuojami į [g/GJ] vienetus padalijant taršos faktorius (g/km vienetais) iš atitinkamų kuro suvartojimo faktorių (g/km vienetais) ir padauginant iš atitinkamo kuro energetinės vertės (13 lentelė).

CO, NMLOJ, NO_x, NH₃ ir TSP kiekiai bei kuro faktoriai buvo suskaičiuoti naudojant COPERT IV programą (14 – 18 lentelės). PM₁₀ ir PM_{2,5} taršos faktoriai skaičiuojami pagal TSP taršos faktorius ir pagal tokių dalelių dydžių pasiskirstymą [3]: PM₁₀ sudaro 96 % TSP, PM_{2,5} – 86,5 % TSP.

Lentelė 13. Kuro energetinės vertės.

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

Lentelė 14. Keleivinių TP taršos faktoriai [g/GJ].

Variklio tipas	Ekologijos standartas	CO	NO _x	NMVOJ	NH ₃	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}
Greitkelis								
Benzinas < 1,4 l	PRE ECE	5647,45	736,13	453,76	0,73	0	0	0
	ECE 15/00-01	8747,20	950,35	526,78	0,94	0	0	0
	ECE 15/02	3683,29	1297,18	423,62	0,89	0	0	0
	ECE 15/03	3397,90	1460,83	423,62	0,89	0	0	0
	ECE 15/04	2054,12	1274,14	334,09	0,96	0	0	0
	Euro I	1650,39	307,89	53,52	51,96	0	0	0
	Euro II	1122,26	110,84	11,24	51,96	0	0	0
	Euro III	924,22	73,89	8,03	51,96	0	0	0
Benzinas 1,4 – 2,0 l	Euro IV	561,13	40,03	1,61	51,96	0	0	0
	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
Benzinas > 2,0 l	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
	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
Dyzelinas < 2,0 l	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
	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
	Euro III	81,36	235,27	12,30	0,49	25,57	24,55	22,12

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

	Euro IV	81,36	161,94	9,99	0,49	15,98	15,34	13,83
	Conventional	179,70	402,56	28,81	0,47	79,48	76,30	68,75
Dyzelinas > 2,0 l	Euro I	81,36	305,55	14,47	0,49	35,52	34,1	30,72
	Euro II	81,36	305,55	14,47	0,49	35,52	34,10	30,72
	Euro III	81,36	235,27	12,30	0,49	25,57	24,55	22,12
	Euro IV	81,36	161,94	9,99	0,49	15,98	15,34	13,83
	Conventional	3914,25	1151,70	197,15	0	0	0	0
LPG	Euro I	1429,78	119,61	33,38	0	0	0	0
	Euro II	972,25	43,06	7,01	0	0	0	0
	Euro III	800,68	28,71	5,01	0	0	0	0
	Euro IV	486,13	15,55	1,00	0	0	0	0
	Conventional	3914,25	1151,70	197,15	0	0	0	0
Užmiestis								
Benzinas < 1,4 l	PRE ECE	8025,24	855,96	663,02	0,83	0	0	0
	ECE 15/00-01	7435,75	1058,88	645,00	1,03	0	0	0
	ECE 15/02	4144,67	1062,45	536,28	1,01	0	0	0
	ECE 15/03	4444,40	1138,77	536,28	1,01	0	0	0
	ECE 15/04	2604,71	1098,09	470,44	1,05	0	0	0
	Euro I	334,69	213,79	49,02	60,09	0	0	0
	Euro II	227,59	76,97	10,29	60,09	0	0	0
	Euro III	187,43	51,31	7,35	60,09	0	0	0
	Euro IV	113,79	27,79	1,47	60,09	0	0	0
	Conventional	6587,88	914,26	544,27	0,68	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
	Conventional	6587,88	914,26	544,27	0,68	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
	Conventional	5517,35	1167,24	455,83	0,57	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
	Euro IV	236,50	17,70	1,03	0	0	0	0

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

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

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

Variklio tipas	Ekologijos standartas	CO	NO _x	NMVOC	NH ₃	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}
Greitkelis								
Benzinas	Conventional	6054,66	1344,06	195,04	0,72	0	0	0
	Euro I	1213,08	158,92	23,24	30,50	0	0	0
	Euro II	739,98	54,03	5,58	30,50	0	0	0
	Euro III	630,80	33,37	3,25	30,50	0	0	0
	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	83,90	75,60
	Euro I	194,93	346,15	29,60	0,28	42,71	41,00	36,90
	Euro II	194,93	346,15	29,60	0,28	42,71	41,00	36,90
	Euro III	159,84	290,77	18,35	0,28	28,62	27,47	24,70
	Euro IV	126,70	235,38	6,81	0,28	14,95	14,35	12,90
Užmiestis								
Benzinas	Conventional	2316,18	1188,86	277,84	0,76	0	0	0
	Euro I	279,60	129,74	35,50	32,44	0	0	0
	Euro II	170,56	44,11	8,52	32,44	0	0	0
	Euro III	145,39	27,25	4,97	32,44	0	0	0
	Euro IV	78,29	12,97	2,13	32,44	0	0	0
Dyzelinas	Conventional	358,42	299,25	37,49	0,36	107,73	103,42	93,19
	Euro I	132,09	392,54	42,48	0,40	26,48	25,42	22,91
	Euro II	132,09	392,54	42,48	0,40	26,48	25,42	22,91
	Euro III	108,31	329,74	26,34	0,40	17,74	17,03	15,35
	Euro IV	85,86	266,93	9,77	0,40	9,27	8,90	8,02
Miestas								
Benzinas	Conventional	5800,27	518,76	641,71	0,43	0	0	0
	Euro I	1549,64	90,04	59,11	12,91	0	0	0
	Euro II	945,28	30,61	14,19	12,91	0	0	0
	Euro III	805,81	18,91	8,28	12,91	0	0	0
	Euro IV	433,90	9,00	3,55	12,91	0	0	0
Dyzelinas	Conventional	320,78	650,03	38,14	0,24	68,74	65,99	59,46
	Euro I	151,94	370,88	41,96	0,27	26,66	25,59	23,06
	Euro II	151,94	370,88	41,96	0,27	26,66	25,59	23,06
	Euro III	124,59	311,54	26,02	0,27	17,86	17,15	15,45
	Euro IV	98,76	252,20	9,65	0,27	9,33	8,96	8,07

Lentelė 16. Sunkiųjų krovinių TP taršos faktoriai [g/GJ].

Svoris	Ekologijos standartas	CO	NO _x	NM ₁₀ VOC	NH ₃	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}
Greitkelis								
3,5 – 7,5 t	Conventional	312,67	621,92	147,76	0,57	36,12	34,68	31,25
	Euro I	171,97	559,72	110,82	0,57	23,48	22,54	20,31
	Euro II	156,34	404,25	103,43	0,57	14,45	13,87	12,50
	Euro III	109,43	282,97	72,40	0,57	10,11	9,71	8,75
	Euro IV	79,73	197,77	50,68	0,57	1,91	1,84	1,66
7,5 – 16 t	Conventional	208,52	530,86	98,54	0,38	46,64	44,77	40,34
	Euro I	114,69	477,78	73,90	0,38	30,32	29,10	26,22
	Euro II	104,26	345,06	68,98	0,38	18,66	17,91	16,14
	Euro III	72,98	241,54	48,28	0,38	13,06	12,54	11,30
	Euro IV	53,17	168,81	33,80	0,38	2,47	2,37	2,14
16 – 32 t	Conventional	157,16	679,98	74,27	0,29	42,72	41,01	36,95
	Euro I	102,16	373,99	55,70	0,29	27,77	26,66	24,02
	Euro II	102,16	305,99	48,27	0,29	10,68	10,25	9,24
	Euro III	71,51	214,19	33,79	0,29	7,48	7,18	6,47
	Euro IV	52,18	149,60	23,62	0,29	1,41	1,35	1,22
> 32 t	Conventional	122,43	806,16	57,85	0,22	35,97	34,53	31,12
	Euro I	79,58	443,39	43,39	0,22	23,38	22,45	20,23
	Euro II	79,58	362,77	37,61	0,22	8,99	8,63	7,78
	Euro III	55,70	253,94	26,32	0,22	6,30	6,04	5,45
	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	262,2	0,76	60,65	58,22	52,46
	Euro I	313,68	387,71	196,65	0,76	39,42	37,84	34,1
	Euro II	287,54	304,63	183,54	0,76	24,26	23,29	20,98
	Euro III	201,28	213,24	128,48	0,76	16,98	16,3	14,69
	Euro IV	146,91	148,99	89,94	0,76	3,21	3,09	2,78
7,5 – 16 t	Conventional	317,19	648,41	159,08	0,46	71,67	68,81	62,00
	Euro I	190,31	453,89	119,31	0,46	46,59	44,72	40,30
	Euro II	174,45	356,63	111,36	0,46	28,67	27,52	24,80
	Euro III	122,12	249,64	77,95	0,46	20,07	19,27	17,36
	Euro IV	89,13	174,42	54,57	0,46	3,80	3,65	3,29
16 – 32 t	Conventional	213,60	897,96	107,13	0,31	58,36	56,03	50,49
	Euro I	128,16	538,78	69,63	0,31	37,94	36,42	32,82
	Euro II	106,80	404,08	64,28	0,31	14,59	14,01	12,62
	Euro III	74,76	282,86	44,99	0,31	10,21	9,81	8,83
	Euro IV	54,47	197,55	31,50	0,31	1,93	1,85	1,67
> 32 t	Conventional	159,10	1002,18	79,80	0,23	46,77	44,9	40,46
	Euro I	95,46	601,31	51,87	0,23	30,40	29,19	26,30
	Euro II	79,55	450,98	47,88	0,23	11,69	11,23	10,11
	Euro III	55,69	315,69	33,51	0,23	8,19	7,86	7,08
	Euro IV	40,57	220,48	23,46	0,23	1,54	1,48	1,34
Miestas								
3,5 – 7,5 t	Conventional	754,67	796,58	450,78	0,57	88,60	85,05	76,64
	Euro I	377,34	557,61	338,08	0,57	57,59	55,28	49,81
	Euro II	301,87	398,29	315,54	0,57	35,44	34,02	30,65
	Euro III	211,31	278,80	220,88	0,57	24,81	23,81	21,46
	Euro IV	153,95	195,16	154,62	0,57	4,70	4,51	4,06
7,5 – 16 t	Conventional	423,77	911,10	253,13	0,32	98,67	94,73	85,35
	Euro I	211,89	637,77	189,84	0,32	64,14	61,57	55,48
	Euro II	169,51	455,55	177,19	0,32	39,47	37,89	34,14
	Euro III	118,66	318,89	124,03	0,32	27,63	26,52	23,9
	Euro IV	86,45	223,22	86,82	0,32	5,23	5,02	4,52
16 – 32 t	Conventional	269,51	1041,22	160,98	0,20	74,78	71,78	64,68
	Euro I	148,23	572,67	80,49	0,20	48,6	46,66	42,04
	Euro II	121,28	416,49	72,44	0,20	18,69	17,95	16,17
	Euro III	84,90	291,54	50,71	0,20	13,09	12,56	11,32
	Euro IV	61,99	204,08	35,42	0,20	2,47	2,37	2,13
> 32 t	Conventional	205,19	1134,53	122,56	0,15	60,41	57,99	52,25
	Euro I	112,85	623,99	61,28	0,15	39,26	37,69	33,96
	Euro II	92,33	453,81	55,15	0,15	15,10	14,50	13,06
	Euro III	64,63	317,67	38,61	0,15	10,57	10,15	9,14
	Euro IV	47,19	222,37	26,96	0,15	1,99	1,91	1,72

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

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

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

	Euro II	108,49	411,06	73,95	0,34	12,10	11,61	10,46
	Euro III	75,94	287,74	51,76	0,34	8,47	8,13	7,32
	Euro IV	55,33	200,96	36,23	0,34	1,60	1,53	1,38
Miestas								
Miesto autobusai	Conventional	394,57	1174,31	124,13	0,19	53,96	51,80	46,67
	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
Tarp miestiniai autobusai	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 18. Motociklų taršos faktoriai [g/GJ].

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

Kelių transporto priemonių aktyvumo duomenys – sudeginto kuro kiekiai ir bendras nuvažiuotas atstumas atskirų transporto priemonių kategorijų, variklio tipų, ekologinių standartų ir vairavimo režimų duomenys buvo skaičiuojami remiantis kuro ir energijos balanso statistiniais duomenimis [17], eismo intensyvumo tyrimo rezultatais [18] bei transporto priemonių registro duomenimis (valst. įm. „Regitra“). 2011 metų eismo intensyvumo tyrimo rezultatuose pateikiami atskirų transporto priemonių kategorijų bendri nuvažiuoti atstumai magistraliniuose ir krašto keliuose atskirai. Transporto priemonių kategorijų bendri nuvažiuoti atstumai rajoniniuose ir miesto keliuose pateikti 18 lentelėje.

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

Lentelė 19. Transporto priemonių kategorijų bendri nuvažiuoti atstumai rajoniniuose ir miesto keliuose.

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

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

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

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

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

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

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

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

Transporto priemonių kategorijų bendri nuvažiuoti atstumai miesto, užmiesčio ir greitkelio režimais paskirstomi skirtingų variklio tipų ir ekologinių standartų transporto priemonių grupėms (suderinamai su COPERT IV nomenklatūra) proporcingai transporto priemonių skaičiams (VĮ „Regitra“, 20 lentelė). Benzininių keleivinių automobilių skaičius paskirstomas proporcingai tarp benzinu ir LPG varomų automobilių skaičių pagal statistinius kelių transporto benzino ir LPG suvartotus kiekius energijos (TJ) vienetais. Nustatyta, kad 62 % benzininių automobilių nuvažiuoto kelio buvo nuvažiuota naudojant benzina, 38 % – naudojant LPG. Naudojant kuro suvartojimo faktorius, suskaičiuotus COPERT IV programa, buvo skaičiuojami transporto priemonių suvartoto kuro kiekiai ir, pagal statistinius suvartoto kuro kiekius, išvedami korekcijos koeficientai benzinu, dyzelinu ir LPG varomoms transporto priemonėms atskirai. Naudojantis šiais duomenimis buvo perskaičiuojami transporto priemonių nuvažiuoti atstumai ir sudeginto kuro kiekiai atskirų transporto priemonių grupių (kategorijų, variklio tipų ir ekologinių standartų) skirtingais vairavimo režimais atskirai pritaikant korekcijos koeficientus. Atlikus šiuos perskaičiavimus buvo gauti transporto priemonių aktyvumo duomenys (20 lentelė), kurie atitinka statistinius kuro suvartojimo duomenis.

Į teršalų išmetamų į atmosferą šaltinių aktyvumo duomenų lentelę buvo įterpiami suskaičiuoti atskirų transporto priemonių grupių ir vairavimo režimų suvartoto kuro kiekiai [GJ]. Automobilių padangų, stabdžių trinkelėlių ir kelio dangos dėvėjimosi išmetamų teršalų skaičiavimams buvo naudojami transporto priemonių grupių bendri nuvažiuoti atstumai (21 lentelė).

Lentelė 20. Kelių transporto priemonių kiekis.

TP	KLASĖ	
Keleiviniai automobiliai	M1	1747557
	M2	7486
	M3	7016
Krovininiai automobiliai	N1	97214
	N2	33007
	N3	48872
Mopedai	L1	19530
	L2	22
Motociklai	L3	37612
	L4	6171
	L5	450
	L6	58
	L7	624
Priekabos	O1	110626
	O2	15021
	O3	4154
	O4	38604
Nenustatyta	N	98
Iš viso	Iš viso	2174122

Lentelė 21. Kelių transporto priemonių bendras nuvažiuotas atstumas [mln, km].

Transporto priemonė	Nuvažiutas atstumas, km
Keleiviniai automobiliai	7 502 454 100
Lengvieji krovininiai automobiliai	1 566 991 000

Sunkieji krovininiai automobiliai	1 887 711 951
Autobusai	752 344 000
Motociklai	5 632 879
Mopedai	10 176 919

3.1.2. Sieros dioksido (SO₂) kiekio vertinimas

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

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

čia $k_{S,m}$ – koeficientas, parodantis sieros kiekį m tipo kure [kg/kg kuro], LPG sudėtyje sieros nėra (22 lentelė).

Lentelė 22. Sieros dioksido (SO₂) taršos faktoriai [g/kg].

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

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

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

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

čia $k_{Pb,m}$ – m tipo benzine esančio švino koncentracija [kg/kg kuro]. Laikoma, kad švino koncentracija benzine yra 0,013 g/litre, benzino tankis – 0,75 kg/litre. Konvertavus vienetus ir apskaičiavus pagal (2) formulę, gauname taršos faktorių (23 lentelė).

Lentelė 23. Švino (Pb) taršos faktorius [mg/kg].

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

Sunkiųjų metalų teršalų kiekis priklauso nuo jų kiekio kure, todėl teršalų kiekis vertinamas pagal sudegintą kurą. Sunkiųjų metalų kiekio kure taršos faktoriai pateikti 24 lentelėje [6]. Suskystintos dujos (LPG) savo sudėtyje sunkiųjų metalų neturi, dėl to deginantiems LPG automobiliams metalų išmestas kiekis nevertinamas.

Lentelė 24. Sunkiųjų metalų taršos faktoriai visoms transporto priemonių kategorijoms [mg/kg kuro].

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

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

3.1.4. PAH ir kitų POP teršalų kiekis

PAH ir dioksinų/furanų taršos faktoriai buvo imami iš [6, 10] šaltinio, PCB – iš [6] šaltinio (25 lentelė). Taršos faktorius perkeliant į inventoriaus duomenų bazę, taršos faktoriai perskaičiuojami į masės per kuro šiluminės energijos vienetus [$\mu\text{g}/\text{GJ}$] pagal kuro suvartojimo faktorius, suskaičiuotus COPERT IV programa.

Lentelė 25. POP taršos faktoriai, [$\mu\text{g}/\text{km}$].

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

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

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

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

Pagrindinės lygtys garavimo metu išmestų į atmosferą NMLOJ¹ kiekiui įvertinti:

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

čia, $E_{EVA, VOC; j}$ yra išmestų NMLOJ kiekis dėl garavimo iš j kategorijos (kategorijos pateiktos priedo 2 lentelė) transporto priemonių per metus, [g]; N_j – benzinių transporto priemonių skaičius j kategorijoje (kategorijos pateiktos priedo 2 lentelė); e_d – išmetamas į atmosferą NMLOJ kiekis per parą iš benzinu varomų stovinčių transporto priemonių su atšalusiais varikliais, [g/diena]; S_c – NMLOJ kiekis, išmetamas į atmosferą dėl garavimo iš benzinu varomos transporto priemonės karšto variklio karbiuratoriaus plūdės kameros iš transporto priemonių stovinčių su užgesintais, bet dar neatšalusiais varikliais, [g/diena]; S_{fi} – NMLOJ kiekis, išmetamas į atmosferą iš benzinu varomos transporto priemonės karšto

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

variklio su benzino įpurškimo ir garų gražinimo sistemomis, [g/diena]; R – eigos metu išmetamas į atmosferą NMLOJ kiekis iš transporto priemonių veikiant jų varikliams, [g/metus]. Be to:

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

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

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

čia $e^{s,hot}$ yra įkaitusio variklio karbiuratoriaus plūdės kameros išmetimų taršos faktoriaus vertė (*angl*, emission factor) (priklausanti nuo benzino garų slėgio), [g/kelionė]; $e^{s,warm}$ – nepasiekusio darbinės temperatūros variklio išmetimų taršos faktoriaus vertė (priklausanti nuo benzino garų slėgio ir temperatūros), [g/kelionė]; e^{fi} – karšto variklio kuro išmetimų taršos faktoriaus vertė benzinu varomoms transporto priemonėms su kuro įpurškimo sistema, [g/ kelionė]; $e^{r,hot}$ – karšto variklio eigos metu išmestų NMLOJ taršos faktoriaus vertė benzinu varomoms transporto priemonėms (priklausantis nuo benzino garų slėgio ir temperatūros), [g/km]; $e^{r,warm}$ – nepasiekusio darbinės temperatūros variklio eigos metu išmetamų į atmosferą NMLOJ taršos faktoriaus vertė benzinu varomoms transporto priemonėms (priklausanti nuo benzino garų slėgio ir temperatūros), [g/km] (priklausantis nuo nP ir t_a); q – benzinu varomų transporto priemonių su kuro įpurškimu frakcija [%]; p – kelionių su karštu varikliu frakcija (apibrėžiama kaip $1-w$); w – kelionių, kurios baigiasi esant šaltam arba šiltam varikliui ($< 70^\circ\text{C}$) arba prieš įsijungiant katalizatoriui, frakcija (priklauso nuo vidutinės mėnesio aplinkos temperatūros ir vidutinio apskaičiuoto kelionės ilgio, l_{trip}) [%]; x – vidutinis transporto priemonės kelionių skaičius per dieną, metinis vidurkis ($x = v_j / (365 \cdot l_{trip})$); m_j – j kategorijos benzinu varomos transporto priemonės bendra metinė rida [km].

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

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

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

Lentelėje 26 pateikiami NMLOJ garavimo taršos faktoriai ir emisijos sparta [4]. Jie apskaičiuoti Lietuvai naudojantis oficialiais „Regitros“ duomenimis apie transporto priemonių kiekį 2011 metais. Taršos faktoriai [4] literatūroje pateikti žiemos ir vasaros sezonams atskirai; įvedant taršos faktorius į inventoriaus duomenų bazę atitinkami vasaros ir žiemos sezonų taršos faktoriai sudedami – gaunami metiniai taršos faktoriai. Paros ir karšto kuro, eigos nuostolių kiekiai skaičiuojami kiekvienai kelių transporto kategorijai atskirai; skaičiavimams naudojami Valstybės Įmonės „Regitros“ transporto priemonių registro duomenys ir mūsų įvertintos transporto priemonių ridos (20 lentelė).

Lentelė 26. Benzino garavimo NMLOJ taršos faktoriai [4].

	NMLOJ taršos faktoriai	Vienetai
Lengvosios TP		
Paros iš stovinčių su atšalusiais varikliais ir dėl garavimo iš karšto variklio transporto priemonių išmetamas kiekis vasarą	3642,000	g/transporto priemonei
Paros iš stovinčių su atšalusiais varikliais ir dėl garavimo iš karšto variklio transporto priemonių išmetamas kiekis žiemą	4807,000	g/transporto priemonei
Eigos metu išmetamas NMLOJ kiekis vasarą	0,022	g/km
Eigos metu išmetamas NMLOJ kiekis žiemą	0,006	g/km
Lengvosios komercinės TP		
Paros iš stovinčių su atšalusiais varikliais ir dėl garavimo iš karšto variklio transporto priemonių išmetamas kiekis vasarą	3642,000	g/transporto priemonei
Paros iš stovinčių su atšalusiais varikliais ir dėl garavimo iš karšto variklio transporto priemonių išmetamas kiekis žiemą	4807,000	g/transporto priemonei
Eigos metu išmetamas NMLOJ kiekis vasarą	0,022	g/km
Eigos metu išmetamas NMLOJ kiekis žiemą	0,006	g/km
Motociklai		
Paros iš stovinčių su atšalusiais varikliais ir dėl garavimo iš karšto variklio transporto priemonių išmetamas kiekis vasarą	1457,000	g/transporto priemonei
Paros iš stovinčių su atšalusiais varikliais ir dėl garavimo iš karšto variklio transporto priemonių išmetamas kiekis žiemą	1923,000	g/transporto priemonei
Eigos metu išmetamas NMLOJ kiekis vasarą	0,009	g/km
Eigos metu išmetamas NMLOJ kiekis žiemą	0,002	g/km

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

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

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

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

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

čia E – automobilių padangų, stabdžių ir kelio dangos dėvėjimosi metalų emisija [g/metus], A – transporto priemonės nuvažiuotas kelias [km], EF – automobilių padangų, stabdžių ir kelio dangos dėvėjimosi TSP taršos faktorius [g TSP/km], SF – sunkiųjų metalų, esančių TSP sudėtyje, frakcija. Sunkiųjų metalų frakcijos TSP pateiktos 29-30 lentelėse. Sunkiųjų metalų taršos faktoriai suskaičiuojami kiekvienai transporto kategorijai

padangų, stabdžių trinkelėlių ir kelio dangos dėvėjimosi procesams atskirai padauginus TSP taršos faktorių iš atitinkamos sunkiojo metalo frakcijos.

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

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

Lentelė 28. Automobilių padangų, stabdžių ir kelio dangos dėvėjimosi KD_{10} taršos faktoriai [4].

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

Lentelė 29. Automobilių padangų, stabdžių ir kelio dangos dėvėjimosi $KD_{2,5}$ taršos faktoriai [11].

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

Lentelė 30. Sunkiųjų metalų frakcijos automobilių padangų, stabdžių ir kelio dangos dėvėjimosi TSP emisijoje [4].

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

4. NE KELIŲ TRANSPORTAS IR KITOS TRANSPORTO PRIEMONĖS

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

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

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

SO₂ taršos faktoriai mazutui ir aviaciniam benzinui suskaičiuojami [5] metodikoje nurodytą daugiklį padauginus iš kuro sieringumo. Skaičiavimo rezultatai pateikti 31 lentelėje.

Lentelė 31. SO₂ taršos faktoriai, [kg/GJ].

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

Vandens transporto TSP, PM₁₀ ir PM_{2,5} taršos faktoriai paimti iš [3] literatūros (32-33 lentelės).

Lentelė 32. Vandens transporto TSP, PM₁₀ ir PM_{2,5} taršos faktoriai, [g/GJ].

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

Lentelė 33. Kietųjų dalelių dydžių pasiskirstymas, [%].

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

Kitų ne kelių transporto pagrindinių teršalų, taip pat ir tiesiogiai nurodytų, taršos faktoriai perkelti į inventoriaus duomenų bazę iš nacionalinių taršos faktorių duomenų bazės, sudarytos pagal [5] metodikoje pateiktus taršos faktorius. PM₁₀ ir PM_{2,5} taršos faktoriai suskaičiuojami pagal TSP taršos faktorius ir [3] šaltinyje nurodytus kietųjų dalelių dydžių pasiskirstymus (34 lentelė).

Tarptautinių skrydžių lėktuvų pakilimo – nusileidimo ciklą (LTO) išmetami kiekiai skaičiuojami pagal pakilimų – nusileidimų kiekį. [10] šaltinyje pateikti įvairių lėktuvų modelių LTO taršos ir kuro suvartojimo faktoriai (35 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. Perkelti duomenis į inventoriaus duomenų bazę lėktuvų modelių taršos faktoriai perskaičiuojami į [g/GJ].

Lentelė 34. Taršos faktoriai tarptautinių skrydžių lėktuvų pakilimo – nusileidimo ciklams, [g/LTO].

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

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

Sunkiųjų metalų taršos faktoriai buvo imami iš [10] šaltinio, kuriame nurodomi taršos faktoriai iš dyzelinių ir benzininių variklių, taip pat mazuto bei distiliuoto kuro (gazolio), naudojamų vandens transporte (35 lentelė).

Lentelė 35. Sunkiųjų metalų taršos faktoriai, [g/t].

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

POP taršos faktoriai buvo imami iš [10] šaltinio, kuriame nurodomi taršos faktoriai dyzeliniams ir keturtakčiams benzininiams varikliams. Dvitakčiams benzininiams varikliams POP taršos faktoriai minėtoje literatūroje nenurodomi. Be to, nėra duomenų, kiek ne kelių transporto sektoriuje yra dvitakčių ir kiek keturtakčių benzininių variklių, todėl POP išmestas kiekis iš sudeginto benzino šiame sektoriuje skaičiuojamas naudojant keturtakčių benzininių variklių taršos faktorius (36 lentelė).

Lentelė 36. POP taršos faktoriai dyzeliniams ir keturtakčiams benzininiams varikliams, [μg/kg].

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

Sunkiųjų metalų ir POP taršos faktoriai, perkelti juos į CORINAIR duomenų bazę, perskaičiuojami į [mg/GJ] pagal kuro rūšių šiluminės energetinės vertės (37 lentelė).

Lentelė 37. Kuro rūšių NAPFUE kodai ir energetinės vertės, [GJ/t].

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

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

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

Ne kelių transporto priemonių išmestas į atmosferą kiekis vertinamas pagal sudeginto kuro kiekį šiame sektoriuje. Sudeginto kuro kiekiai šiame sektoriuje buvo imami iš statistikos departamento leidinio „Kuro ir energijos balansas“ [7], lėktuvų pakilimo – nusileidimo ciklų (LTO) skaičius buvo imamas iš statistikos departamento leidinio „Transportas ir ryšiai“ [11] (paimtas pakilusių lėktuvų skaičius) (38 – 39 lentelės). Tarptautinių skrydžių oro transporto sudegintas kuro kiekis buvo suskirstytas į sudegintą kuro kiekį LTO cikluose (< 1000 m) ir sudegintą kuro kiekį skrendant aukščiau 1000 m: kuro suvartojimo faktorius dauginamas iš LTO skaičiaus ir gaunamas kuro kiekis sudegintas LTO cikluose; likęs kuro kiekis sudeginamas skrendant aukščiau 1000 m (38 lentelė). Vietiniams skrydžiams sudegintas kuro kiekis iki ir virš 1000 m neskirstomas.

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

Lentelė 38. Sektorių pagal statistikos departamento leidinį „Kuras ir energijos balansas“ [7] susiejimo su NFR klasifikacijos kodu lentelė.

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

Lentelė 39. Kuro kiekio, sunaudoto tarptautinių skrydžių oro transporte 2009-2011 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
2242		18836	474,29048	1767,70952
2505		19750	497,35	1707,65

5. GAMINIŲ GAMYBOS PROCESAI

Šis skyrius apima gamybos procesų išmetamus teršalų kiekius, patenkančius į NFR sektorius 2A, 2B ir 2D. Lietuvos gamybos procesų išmestas teršalų kiekis buvo vertinamas 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. Gaminiai klasifikuojami pagal Produktų, gaminių ir paslaugų klasifikatorių (PGPK). Šis klasifikatorius yra nacionalinė Europos Sąjungoje naudojamo PRODCOM gaminių sąrašo, į kurį papildomai įtraukti tik Lietuvai būdingi ar svarbūs gaminiai, versija. Šių gaminių kiekiai buvo imami iš Statistikos Departamento leidinio „Gaminių gamyba“ [12]. Leidinyje naudojamo PGPK kodo susiejimas su NFR kodu pateiktas 40 lentelėje. Kitų gaminių (cemento, amonio, azoto rūgšties, sieros rūgšties, fosfato trąšų, karbamido, amonio nitrato, formaldehido ir metanolio) gamybos procesų išmetamas į atmosferą kiekius gamyklos atsiskaito tiesiogiai.

Informaciją apie pagamintus ir parduotus gaminius pateikė apie 3300 Lietuvos įmonių, reprezentuojančių gaminių gamybą Lietuvos pramonės ir nepramoninės įmonės, gaminančiose pramonės produkcija.

Lentelė 40. 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, arklienos, 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 gelavandenė žuvis
1520127000	2D2 4m	Užšaldyta žuvų filė

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

1520129000	2D2 4m	Užšaldyta žuviena be kaulų (išskyrus filė)
1520133000	2D2 4m	Džiovinta, 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 Dunojaus lašišas, silkes)
1520137000	2D2 4m	Džiovinta sūdyta ar nesūdyta žuvis, sūdyta nedžiovinta žuvis, žuvis užpilta sūrymu (išskyrus filė ir rūkytą)
1520141200	2D2 4m	Paruoštos ar konservuotos silkės, nesupjaustytos arba gabalais, bet nesmulkintos (įskaitant acte, aliejuje ar marinate, tešloje) (išskyrus džiovintas, sūdytas, užpiltas sūrymu ar rūkytas)
1520141500	2D2 4m	Paruoštos ar konservuotos skumbrės, nesupjaustytos arba gabalais, bet nesmulkintos (įskaitant acte, aliejuje ar marinate, tešloje) (išskyrus džiovintas, sūdytas, užpiltas sūrymu ar rūkytas)
1543103000	2D2 4f	Margarinas ir panašios sumažinto ir mažo riebumo pastos (išskyrus skystąjį margariną)
1571101000	2D2 4a	Ūkio gyvulių pašarų premiksai
1571103000	2D2 4a	Mišiniai naudojami ūkio gyvulių pašarams (išskyrus premiksus)
1572103000	2D2 4a	Šunų ir kačių ėdalas, skirtas mažmeninei prekybai
1572106000	2D2 4a	Mišiniai, naudojami naminiams gyvūnėliams šerti (išskyrus mišinius katėms arba šunims šerti, skirtus mažmeninei prekybai)
1581110000	2D2 4b	Šviežia duona, kurioje cukraus yra ne daugiau kaip 5%, o riebalų ne daugiau kaip 5% sausos medžiagos masės (išskyrus duoną su medaus, kiaušinių, sūrio, vaisių arba uogų priedais)
1581120000	2D2 4c	Pyrago ir konditerijos gaminiai; kiti kepiniai su saldžiųjų medžiagų priedais
1582113000	2D2 4c	Duonos traškučiai
1582115000	2D2 4c	Džiūvėsiai, skrebučiai ir panašūs skrudinti gaminiai
1582123000	2D2 4c	Meduoliai su imbieru ir panašūs gaminiai
1582125300	2D2 4c	Saldieji sausainiai ir paplotėliai, vafLIAI ir vafliukai visiškai ar dalinai padengti ar apipilti šokoladu ar kitais su kakava 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, apkepus su įdaru, picas; išskyrus sumuštinius, duonos traškučius, vaflius, sausblynus, džiūvėsius, skrudintus, kvapintus ar sūdytus presuotus arba kočiotus produktus)
1583123000	2D2 4s	Rafinuotas baltasis kietasis cukranendrių ar runkelinis cukrus
1585113000	2D2 4c	Nevirti miltiniai tešlos gaminiai su kiaušiniais (išskyrus įdarytus ar kitaip paruoštus)

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

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, 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 plėtrųjį polistireną)
2416302500	2B5 j2	Pirminių formų plastifikuotas su kitomis medžiagomis sumaišytas polivinilchloridas
2416513000	2B5 j3	Pirminių formų polipropilenas
2652103300	2A2	Negesintos kalkės

Gamybos procesų taršos faktoriai paimti iš [6] šaltinio ir CORINAIR duomenų bazės. Apibendrinti taršos faktoriai pateikti 41 ir 42 lentelėse.

Lentelė 41. Gamybos procesų PM taršos faktoriai, [g/t produkcijos].

Procesas	PM taršos faktorius
Kalkių gamyba	2967

Lentelė 42. Organinių cheminių medžiagų ir maisto gamybos procesų NMLOJ taršos faktoriai, [g/t produkcijos].

Procesas	NMLOJ taršos faktorius
Polietileno gamyba	5700
Polivinilchlorido gamyba	1500
Polipropileno gamyba	3000
Polistireno gamyba	2600
Vyno gamyba [g/m ³]	350
Alaus gamyba [g/m ³]	350
Spirito gamyba [g/m ³]	150000
Pašarų gamyba	1000

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

Duonos gamyba	4500
Pyragų, sausainių gamyba	1000
Margarino gamyba	10000
Mėsos, žuvies, paukštienos gamyba	300
Cukraus gamyba	10000

6. ŽEMĖS ŪKIO SEKTORIUS

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

6.1. Naminių gyvulių mėšlo tvarkymo metu išmestas teršalų kiekis

Naminių gyvulių ir paukščių skaičius buvo imamas iš Statistikos Departamento leidinio „Gyvulių skaičius“ [13]. Mėšlo tvarkymo proceso metu išmestas į atmosferą teršalų kiekis paskirstytas tarp regionų pagal naminių gyvulių kiekį apskrityse. Pertvarkyti pagal CORINAIR nomenklatūrą naminių gyvulių ir paukščių kiekiai apskrityse pateikti 43 lentelėje. Naminių gyvulių rūšių susiejimas su NFR kodu pateiktas 44 lentelėje.

Lentelė 43. Naminių gyvulių ir paukščių skaičius 2011 m.

<i>Galvijai</i>	
Karvės (melžiamos 2 metų ir vyresnės)	770,7
Kiaulės	847,9
Avys ir ožkos	67,2
Avys	52,5
Arkliai	49,0
Paukščiai	9227,4
Viso	10962,2

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

Lentelė 44. Naminių gyvulių mėšlo tvarkymo NH₃ taršos faktoriai [g/galvai].

<i>NFR kodas</i>	<i>Sektorius</i>	<i>NH₃ taršos faktorius</i>
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 išmetamas kiekis iš dirvos

Tiesioginės NH₃ išmetamas kiekis iš dirvos vertinimui (NFR kodas 4D1 i) buvo imamas Lietuvoje parduotų azoto trąšų kiekis iš Statistikos Departamento leidinio „Gaminių gamyba“ [12]. Parduotų azoto trąšų kiekiai leidinyje pateikiami azoto masės vienetais, išskyrus gaminius, kurių kodai pagal PGPK yra 2415802300 ir 2415802500. Šių gaminių azoto masė apskaičiuojama laikant, kad azoto masė trąšose sudaro 10 % trąšų

IŠMETAMŲ Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ TYRIMAI, ĮVERTINIMAS IR PROGNOZĖ

masės (45 lentelė). Laikoma, kad Lietuvoje pagamintų ir parduotų trąšų masė lygi Lietuvoje sunaudotų trąšų masei.

Lentelė 45. Azoto trąšų PGPK kodai ir daugikliai.

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

Tiesioginė NH_3 išmetami kiekiai iš dirvos skaičiuojami pagal žemės ūkyje sunaudotų azotinių trąšų azoto masę. Tiesioginės NH_3 taršos iš dirvos faktorius buvo imamas iš [10] šaltinio. Gauti rezultatai pateikiami 46 lentelėje.

Lentelė 46. Tiesioginės NH_3 taršos iš dirvos.

Trąšų sunaudojimas, [t]	Taršos faktorius, [g NH_3 /t N]
16255	80000

7. KITI ŠALTINIAI

7.1. Naftos gavyba ir jos produktų paskirstymas

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

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

NMLOJ garavimas iš žaliavinės naftos ir jos produktų vyksta:

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

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

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

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

Degalinėms turi būti įskaityti šie galimi nuostoliai:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Pagrindiniai degalinių savininkai Lietuvoje yra šios bendrovės, kurios yra traktuojamos kaip degalinių tinklo savininkės (47 lentelė).

Lentelė 47. Lietuvos degalinės ir atitikimas direktyvos 94/63/EC reikalavimams.

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

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

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

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

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

Literatūroje [14] pateiktas suskaičiuotas ir detalizuotas kuro nuostolių kiekis 2003 metams atsižvelgiant į Lietuvoje naudojamų kuro talpyklų technines charakteristikas bei jų atitikimą direktyvos 94/63/EC reikalavimams. Naudojantis šiais rezultatais buvo apskaičiuoti taršos faktoriai 2005 metų emisijų skaičiavimams (48 lentelė).

Lentelė 48. Kuro nuostolių NMLOJ taršos faktoriai.

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

7.2. Dažų, tirpiklių ir kitų produktų naudojimas

Buvo įvertintos Lietuvos pramoninio ir nepramoninio dažymo, metalų nuriebalinimo, klijų ir lipnių juostų, tirpiklių naudojimo namų ūkyje NMLOJ išmetas į atmosferą kiekis (NFR sektoriai 3A, 3B ir 3D). Šių sektorių teršalų kiekiai buvo vertinti pagal gyventojų skaičių 2011 metų pradžioje. [10] šaltinyje pateikti įvairių Europos šalių vidutiniai NMLOJ taršos faktoriai [g/gyventojui]. Apibendrinti ir vertinime naudoti NMLOJ taršos faktoriai pateikti 49 lentelėje.

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

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

7.3. Biogeninės kilmės išmestas į atmosferą teršalų kiekis

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

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

Aplinkos korekcijos faktoriai izoprenui [16, 20]:

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

čia C_T – temperatūros korekcija, C_L – šviesos korekcija.

Šviesos korekcija:

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

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

Temperatūros korekcija:

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

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

Aplinkos korekcijos faktoriai monoterpenui [16, 20]:

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

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

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

Γ -mts = Γ -ovoc		Γ -iso	
6-mėn.	12-mėn.	6-mėn.	12-mėn.
675	813	516	613
Žemės danga		NMVOC taršos faktoriai, [g/ha]	
Miesto	7488		898,69
Sausi pasėliai	2223305		2366,74
Drėgni pasėliai	828061		3952,09
Vejos	428134		3098,44
Pievos	522490		19594,06
Ganyklos	880		2495,47
Krūmokšniai	224026		17875,26
Krūmai	3591		36192,32
Lapuočių miškai	413773		53218,23
Spygliuočių miškai	724834		84671,95
Mišrūs miškai	719636		52248,64

7.4. Miškų ir kitos augmenijos gaisrai

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

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

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

čia 0,45 yra vidutinė anglies frakcija sudegintoje medienoje, "A" yra išdegusio miško plotas (m^2), "B" vidutinė sudegtos medžiagos biomasė ploto vienetu (kg/m^2), " α " - vidutinės sudegtos medžiagos biomasės frakcija, susijusi su bendra biomasė B, " β " - biomasės degimo efektyvumas [Spanish CORINAIR 1990-93 inventories]. Šie taršos faktoriai parodyti 50 – 51 lentelėse.

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

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

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

Išdegusio miško plotas, [ha]	Teršalas	Taršos faktorius, [g/ha]
289,81	CO	3881000
	NH ₃	30000
	NMLOJ	354000
	NO _x	135000
	SO ₂	30000

8. IŠMESTAS Į ATMOSFERĄ TERŠALŲ KIEKIS LIETUVOJE 2011 METAIS

Remiantis 1 – 6 skyriuose išdėstyta teršalų vertinimo metodologija buvo sudaryta inventoriaus duomenų bazė ir atskirai kiekvienam detaliausio lygio išplėstinės NFR nomenklatūros sektoriui suskaičiuoti išmestų į atmosferą teršalų kiekiai, kurie agreguoti pagal reikalaujamo detalumo lygio NFR klasifikaciją bei užpildytos ataskaitinės lentelės IV 1, IV 2A, IV 2B, IV 2C, IV 2D, IV 2E, IV 3A, IV 3B ir IV 3C. 52 lentelėje pateiktas įvertintas Lietuvos 2011 metų išmestų į atmosferą teršalų kiekis. Pagal NFR sektorių išskirti kiekvienos teršiančios medžiagos pagrindiniai šaltiniai, įvertintas kiekvieno pagrindinio šaltinio indėlis į bendrą teršalų kiekį. Gauti rezultatai pateikti lentelėje teršalų išmesto kiekio mažėjimo tvarka. Pagrindiniais šaltiniais laikomi tie sektoriai, kurių bendras kiekis sudaro 95 %.

Lentelė 51. Svarbiausios šaltinių kategorijos ir jų indėlis į bendrą teršalų kiekį 2011 m.

Teršalas	Pagrindiniai sektoriai								(%)
SOx	1 B 2 a iv (23.7%)	1 A 2 f ii (17.0%)	1 A 4 b i (16.0%)	1 A 1 c (13.0%)	1 A 1 a (9.5%)	1 A 4 a i (8.1%)			87.3
NOx	1 A 3 b iii (37.6%)	1 A 3 b i (11.1%)	1 A 1 a (10.3%)	1 A 1 c (5.6%)	1 A 3 c (5.6%)	1 A 2 f ii (5.0%)	1 A 4 b i (3.9%)	1 A 4 c ii (3.6%)	82.8
NH3	4 B 1 a (38.7%)	4 B 8 (20.6%)	4 B 1 b (18.5%)	4 D 1 a (9.3%)					87.1
NMVOc	3 A 2 (21.9%)	1 A 4 b i (21.0%)	2 D 2 (12.0%)	1 B 2 a iv (11.2%)	1 A 3 b i (4.2%)	3 D 2 (3.9%)	3 B 1 (3.1%)	3 D 3 (2.9%)	80.3
CO	1 A 4 b i (66.8%)	1 A 3 b i (14.5%)							81.3
TSP	1 A 4 b i (37.7%)	1 A 2 f ii (16.9%)	1 A 1 a (12.8%)	1 A 1 c (10.2%)	1 A 4 a i (8.9%)				86.5
PM10	1 A 4 b i (42.2%)	1 A 1 a (14.2%)	1 A 2 f ii (13.9%)	1 A 4 a i (7.6%)	1 A 1 c (6.7%)				84.7
PM2.5	1 A 4 b i (48.0%)	1 A 1 a (16.1%)	1 A 2 f ii (10.1%)	1 A 4 a i (6.0%)					80.2
Pb	1 A 3 b i (47.4%)	1 A 1 a (14.2%)	1 A 3 b vi (13.5%)	1 A 3 b iii (8.6%)					83.6
Hg	1 A 1 a (90.6%)								90.6
Cd	1 A 1 a (74.4%)	1 A 1 b (12.9%)							87.3
DIOX	1 A 4 b i (86.5%)								86.5
PAH	1 A 4 b i (94.6%)								94.6

IŠVADOS

Atlikta detali šalies SO₂, NO_x, NMLOJ, CO, NH₃, TSP, PM₁₀, PM_{2,5}, sunkiųjų metalų (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn) ir patvariųjų organinių teršalų išmetamų į atmosferą kiekių inventorizacija, įvertintos kritinės apkrovos pagal 50x50 km² EMEP tinklelį. Šalies išmestų į atmosferą teršalų kiekiai įvertinti pagal nacionalinę arba EMEP/EEA metodiką, keleto sektorių kai kurių teršalų kiekiai įvertinti pagal užsienio šalių metodikas. Kelių transporto priemonių kiekiai įvertinti pagal COPERT IV metodiką. Vertinant pastangas mažinti išmetamų teršalų kiekius ir pažangą dažnai naudojamas rodiklis, apibūdinantis dabartinę būklę 1990 ir 2005 m. lygio atžvilgiu, todėl atlikta teršalų, išmestų į atmosferą kiekių 1990 ir 1995 ir 2005 m. inventorizacija.

2011 metų šalies teršalų kiekio vertinimo metu patobulinta kelių transporto aktyvumo duomenų inventorizacija: inventorius duomenų bazėje atnaujinti eismo intensyvumo duomenys, remiantis atliktais naujausiais 2006 – 2011 metų eismo intensyvumo tyrimais Lietuvos krašto ir magistraliniuose keliuose. Įvertinti atliekų sektoriaus išmesti į atmosferą teršalų kiekiai.

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

Teršalų, išmetamų į atmosferą kiekio mažėjimas rodo, kad įdiegtos naujos kuro deginimo technologijos energetikos ir pramonės įmonėse, didesnė gamtinių dujų sąnaudų dalis pirminės energijos balanse, sąlygojo ekologinio efektyvumo pažangą. Bendrosios šalies kuro ir energijos sąnaudos 2011 m., palyginti su 2010 m., padidėjo 3,3 % ir sudarė 7290 (2010 m. – 7054) tūkstančio tonų naftos ekvivalentu.

2011 metais didžiausią bendrųjų šalies kuro ir energijos sąnaudų dalį užėmė gamtinės dujos (37,3 %) ir naftos produktai (33,5 %). 2011 m., palyginti su 2010 m., galutinis energijos suvartojimas sumažėjo 1,5 procento. Galutinių vartotojų struktūroje šiuo metu vyrauja transporto ir namų ūkių sektoriai, kur 2011 m. buvo suvartota atitinkamai 32,7 ir 32,5 % šalies ūkio šakoms patiektos energijos

LITERATŪRA

1. Directive 2001/81/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2001 on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants.
2. Jaskelevičius, B. (1997), Organinio kuro degimo produktų emisijos faktoriai, Vilnius.
3. International Institute for Applied Systems Analysis (2002), Modelling Particulate Emissions in Europe.
4. U.S. Environmental Protection Agency (1998), Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Polycyclic Organic Matter.
5. TNO (1995), TNO-Report TNO-MEP – 95/247: Technical Paper to the OSPARCOM-HELCOM-UNECE Emission Inventory of Heavy Metals and Persistent Organic Pollutants.
6. Institute of Environmental Protection (2004), Emission Inventory of SO₂, NO₂, NH₃, CO, PM, NMVOCs, HMs, and POPs in Poland in 2002.
7. Statistikos Departamentas (2012), Kuro ir energijos balansas 2011, ISSN 1648-0821, psl. 60.
8. VĮ Transporto ir kelių tyrimo institutas (2005), Valstybinės reikšmės kelių eismo intensyvumo duomenų kaupimas ir atnaujinimas, II tomas.
9. Ntziachristos L. and Samaras Z. (ETC/AEM)(2000), COPERT III Computer programme to calculate emissions from road transport, Methodology and emission factors (Version 2.1).
10. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook — 2009.
11. Statistikos Departamentas (2012), Transportas ir ryšiai 2011, ISSN 1648-0279.
12. Statistikos Departamentas (2012), Gaminių gamyba 2011, ISSN 1648-5777.
13. Statistikos Departamentas (2012), Žemės ūkis 2011, ISSN 1648-0368.
14. ECOLAS, Devoldere, K., Van Hyfte, A., Callebaut, K. and Vermoote S. (2006), Proposed improvements for the system for emission control in Lithuania.
15. European Parliament and Council Directive 94/63/EC of 20 December 1994 on the control of volatile organic compound (VOC) emissions resulting from the storage of petrol and its distribution from terminals to service stations.
16. Guenther A. B., P. R. Zimmerman, P. C. Harley, R. K. Monson and R. Fall, Isoprene and Monoterpene Emission Rate Variability – Model Evaluations and Sensitivity Analyses, J. Geophys. Res. Atmos. 98(D7), 12 609–12 617 (1993)
17. Vilniaus Universiteto Ekologijos institutas, LIETUVOS CORINE ŽEMĖS DANGA-2000, 2004.
18. Valstybinė miškotvarkos tarnyba, Lietuvos miškų ūkio statistika 2007, 2007.
19. Kaunas University of Technology (2001), Implementation of Directive 94/63/EC on the control of volatile compound (VOC) emissions resulting from the storage of petrol and its distribution from terminals to petrol stations.
20. Seiler, W. and P. J. Crutzen, 1980. Estimates of gross and net fluxes of arbon between the biosphere and the atmosphere from biomass burning. Climatic Change 2, 207-247

II SKYRIUS

IVADAS

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

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

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

Darbo uždaviniai:

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

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

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

1. KRITINIŲ APKROVŲ MODELIAVIMO SAUSUMOS EKOSISTEMOMS PRINCIPAI

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

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

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

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

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

1.1. Maistinio azoto (eutrofikacijos) kritinės apkrovos

1.1.1. Modelio išvedimas

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

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

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

Lygties (1.1) supaprastinimo prielaidos:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.1.2. Prielaida dėl azoto išplovimo

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

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

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

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

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

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

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

1.1.3. Įvesties duomenų kilmė ir šaltiniai

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

Azoto kaupimasis:

N_i - ilgalaikis N kaupimasis šaknų zonoje, t.y. besitęsiantis 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 zonose, kiekiai iki 1 kgN/ha/metai (71,428 ekv./ha/metai) galėtų būti naudojami N_i , nesukeliantys netvaraus azoto kaupimosi grunte. Pažymėtina, kad kritinės apkrovos skaičiavimams buvo naudojamos net didesnės vertės (arčiau prie dabartinių kaupimosi normų). Nors ir buvo vykdomi tyrimai dėl miškų pajėgumų absorbuoti azotą (Sogn et al., 1999), nėra sutarimo dėl ilgalaikių tvarių kaupimosi normų.

1.1.4. Azoto įsisavinimas

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

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

N kiekis iškirstoje biomassėje (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 m³/ha/metai, p_{st} – medžio kamieno (medienos) tankis [kg/m³], 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/m³ spygliuočiams ir 550 – 700 kg/m³ lapuočiams medžiams. Šakų ir kamienų santykis yra apie 0,15 kg/kg spygliuočiams ir 0,20 kg/kg lapuočiams medžiams (Kimmins et al., 1985; De Vries et al., 1990). Pagal švedų duomenis (Rosén, 1990; Reinds et al., 2001) N kiekis kamienuose yra 1 g/kg spygliuočiuose ir 1,5 g/kg lapuočiuose medžiuose, tuo tarpu visų medžių šakose N kiekis yra 4 g/kg pietinėje ir 2 g/kg šiaurinėje Švedijoje. Jacobsen et al. (2002) apibendrino didelį kiekį šių tyrimų rezultatų. 2 lentelėje pateiktos vidutinės sudedamųjų elementų vertės keturioms pagrindinėms medžių rūšims, atskirai kamienui ir šakoms. Norint gauti azoto kiekius [ekv./kg] vienetais, duotos vertės turi būti padaugintos iš 1/14 = 0,07143.

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

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

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

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

1.1.5. Denitrifikacija

Dutch ir Ineson (1990) pateikė duomenis apie denitrifikacijos rodiklius. Tipiškos N_{de} vertės šiaurinėms ir vidutinio klimato ekosistemoms apima 0,1 – 3,0 kgN/ha/metai (7,14 – 214,3 ekv./ha/metai) diapazoną, kur didesni dydžiai taikomi šlapiems dirvožemiams, o gerai 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: $f_{de} = 0,8$ durpiniams dirvožemiams, 0,7 molingiams dirvožemiams, 0,5 smėliniams dirvožemiams su chloro priemaišomis ir $f_{de} = 0 - 0,1$ smėliniams dirvožemiams be chloro priemaišų. Reinds et al. (2001), susiejo denitrifikacijos frakciją, su dirvožemio drenažo būkle (3 lentelė).

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

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

1.1.6. Kritulių perteklius

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

1.2. Rūgštėjimo kritinės apkrovos

1.2.1. Paprastas masės balanso (SMB) modelis

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

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

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

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

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

Šią lygtį derinant su (2.9) gauname:

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

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

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

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

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 adsorbicija, kaupimasis, redukcija bei nusėdimas, atitinkamai. Apžvelgdamas sieros ciklą miškuose, Johnson (1984) teigia, kad sieros sugėrimas, kaupimasis ir redukcija nėra reikšmingi.

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

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

Azoto masės balansas dirvožemyje išreiškiamas taip:

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

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

Atsižvelgiant į tai lygtį galime supaprastinti:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Šie trys kintamieji ($CL_{max}(S)$, $CL_{min}(N)$ ir $CL_{max}(N)$) apibrėžia kritinių apkrovų funkciją (CLF, pav. 6(a)). Kiekviena nusėdimo pora (N_{dep} , S_{dep}) šiame paveiksle yra rūgštinančių sieros ir azoto kritinės apkrovos.

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

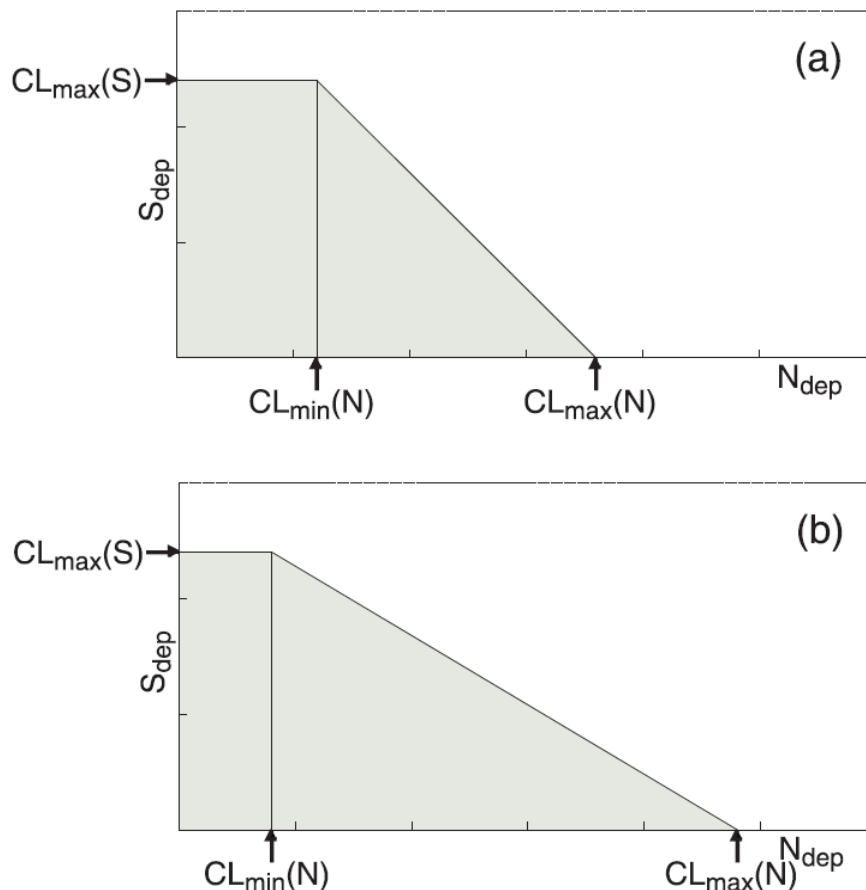
denitrifikacija tiesiškai priklauso nuo suminio azoto nusėdimo. (1.4) lygties N_{de} išraišką įterpus į (1.24) lygtį gausime tokias $CL_{min}(N)$ ir $CL_{max}(N)$ išraiškas:

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

ir

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

čia f_{de} ($0 \leq f_{de} < 1$) yra denitrifikacijos funkcija. Kritinės apkrovos funkcijos pavyzdys, kai $f_{de} > 0$ yra pateiktas 6(b) paveiksle.



Pav. 6 Sieros ir rūgštinančio azoto kritinių apkrovų funkcija (CLF), gauta naudojantis trimis dydžiais: $CL_{max}(S)$, $CL_{min}(N)$ ir $CL_{max}(N)$. (a) pastovi denitrifikacija N_{de} su vėlesniu 45° CLF mažėjimu; (b) nuo nusėdimo priklausanti denitrifikacija, vykstanti esant mažesniai $CL_{min}(N)$ ir nuožulnesniu mažėjimu, priklausančiu nuo f_{de} . Pilkas plotas po CLF žymi nusėdimą, kai ANC išplovimas yra didesnis nei $ANC_{le,crit}$ (nėra viršijamos kritinės apkrovos).

1.2.2. Rūgšties neutralizacijos gebos cheminiai kriterijai ir kritiniai išplovimai

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

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

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

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

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

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

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

Aliuminio kriterijai:

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

(a) kritinė aliuminio koncentracija.

Kritinės Al ribos yra skaičiuojamos miškų dirvožemiams ($[Al]_{crit} = 0,2 \text{ ekv./m}^3$). Jos naudojamos geriamo vandens (gruntinių vandenių) 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:

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

(b) kritinis katijonų ir aliuminio santykis.

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

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

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

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

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

(c) kritinis aliuminio mobilizacijos laipsnis.

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

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

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

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

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

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

Vandenilio jonų kriterijai:

Dirvoms su dideliu organinių medžiagų kiekiu rekomenduojami du protonų kriterijai:

(a) kritinis pH.

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

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

(b) kritinis katijonų ir protonų santykis.

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

Tuomet:

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

Kritinis prisotinimas:

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

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

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

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

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

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

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

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

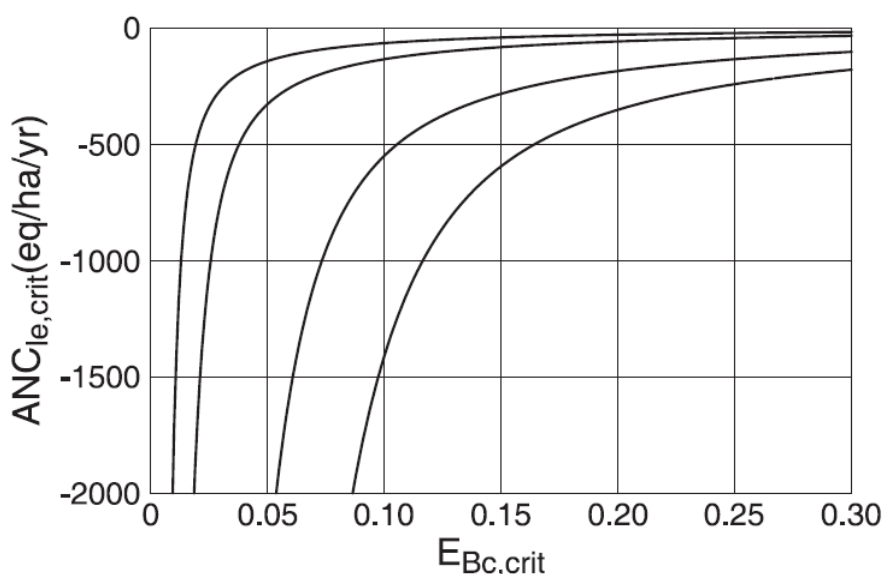
$$[H]_{crit} = K_{Gap} \cdot \sqrt{[Bc]} \cdot \left(\frac{1}{E_{bc,crit}} - 1 \right), \quad (1.38)$$

kai

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

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

Kritinis ANC išplovimas esant pastoviam K_{Gap} yra pateiktas 7 pav.



Pav. 7 Kritinis ANC išplovimas (aprašytas (1.27) lygtimi, kai $Q = 1$ m/metai) kaip kritinio išplovimo funkcija ($E_{Bc,crit}$), kai $[Bc] = 0,02$ ekv./m³, $K_{gibb} = 10^8$, o $K_{Gap} = 0,005$ (kairioji kreivė); 0,01; 0,03 ir 0,05 (dešinioji kreivė).

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

1.2.3. Įvesties šaltiniai ir kilmė

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

Gibso pusiausvyros konstanta (K_{gibb}):

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

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

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

Pagrindinių katijonų ir chloridų nusėdimas:

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

Bazinių katijonų išplovimas:

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

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

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

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

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

2. EMEP MODELIUOTOS KONCENTRACIJOS ORE IR NUSĖDIMAI

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

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

2.1. Sausas nusėdimas

2.1.1. Pasipriešinimo formuluotė

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

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

čia

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

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

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

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

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

Korekcija lietaus atveju

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

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

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

Azoto dioksidas

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

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

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

2.1.2. Aerodinaminis pasipriešinimas (R_a)

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

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

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

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

čia Ψ_m yra judesio kiekio panašumo funkcija. Turint tokiu būdu apskaičiuotą u_* , geresnis L įvertinimas gali būti gautas naudojant u_* (2.6) formulėje. Aerodinaminis pasipriešinimas šilumai arba 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, $light$ (PF)), lapų temperatūrai (T), lapas – oras garų slėgio deficitui (VPD) ir dirvožemio-vandens potencialui (SWP). Rašant dabartinę (rv1.8) modelio versiją nebuvo įtrauktas dirvožemio vanduo, todėl paprastai $f_{SWP} = 1$.

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

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

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

2.1.6. Nestomatinis pasipriešinimas

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Drėgmės poveikis

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

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

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

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

2.1.7. Augmenijos laidumas – ne vegetaciniai paviršiai

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

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

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

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

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

2.1.8. Sausas aerozolio nusėdimas

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

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

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

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

2.1.9. Gravitacinis nusėdimas (v_s)

Gravitacinis nusėdimo greitis yra apskaičiuojamas taip:

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

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

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

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

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

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

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

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

Lygus žemės paviršius (ledas, dykuma)

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

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

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

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

išraiška yra:

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

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

Nusėdimas ant vegetacinių paviršių

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

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

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

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

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

Ne spygliuočiams augalams ne augimo periodu taikoma tokia išraiška:

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

Nusėdimas ant vandens

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

čia St yra Stokes'o skaičius.

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

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

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

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

Naudojantis antrąja parametrizacija yra apskaičiuojami didesni dalelių nusėdimo greičiai.

2.1.11. Atšokimas

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

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

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

2.2. Šlapias nusėdimas

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

2.2.1. Išmetimas debesyje

Tirpus komponento C išmetimas debesyje yra aprašomas tokia išraiška:

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

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

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

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

2.2.2. Išmetimas žemiau debesies

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

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

čia W_{sub} yra išmetimo žemiau debesies koeficientas.

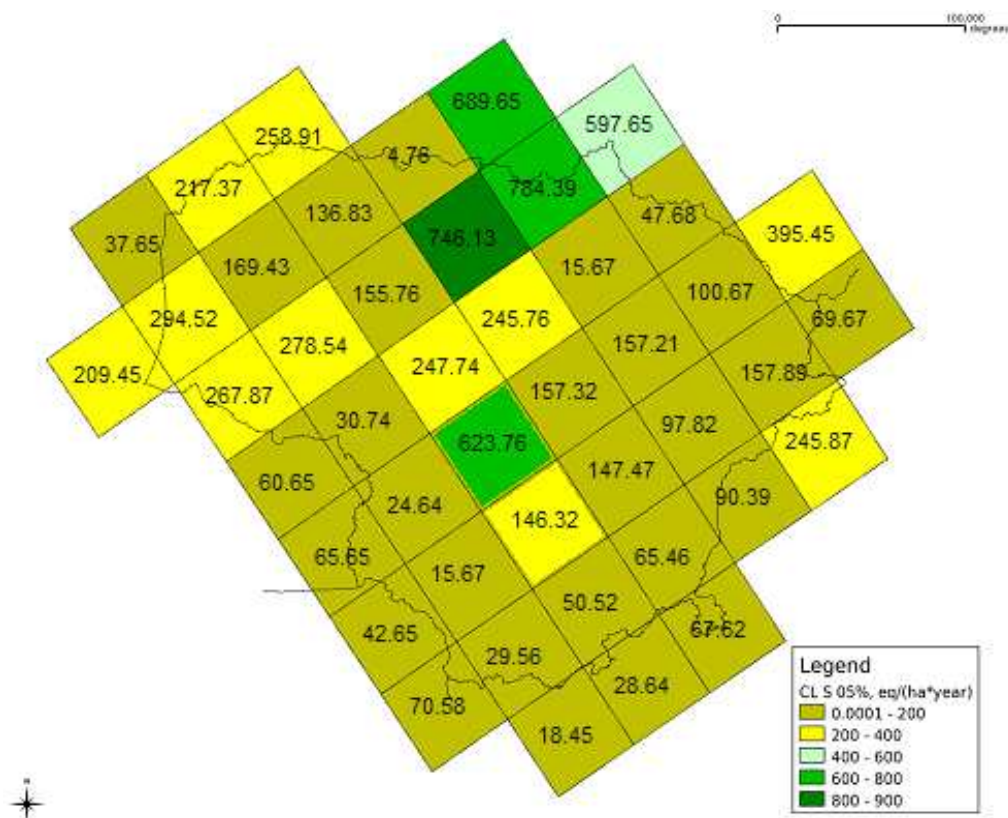
Šlapio nusėdimą greitis dalelėms yra skaičiuojamas taip (remiantis Scott, 1979):

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

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

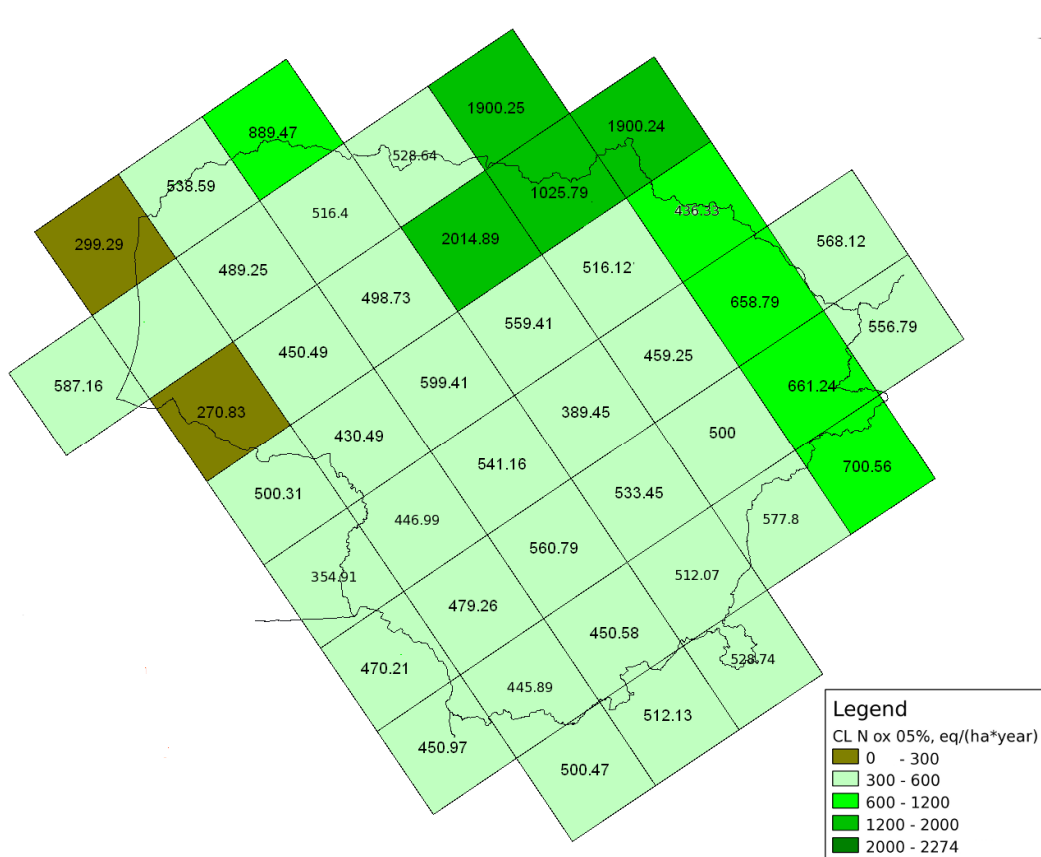
3. REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Metinės oksiduotos sieros, oksiduoto ir maistinio azoto kritinių apkrovų ir bendros (sausos 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 – 2011 metams (EMEP, http://webdab.emep.int/Unified_Model_Results/AN/). Kritinės apkrovos Lietuvos ekosistemoms buvo įvertintos naudojantis GIS modeliu (LandUse). Vertinant Lietuvos kritines apkrovas buvo atsižvelgta į spygliuočių, lapuočių ir mišrių miškų (AAA, 2004) bei metinės vidutinės temperatūros (LR AM, 2009) pasiskirstymą Lietuvos teritorijoje, iškritusių kritulių metinį vidutinį kiekį (LR AM, 2009) ir Lietuvos dirvožemių žemėlapi (VĮ VŽI, 1998).

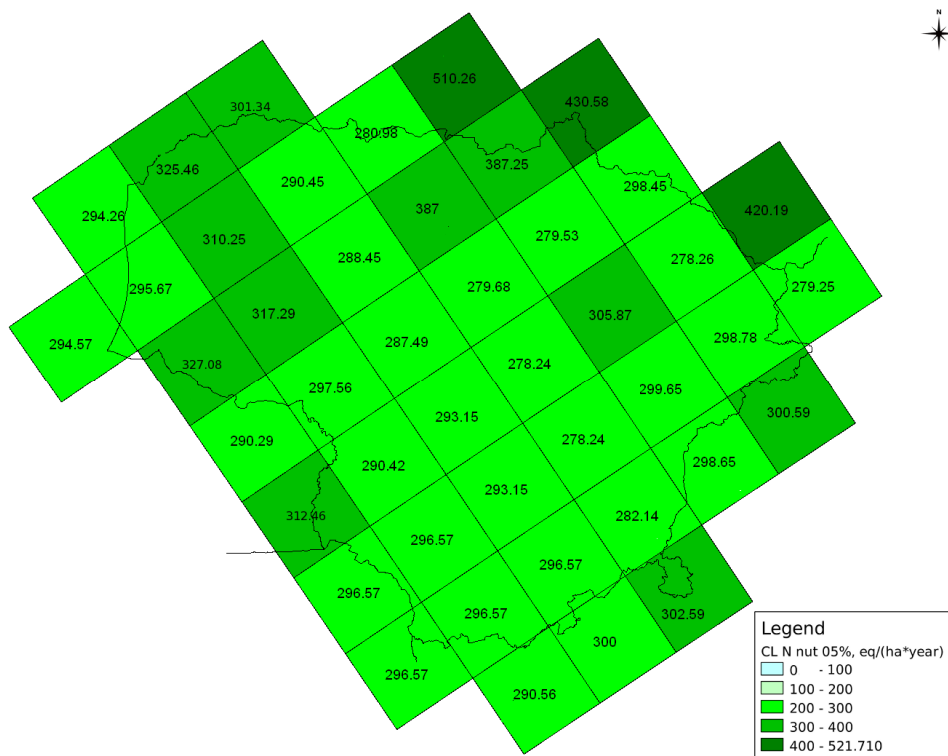


Pav. 8 Oksiduotos sieros kritinės apkrovos Lietuvos ekosistemoms 2011 m.

Apskaičiuoti oksiduotos sieros, oksiduoto ir maistinio azoto kritinių apkrovų duomenys pateikti 8 – 10 paveiksluose. Buvo skaičiuotos 5 procentilių kritinės apkrovos, t.y. 95% ekosistemos gali pakelti tokia apkrova. Oksiduotos sieros kritinių apkrovų vertės kito nuo 15,67 iki 746,13 ekv./ha/metai (8 pav.). Didžiausios oksiduotos sieros kritinių apkrovų vertės buvo apskaičiuotos šiaurinėms ir centrinėms Lietuvos teritorijos dalims, mažiausios – pietinėms.



Pav. 9 Oksiduoto azoto kritinės apkrovos Lietuvos ekosistemoms 2011 m.



Pav. 10 Maistinio azoto kritinės apkrovos Lietuvos ekosistemoms 2011 m.

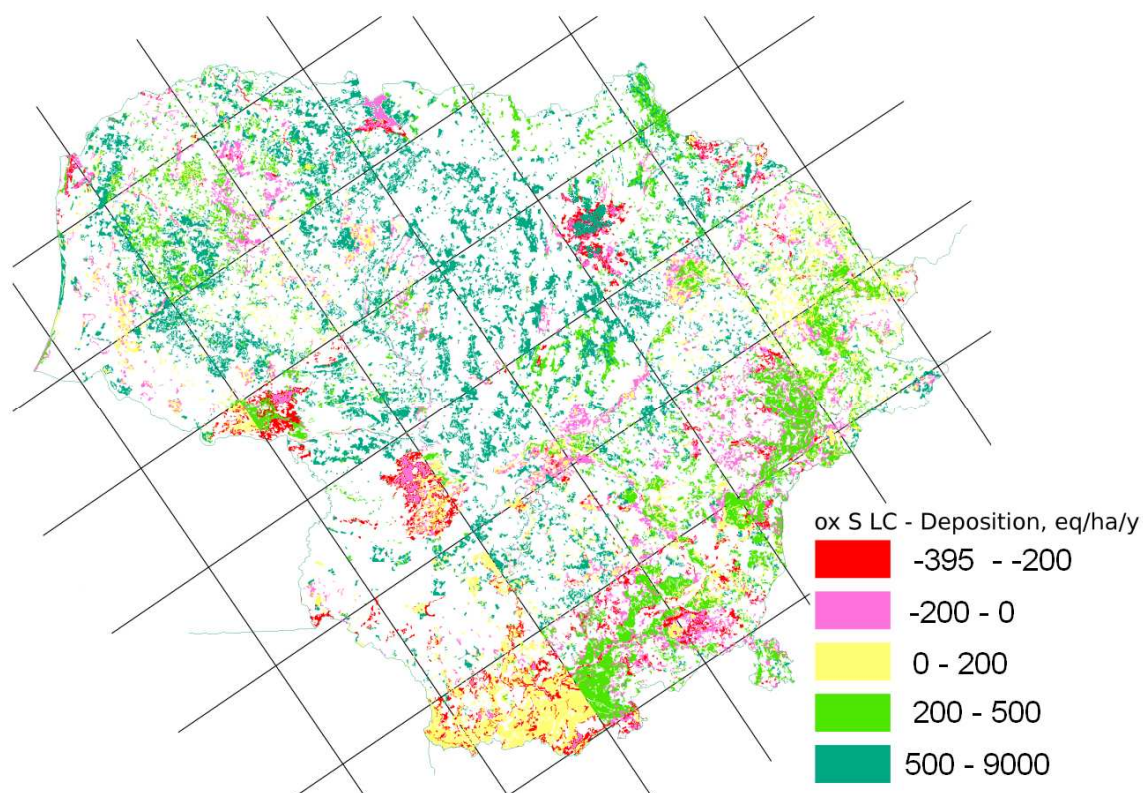
Oksiduoto azoto kritinės apkrovos kito nuo 270 iki 2014 ekv./ha/metai. Mažiausias oksiduoto azoto kritinių apkrovų vertės apskaičiuotos pietineje Lietuvos dalyje (9 pav.).

Maistinio azoto kritinių apkrovų vertės kito nuo 278 iki 510 ekv./ha/metai. Iš 10 paveikslo matyti, kad didžiausios maistinio azoto kritinių apkrovų vertės buvo apskaičiuotos šiaurinėms ir vakarinėms Lietuvos teritorijos dalims, o mažiausios – pietinėms.

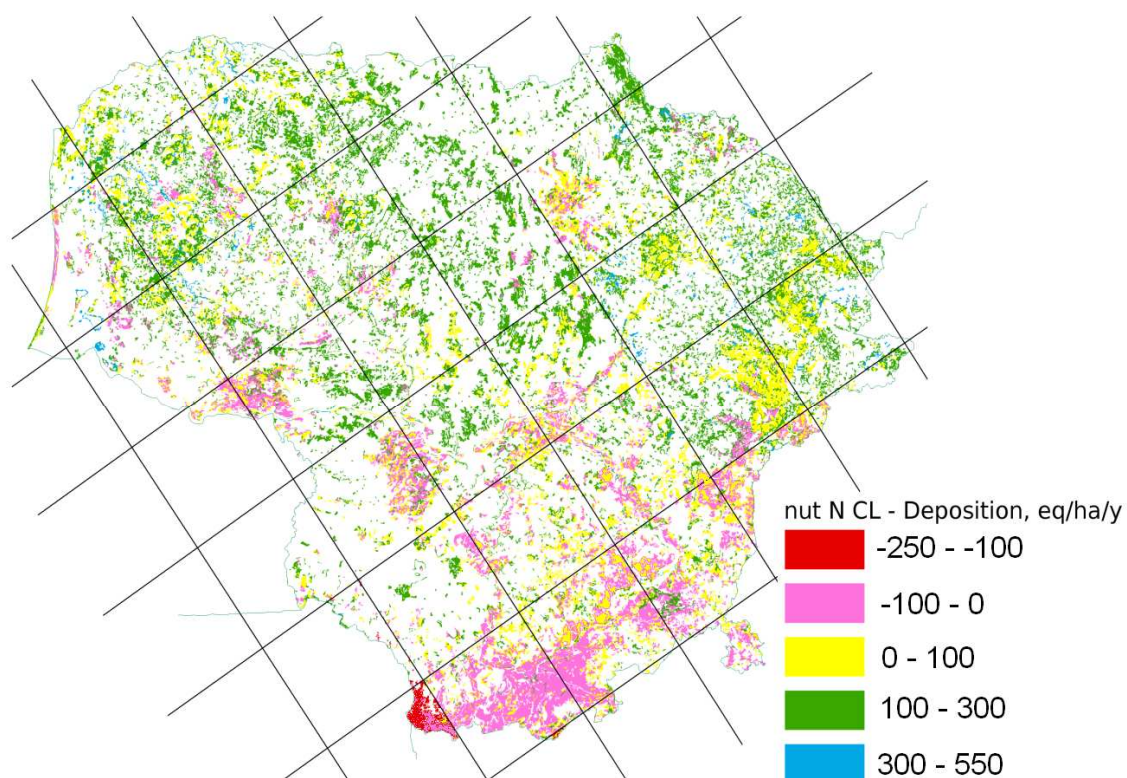
Kadangi teršalų bendras nusėdimo srautas priklauso nuo laiko, todėl kritinių apkrovų viršijimai teoriškai galioja tik konkrečiam laiko tarpui (Hettelingh et al., 2009). Lietuvos ekosistemų kritinių apkrovų viršijimai buvo apskaičiuoti 2009 m., nes naujesni oksiduotos sieros, oksiduoto ir maistinio azoto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

Apskaičiuotas oksiduotos sieros kritinių apkrovų ir bendro nusėdimo srauto skirtumas (-395 – 9000 ekv./ha/metai), kurio neigiamos reikšmės atspindi ekosistemų kritinių apkrovų viršijimus, pateiktas 11 paveiksle. Kaip matyti iš šio paveikslo, oksiduotos sieros kritinės apkrovos labiausiai buvo viršijamos pietų, pietvakarių ir nedidelėje šiaurinėje Lietuvoje dalyse.

Apskaičiuotas oksiduoto azoto kritinių apkrovų ir bendro nusėdimo srauto skirtumas (15 – 29980 ekv./ha/metai), kurio neigiamos reikšmės atspindi ekosistemų kritinių apkrovų viršijimus, pateiktas 11 paveiksle. Kaip matyti iš šio paveikslo, oksiduoto azoto kritinės apkrovos nebuvo viršytos.



Pav. 11 Oksiduoto azoto kritinių apkrovų ir bendro nusėdimo srauto skirtumas (neigiamos reikšmės parodo kritinių apkrovų viršijimus) 2011 m.



Pav. 12 Maistinio azoto kritinių apkrovų ir bendro nusėdimo srauto skirtumas (neigiamos reikšmės parodo kritinių apkrovų viršijimus) 2011 m.

Apskaičiuotas maistinio azoto kritinių apkrovų ir bendro nusėdimo srauto skirtumas kito nuo -250 iki 550 ekv./ha/metai (12 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 15,67 iki 746,13 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 270 iki 2014 ekv./ha/metai. Mažiausios oksiduoto azoto kritinių apkrovų vertės apskaičiuotos pietinei Lietuvos daliai. Maistinio azoto kritinių apkrovų vertės kito nuo 278 iki 510 ekv./ha/metai. Didžiausios maistinio azoto kritinių apkrovų vertės buvo apskaičiuotos šiaurinėms ir vakarinėms Lietuvos teritorijos dalims, o mažiausios – pietinėms.

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

LITERATŪRA

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

EMEP modelled air concentrations and depositions:

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

EMEP User Guide to the Air Quality Database:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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