

Tvirtinu:

Fizikos instituto direktorius
Prof., dr. Vidmantas Remeikis

2010 m. vasario mėn. 10 d.

APLINKOS MONITORINGO UŽSAKOMOJO DARBO

**PAŽEMINIO OZONO TYRIMAI PAGAL EMEP
PROGRAMĄ**

2009 m. balandžio mėn. 20 d. Sutarties Nr. 4F09-27

ATASKAITA

Temos vadovas dr. R. Girgždienė

Fizikos institutas
Atmosferos fizikos ir chemijos laboratorija
Savanorių pr. 231
LT-02300 Vilnius

Vilnius _____ 2009

Temos “PAŽEMINIO OZONO TYRIMAI PAGAL EMEP PROGRAMĄ”

vykdytojų sąrašas:

1. Dr. Rasa Girgždienė, vyresnioji mokslo darbuotoja – temos vadovė
2. Dr. Jelena Andriejauskienė, mokslo darbuotoja – temos vykdytoja
3. Dr. Steigvilė Byčenkienė, mokslo darbuotoja – temos vykdytoja

TURINYS

ĮVADAS.....	4
METODIKA.....	8
REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS.....	10
IŠVADOS.....	25
LITERATŪRA.....	26

IVADAS

Ozonas yra stiprus fotocheminis oksidantas, kuris gali sukelti rimtus žmogaus sveikatos sutrikimus ir pažeisti žemės ūkio kultūras bei įvairias medžiagas. Tokios ozono koncentracijos yra stebimos visoje Europoje. Troposferoje yra tik apie 10 % viso atmosferos ozono kiekio, tačiau jis vaidina didžiulį vaidmenį ne tik augmenijos, bet ir gyvūnijos bei žmonių gyvenime. Neigiamus efektus ozonas sukelia dėl savo ypatingo cheminio aktyvumo. Šiandien ozono koncentracija oro masėse virš jūros, kurios pasiekia Europą iš vakarų, yra 60-70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Fotocheminiai vyksmai virš vakarų ir centrinės Europos padidina šį lygį 30-40% vasarą ir sumažina apie 10% žiemos metu. Europoje labai didelės - virš 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - ozono koncentracijos pastebimos fotocheminių epizodų metu. Per paskutiniuosius 20 praėjusio šimtmečio metus ozono koncentracija didėjo Šiaurės pusrutulio vidutinių platumų troposferoje 1-3 % per metus. Tačiau po 2000 metų situacija daugelyje Europos šalių pasikeitė, vidutinė metinė ozono koncentracija nustojo didėjusi arba net pradėjo mažėti [1]. Pastebimai sumažėjo didžiausios ozono koncentracijos dydis, tačiau padidėjo mažesnių koncentracijų lygis, t.y., sumažėjo ozono sezoninė amplitudė. Tai yra siejama su pagrindinių ozono pirmtakų emisijos sumažėjimu daugelyje Vakarų Europos šalių.

Ozonas troposferoje yra taip pat labai svarbus daugelyje atmosferos vyksmų: oksidacijoje, aplinkos rūgštėjime, "šiltnamio" efekte, aerozolio susidaryme ir panašiai. Ozonas yra natūraliai egzistuojanti atmosferos priemaiša ir turi du pagrindinius šaltinius. Pirmasis yra natūralus - stratosfera, kurio indėlis į ozono kiekį troposferoje metai iš metų mažai kinta ir yra glaudžiai susijęs su atmosferos dinamika. Ozono srautas iš stratosferos į troposferą yra apie 10^{10} - 10^{11} $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$. Antrasis antropogeninis fotocheminis šaltinis yra pačioje troposferoje, kuris labai kinta priklausomai nuo ozono pirmtakų (pagrindiniai yra lakūs organiniai junginiai ir azoto oksidai) koncentracijos lygio, saulės ultravioletinės spinduliuotės intensyvumo, sinoptinės situacijos, oro masių pernašos bei vietinių meteorologinių sąlygų. Todėl bendra ozono koncentracija atmosferos pažemio sluoksnyje metai iš metų labai kinta. Fotocheminis ozono susidarymas troposferoje tampa didele problema, kadangi jis gali padidinti ozono koncentraciją keletą kartų. Tokiu būdu ozono lygis gali pasiekti jau pavojingą ribą. Didelė ozono koncentracija atmosferoje ardo daugelį medžiagų bei yra žalinga augmenijai, gyvūnų ir žmogaus sveikatai. Maža ozono koncentracija ore pasižymi dezinfekuojančiomis savybėmis.

Atmosferos ozono monitoringas yra neatsiejama dalis daugumos tarptautinių programų, susijusių su bendru atmosferos monitoringu, pvz., EMEP, Pasaulinės Meteorologų Organizacijos (WMO) programa GAW ir kt. Jeigu monitoringe daugumos atmosferos teršalų fiksuojama paros vidutinė koncentracija, tai ozono koncentracija matuojama nenutrūkstamai, vėliau ją vidurkinant pagal reikalavimus, pvz., 30 minučių ar vienos valandos vidurkis ir panašiai.

Šiuo metu ozono koncentracijos aplinkos ore normas Lietuvoje reglamentuoja Europos parlamento ir Tarybos direktyvos 2002/3/EB [2], dar žinoma kaip trečioji Tarybos direktyvos 96/62/EB [3] dėl aplinkos oro kokybės vertinimo ir valdymo dukterinė direktyva, ir 2001/81/EB [4] dėl tam tikrų į atmosferą išmetamų teršalų nacionalinių limitų bei Lietuvos Respublikos aplinkos ministro ir sveikatos apsaugos ministro 2002 10 17 įsakymas Nr. 544/508 [5] ir Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2003 09 25 įsakymas Nr 468 [6].

2002/3/EB direktyvos tikslas:

a) nustatyti Bendrijoje ilgalaikius tikslus, siektinas vertes, pavojaus ir informavimo slenksčius, susijusius su ozono koncentracija aplinkos ore, kurie skirti išvengti, užkirsti kelią arba sumažinti žalingą poveikį žmonių sveikatai ir aplinkai kaip visumai;

b) užtikrinti, kad aplinkos ore esančio ozono koncentracijai ir atitinkamai ozono pirmtakams (azoto oksidams ir lakiesiems organiniams junginiams) vertinti valstybėse narėse būtų taikomi bendri metodai ir kriterijai;

c) užtikrinti, kad būtų gaunama pakankamai informacijos apie ozono lygius aplinkoje ir kad ji būtų prieinama visuomenei;

d) užtikrinti, kad aplinkos oro kokybė ozono atžvilgiu būtų išlaikoma, jeigu ji yra gera, o kitais atvejais – ji būtų gerinama;

e) skatinti didesnę bendradarbiavimą tarp valstybių narių ozono lygių mažinimo srityje, panaudoti tarpvalstybinių priemonių galimybes ir susitarimus dėl tokių priemonių.

Direktyvoje nurodytos siektinos ozono koncentracijos ir AOT40 vertės aplinkos ore 2010 metams (1 lentelė) bei ilgalaikiai tikslai (2 lentelė). Ilgalaikiai tikslai turi būti keičiami, atskaitos tašku imant 2020 m. bei atsižvelgiant į pažangą, padarytą siekiant sumažinti nacionalinius išmetamųjų teršalų kiekius. AOT 40 (išreikštas $\mu\text{g}/\text{m}^3$ x valandų) yra skirtumo tarp valandinių koncentracijų, didesnių už $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 40 dalių vienam milijardui) ir $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ suma per nustatytą laikotarpį, naudojant tik vienos valandos vertes, matuotas nuo 8:00 iki 20:00 val. Vidurio Europos laiku kiekvieną dieną.

SIEKTINOS VERTĖS

	Parametrai	2010 m. siektina vertė
1. Siektina vertė nustatyta žmonių sveikatos apsaugai	Didžiausias paros 8 valandų vidurkis	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ neturi būti viršijama daugiau nei 25 paras per kalendorinius metus, imant trejų metų vidurkį
2. Siektina vertė nustatyta augmenijos apsaugai	AOT40, apskaičiuotas pagal 1 valandos vertes nuo gegužės iki liepos mėn.	18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$, imant penkerių metų vidurkį

OZONO ILGALAIKIAI TIKSLAI

	Parametrai	Ilgalaikius tikslus atitinkanti vertė
1. Ilgalaikiai tikslai nustatyti žmonių sveikatos apsaugai	Didžiausias paros 8 valandų vidurkis per kalendorinius metus	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2. Ilgalaikiai tikslai nustatyti augmenijos apsaugai	AOT40, apskaičiuotas pagal 1 valandos vertes nuo gegužės iki liepos mėn.	6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$

Pagal direktyvos reikalavimus privaloma užtikrinti, kad naujausia informacija apie ozono koncentraciją aplinkos ore būtų reguliariai pateikiama visuomenei. Šioje informacijoje nurodomos visos koncentracijos, viršijančios užterštumo lygius, nurodytus ilgalaikiuose sveikatos apsaugos tiksluose, ir pavojaus slenksčius per atitinkamą vidurkinimo laiką (3 lentelė).

GYVENTOJŲ INFORMAVIMO IR PAVOJAUS SLENKSČIAI

	Parametrai	Vertė
Informavimo slenkstis	1 valandos vidurkis	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Pavojaus slenkstis	1 valandos vidurkis*	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

*slenksčius viršijančios vertės turi būti matuojamos arba numatomos iš eilės tris valandas

Remiantis 2001/81/EB Direktyva bei LR Aplinkos ministro įsakymu Nr. 468, yra nustatytas pažemio ozono kritinis lygis žmonių sveikatai. Šis lygis nusakomas indikatoriumi AOT 60, kurio vertė yra didesnė nei 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 60 ppb) ir 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pažemio ozono 1 valandos koncentracijų, matuotų metus skirtumų suma. Pagal tarpinius aplinkosaugos tikslus apibrėžtus šioje Direktyvoje pažemio ozono apkrova, didesnė negu žmonių sveikatai nustatytas kritinis lygis (AOT 60 = 0), 2010 metais palyginti su 1990, turi būti sumažinta dviem trečdaliais. Be to, pažemio ozono apkrova bet kuriame 150 km x 150 km plote neturi viršyti absoliučios 5800 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ (2,9 ppm x h) ribos. Pagal tuos pačius dokumentus pažemio ozono apkrova, didesnė negu pasėliams ir natūraliai augančiai augmenijai nustatytas (2 lentelė) kritinis lygis AOT 40 = 6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ (3 ppm x h), 2010 metais palyginti su 1990, turi būti sumažintas taip pat dviem trečdaliais. Be to, pažemio ozono apkrova bet kuriame 150 km x 150 km plote neturi viršyti absoliučios 20000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ (10 ppm x h) ribos.

Ozono koncentracijos atmosferos pažemio sluoksnyje monitoringas leidžia nustatyti ozono lygio pokyčius per ilgą laikotarpį, ozono kitimo tendenciją bei šaltinius, nustatyti kritinius jo lygius bei įvertinti galimą poveikį į ekosistemas.

Pagrindinis darbo tikslas – atmosferos pažemio sluoksnyje ozono koncentracijos matavimo pagal EMEP programą ir ES direktyvų 96/62/EB ir 2002/3/EB reikalavimus duomenų, gautų Preilos foninio monitoringo stotyse, įvertinimas, jų apdorojimas ir analizė, didžiausių ozono koncentracijų atsikartojimo dažnio, šaltinio ir galimo ozono poveikio Lietuvos ekosistemoms įvertinimas. Indikatorių AOT40 ir AOT60 verčių apskaičiavimas ir įvertinimas.

Įsigaliojančioje naujoje Europos Parlamento ir Tarybos direktyvoje 2008/50/EB dėl aplinkos oro kokybės ir švaresnio oro Europoje esminių pakitimų ozono klausimais nėra, išlieka tie patys reikalavimai [7].

METODIKA

Ozono koncentracija atmosferos pažemio sluoksnyje Lietuvoje pagal EMEP (Oro taršos tolimųjų pernašų Europoje monitoringo ir įvertinimo kooperatyvinė programa) programos reikalavimus [8] matuojama Preilos foninėje stotyje LT15 Neringos nacionaliniame parke. Ozono koncentracija matuojama nenutrūkstamai. Matavimams naudojami komerciniai UV absorbcijos ozono analizatoriai.

UV absorbcijos ozono analizatorių veikimas paremtas ozono sugebėjimu absorbuoti 254 nm bangos ultravioletinius spindulius. Spinduliuotės šaltinis prietaise yra gyvsidabrio garų lempa, o detektorius - vakuuminis fotodiodas. Aplinkos ozono koncentracijos matavimas vyksta per du ciklus kas 20 sek. Pirmuoju - oras su ozonu praeina absorbcinę celę ir išmatuojamas šviesos intensyvumas I . Antru etapu - oras, jau išvalytas nuo ozono, patenka į celę ir vėl išmatuojamas šviesos intensyvumas I_0 . Pagal Bero - Lamberto dėsnį išmatuota ozono koncentracija apskaičiuojama

$$[O_3] = \left(-\frac{1}{al} \ln \frac{I}{I_0}\right) \left(\frac{T}{273}\right) \left(\frac{760}{P}\right) \left(\frac{10^6}{L}\right), \quad (1)$$

čia

$[O_3]$ - ozono koncentracija, ppm (1 ppm = 2000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$),

a = absorbcijos koeficientas,

l = optinio kelio ilgis, cm

T = pavyzdžio temperatūra, $^{\circ}\text{K}$

P = pavyzdžio slėgis, tor

L = ozono nuostoliai prietaise.

Prietaisų matavimo ribos 0 - 40000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, jutos riba - 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, matavimo trukmė - 20 s. Prietaisai turi analoginį išėjimą.

AOT40 reikšmės apskaičiuojamos pagal formulę:

$$AOT40 = \sum_i^N (C_i - T) \times \delta_i \quad (2)$$

kur $\delta_i = 0$, jeigu ozono koncentracija žemiau ribinės reikšmės T ($80\mu\text{g}/\text{m}^3$) ir $\delta_i=1$, kai viršija T , N yra visų galimų matavimų per nustatyta periodą skaičius. AOT40 vertė augmenijos apsaugai skaičiuota iš ozono koncentracijos duomenų per gegužę-liepą, o miškų apsaugai per balandį-rugsėji.

Kadangi gauti ozono koncentracijos duomenys nėra pilni, t.y., sudaro mažiau 100 procentų, buvo pritaikyta apskaičiavimas pagal formulę (3), kai duomenų skaičius buvo tarp 90 ir 100 procentų.

$$AOT40 = (AOT40)_0 \times \frac{h}{h_0}, \quad (3)$$

kur $(AOT40)_0$ yra apskaičiuota vertė, h_0 yra realiai matuotų valandų skaičius ir h visų galimų valandų skaičius.

Ozono koncentracijos duomenų analizei naudojama papildoma informacija pateikta Rhenish Institute for Environmental Research at the University of Cologne, European Environment Information and Observation Network, EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) bei National Oceanic and Atmospheric administration (NOAA) Air Resources laboratory (ARL) Real-time Environmental Applications and Display sYstem (READY) internetiniuose puslapiuose.

Ozono analizatorius kas trys mėnesiai buvo kalibruoti pagal Aplinkos apsaugos agentūroje naudojamais Lietuvos aplinkos oro monitoringo tarpinius ozono standartus.

REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Lietuvoje šiuo metu yra viena monitoringo stotis, kuri veikia pagal EMEP programos reikalavimus – tai Preilos foninio monitoringo stotis. Ozono koncentracija stotyje buvo

matuota nenutrūkstamai. Vienok, dėl įvairių priežasčių, pavyzdžiui, elektros energijos sutrikimai, aparatūros gedimai ir kt., dalies duomenų nėra. 4 lentelėje pateikiamas gautų patikimų ozono valandinių duomenų kiekio 2009 metais monitoringo stotyje įvertinimas.

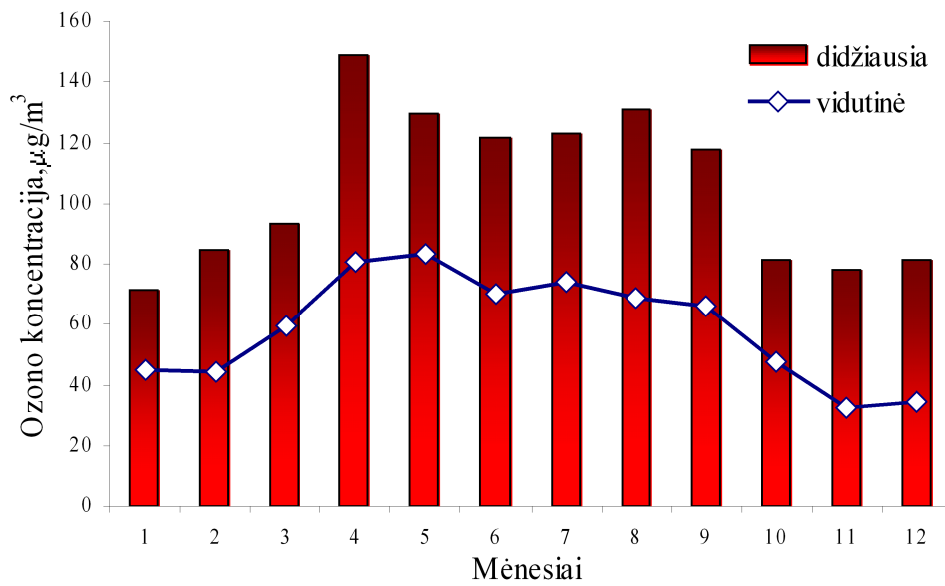
Vienas iš pagrindinių monitoringo reikalavimų yra duomenų patikimumas bei jų visuma. Pagal galiojantį Aplinkos ministro 2002-10-17 įsakymą Nr.544/508 "Dėl ozono aplinkos normų ir vertinimo taisyklių nustatymo" bei naujos ES direktyvos 2002/3/EC, kuri įsigaliojo nuo 2003 m. rugsėjo 9 dienos, buvo sugriežtinti reikalavimai duomenų pilnumui ir patikimumui. Ozono koncentracijos matavimai turi būti nenutrūkstami, minimalus ozono duomenų kiekis privalo būti nemažesnis kaip 75% visų galimų žiemą ir 90% vasarą. Šie reikalavimai 2009 metais buvo išpildyti. Šiais kaip ir ankstesniais metais pagrindinė priežastis duomenų nebuvimo buvo elektros tinklo trikdžiai pajūrio krašte dėl labai stiprių vėjų ir kitų ekstremalių situacijų.

4 lentelė

Ozono koncentracijos patikimų duomenų kiekis (valandų skaičius ir procentai) Preilos stotyje 2009 metais

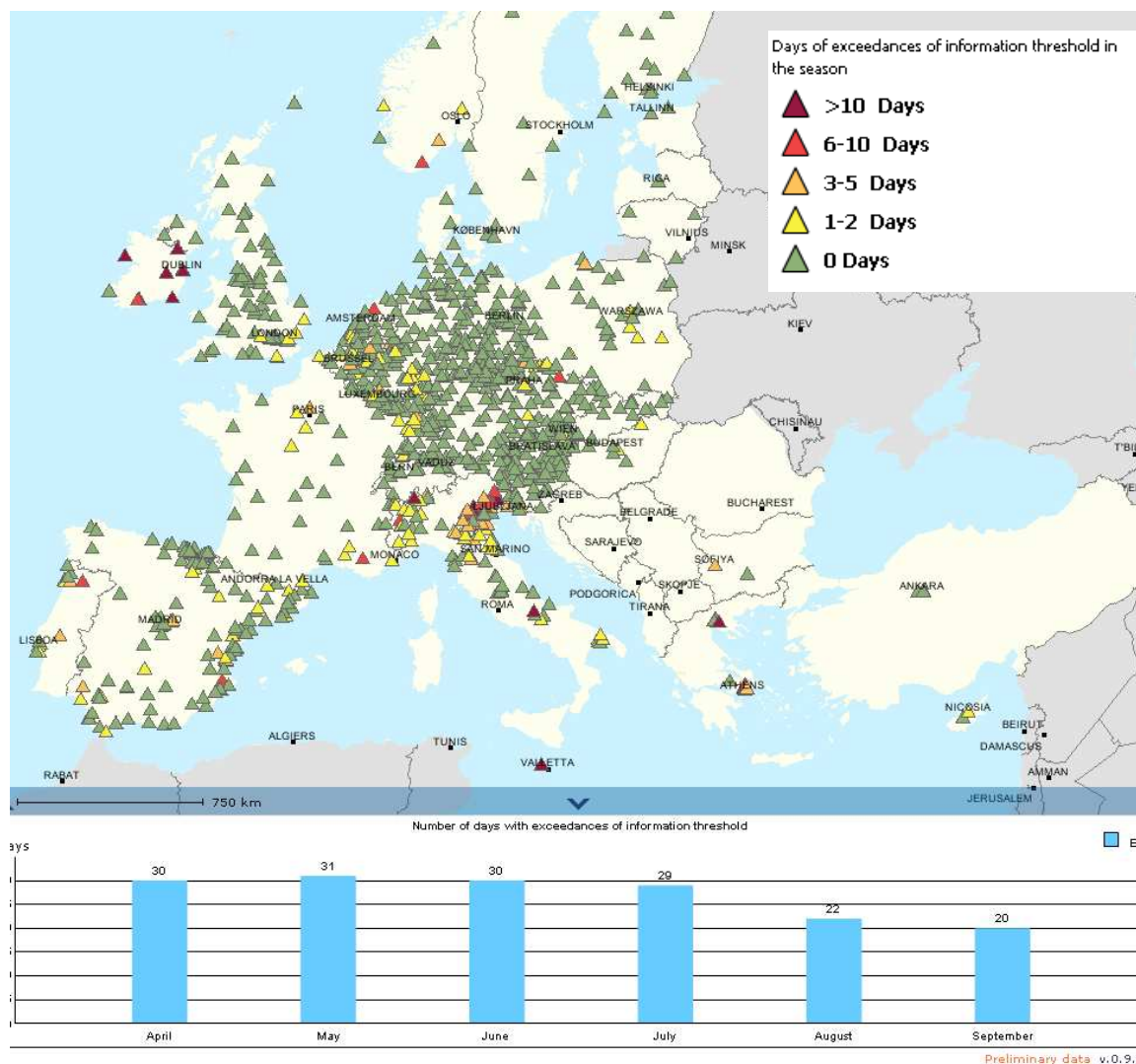
Mėnuo	Val. sk.	%
Sausis	688	92,5
Vasaris	672	100
Kovas	642	86,3
Balandis	718	99,7
Gegužė	744	100
Birželis	720	100
Liepa	670	90,1
Rugpjūtis	710	95,4
Rugsėjis	670	93,1
Spalis	675	90,7
Lapkritis	621	86,3
Gruodis	676	90,9

Vidutinių ir didžiausių ozono koncentracijų sezoninė eiga 2009 metais monitoringo stotyje pateikta 2 paveiksle. Vidutinių ozono koncentracijos sezoninė eiga stotyje pasižymi ryškiu padidėjimu pavasario mėnesiais (balandis – gegužė). Didžiausios ozono valandinės koncentracijos užregistruotos balandžio mėnesį ir vasaros laikotarpiu rugpjūčio mėnesį.



2 pav. Vidutinių ir didžiausių mėnesio ozono koncentracijų sezoninės eigos Preilos stotyje 2009 metais

2009 metais didelių, t.y. viršijančių gyventojų informavimo slenkstį $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ozono koncentracijų, monitoringo stotyje nebuvo užregistruota. Preliminarūs duomenys rodo, kad analogiška situacija, t.y., ozono koncentracijos nesiekė $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, buvo stebėta ir kaimyninėse šalyse (3 pav.). Artimiausias regionas, kur buvo viršytas šis lygis yra Lenkijos pietiniai rajonai. Apskritai ozono lygis Europoje 2009 metais buvo žemas.



3 pav. Ozono koncentracijų virš $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pasiskirstymas Europoje 2009 metų balandžio - rugsėjo mėnesiais.

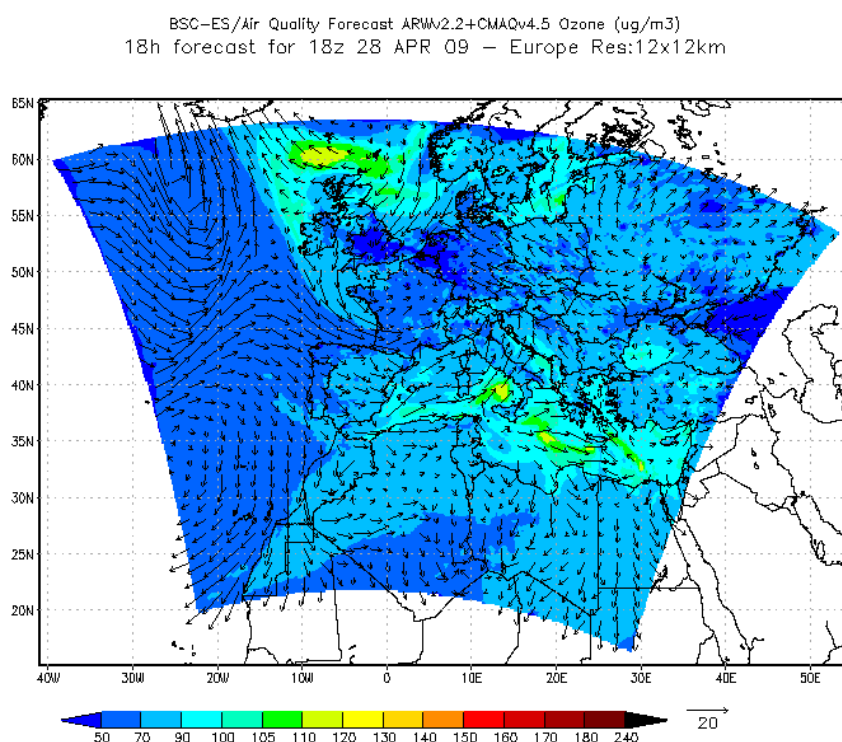
Šaltinis: <http://www.eea.europa.eu/maps/ozone/compare/snapshot>

Ozono koncentracijos didesnės $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ paprastai stebimos Europos pietiniuose regionuose. Lietuvoje ir kitose šiaurės šalyse tokios koncentracijos praktiškai neregistruojamos jau daugelį metų.

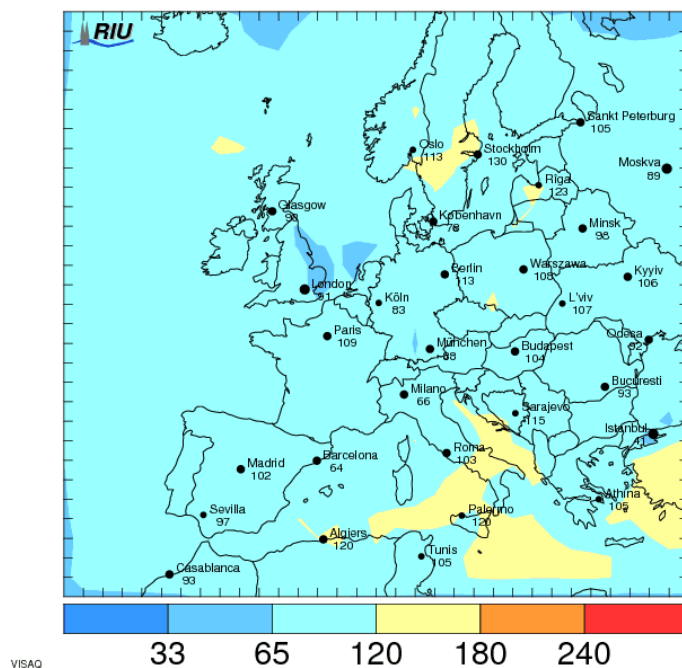
Didžiausia ozono koncentracija ($149,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 2009 metais Preilos stotyje buvo išmatuota balandžio 28 dieną. Pagal dviejų institucijų prognozę tą dieną ozono koncentracija turėjo būti panašiam lygyje (4 ir 5 pav.). Apskritai, ozono koncentracijų prognozė rodė tik labai lokalų padidintą ozono lygį. Tai lėmė vietinės meteorologinės sąlygos ir sinoptinė situacija. Tuo metu Lietuvoje buvo palyginus aukšta oro temperatūra

(viršijo tomis dienomis +20°C, o naktimis buvo virš +10°C), mažas vėjo greitis < 3 m/s ir vyravo pietryčių krypties vėjai. Meteorologinės sąlygos buvo palankios ir vietiniam fotocheminiam ozono susidarymui. Atgalinės oro masių trajektorijos rodo (6 pav.), kad Lietuvą pasiekė oro masės iš pietryčių, praeidamos užterštus Europos regionus, Lenkiją, kur tuo metu galėjo susidaryti ir nemažos ozono koncentracijos. Reikia pažymėti, kad didelės ozono koncentracijos balandžio mėnesio paskutiniuosius dienomis yra stebimos beveik kiekvienais metais.

4 pav. Ozono koncentracijos prognozė 2009-04-28.

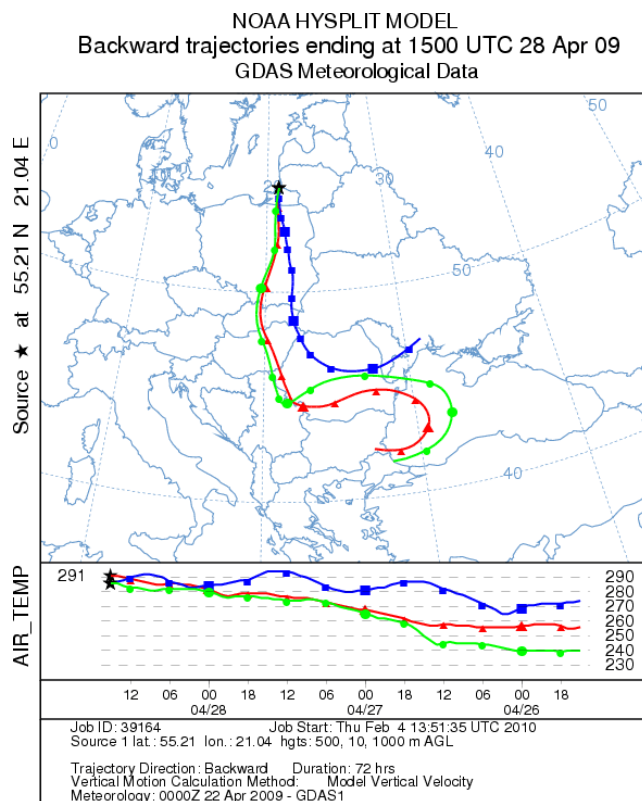


Šaltinis: <http://www.bsc.es/caliope/?q=node/20>



5 pav. Didžiausių valandinių ozono koncentracijų prognozė 2009-04-28.

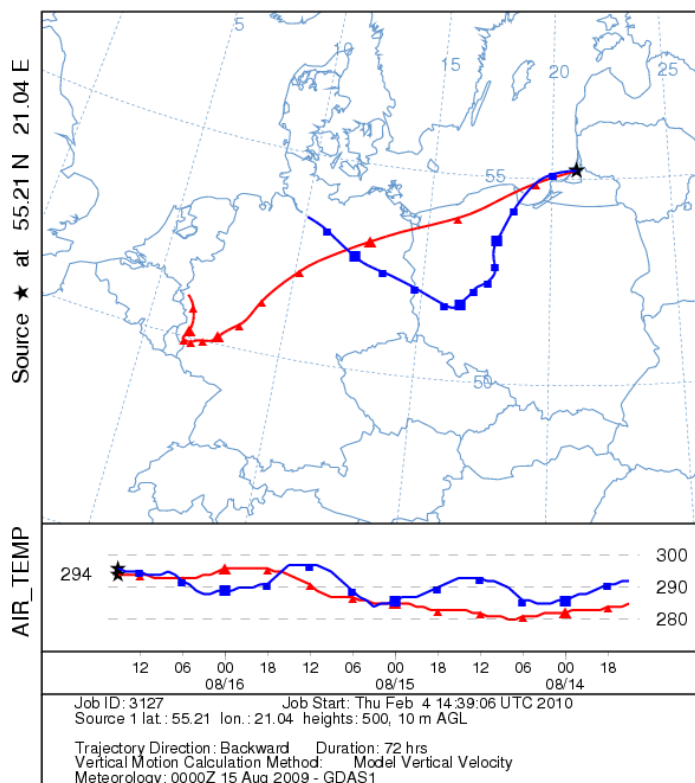
Šaltinis: http://www.eurad.uni-koeln.de/index_e.html



6 pav. Oro masių pernašos atgalinės trajektorijos, 2009 metų balandžio 28 dieną.

Šaltinis: <http://ready.arl.noaa.gov/hysplitout>

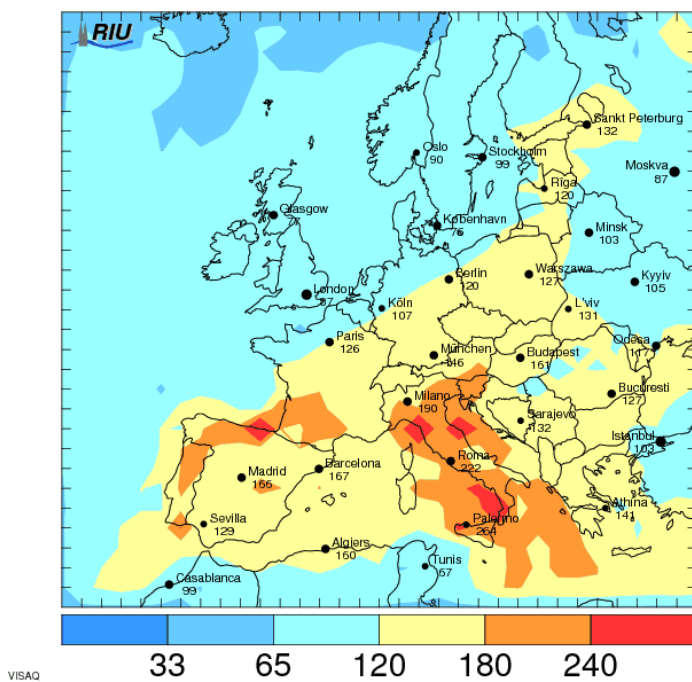
NOAA HYSPLIT MODEL
 Backward trajectories ending at 1500 UTC 16 Aug 09
 GDAS Meteorological Data



7 pav. Oro masių pernašos atgalinės trajektorijos, 2009 metų rugpjūčio 16 diena.

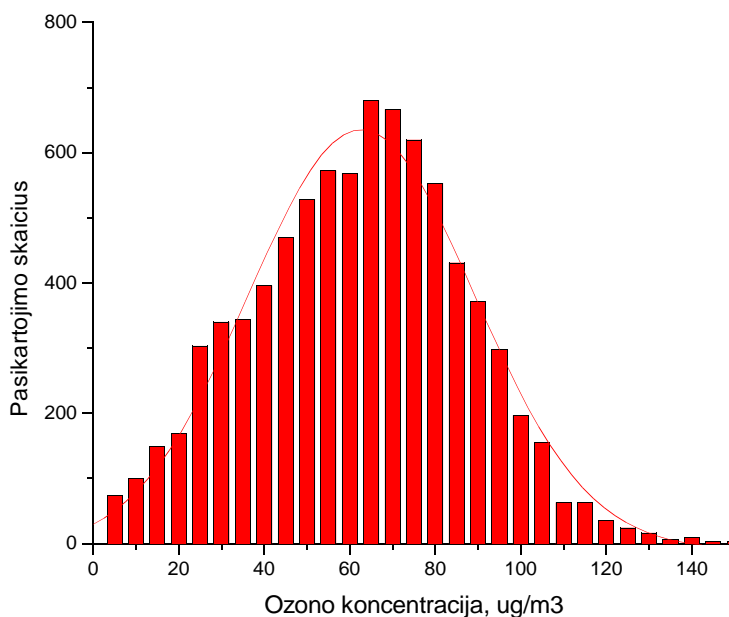
Šaltinis: <http://ready.arl.noaa.gov/hysplitout>

Panaši situacija buvo susiklosčiusi ir 16 rugpjūčio, tačiau ozono koncentracija buvo pasiekusi tik $131 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tą dieną Preilos stotį pasiekė oro masės irgi praėjusios Vokietiją, Lenkiją (7 pav.). Reikia pažymėti, kad prognozė rodė panašias koncentracijas ir šis lygis apėmė plačią Europos teritoriją (8 pav.). Apskritai, 2009, kaip ir 2008 bei 2007, metai pasižymėjo nedidelėmis pikinėmis ozono koncentracijomis vasaros metu.



8 pav. Didžiausių ozono koncentracijų prognozė 2009 metų rugpjūčio 19 dienai.

Šaltinis: http://www.eurad.uni-koeln.de/index_e.html?/index_home_e.html



9 pav. Ozono valandinių koncentracijų dažnio pasiskirstymas Preilos stotyje

Buvo išanalizuotas visų ozono valandinių duomenų dažninis pasiskirstymas stotyje, kuris gali būti aprašytas Gauso pasiskirstymu (9 pav.).

Ozono valandinių koncentracijų dažnio pasiskirstymas stotyse parodė, kad dažniausiai registruojamos reikšmės stotyje tame pačiame intervale kaip pernai, t.y. 65-75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ozono koncentracijų virš 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ atsikartojimas stotyje buvo labai mažas.

5 ir 6 lentelėse pateikiama ozono koncentracijos statistika Preilos stotyje už 2009 metus. Apskaičiuotos AOT40 vertės miškų apsaugai (5 lentelė) stotyje neviršijo 2002/3/EB direktyvos III priede pateikto leistino lygio, t.y., 20000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$, tuo pačiu ir 5-ių metų vidurkis neviršijo šio lygio.

AOT40 siektina vertė (18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$, imant penkerių metų vidurkį), nustatyta augalijos apsaugai Lietuvoje irgi nebuvo pasiekta. Šis reikalavimas įsigalios tik nuo 2010 metų. Ilgalakis tikslas - 6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$, kurios atskaitos laikas bus 2020 metai, per 2009 metų laikotarpį nebuvo pasiektas (5 lentelė).

Vertinant ozono poveikį žmogaus sveikatai yra naudojami du indikatoriai: pagal 2002/3/EB direktyvą (2 lentelė) bei Pasaulio sveikatos organizacijos siūlomas bei direktyvoje 2001/81/EB priimtas AOT 60. Remiantis stotyje pažemio ozono koncentracijos duomenimis nustatyta, kad pavojingas poveikis žmogaus sveikatai per 2009 metus nebuvo stebėtas.

Pažemio ozono koncentracijos statistiniai parametrai Preilos monitoringo stotyje

Parametras	Vertė	Vienetai	Laikotarpis	Direktyva	Pastabos
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Metinis vidurkis	59,4	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		2002/3/EB	
Patikimų duomenų skaičius:					
kalendoriniai metai	8206 (94,8%)	valandų skaičius	sausis -gruodis	2002/3/EB	ne daugiau kaip 8760
vasaros metas	4232 (96,4%)	valandų skaičius	balandis-rugsėjis	2002/3/EB	ne daugiau kaip 4392
žiemos metas	4076 (93,3%)	valandų skaičius	sausis-kovas ir spalis-gruodis	2002/3/EB	ne daugiau kaip 4368
Didžiausia mėnesio reikšmė:					
balandis	149,1	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
gegužė	129,7	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
birželis	121,8	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
liepa	123,2	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
rugpjūtis	131,0	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
rugsėjis	117,8	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
8 valandų vidurkis >120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7*	dienų skaičius	kalendoriniai metai	2002/3/EB	* plačiau 6 lentelėje
Informavimo slenkstinės vertės - valandos vidurkis $>180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - viršijimas	0	valandų skaičius		2002/3/EB	

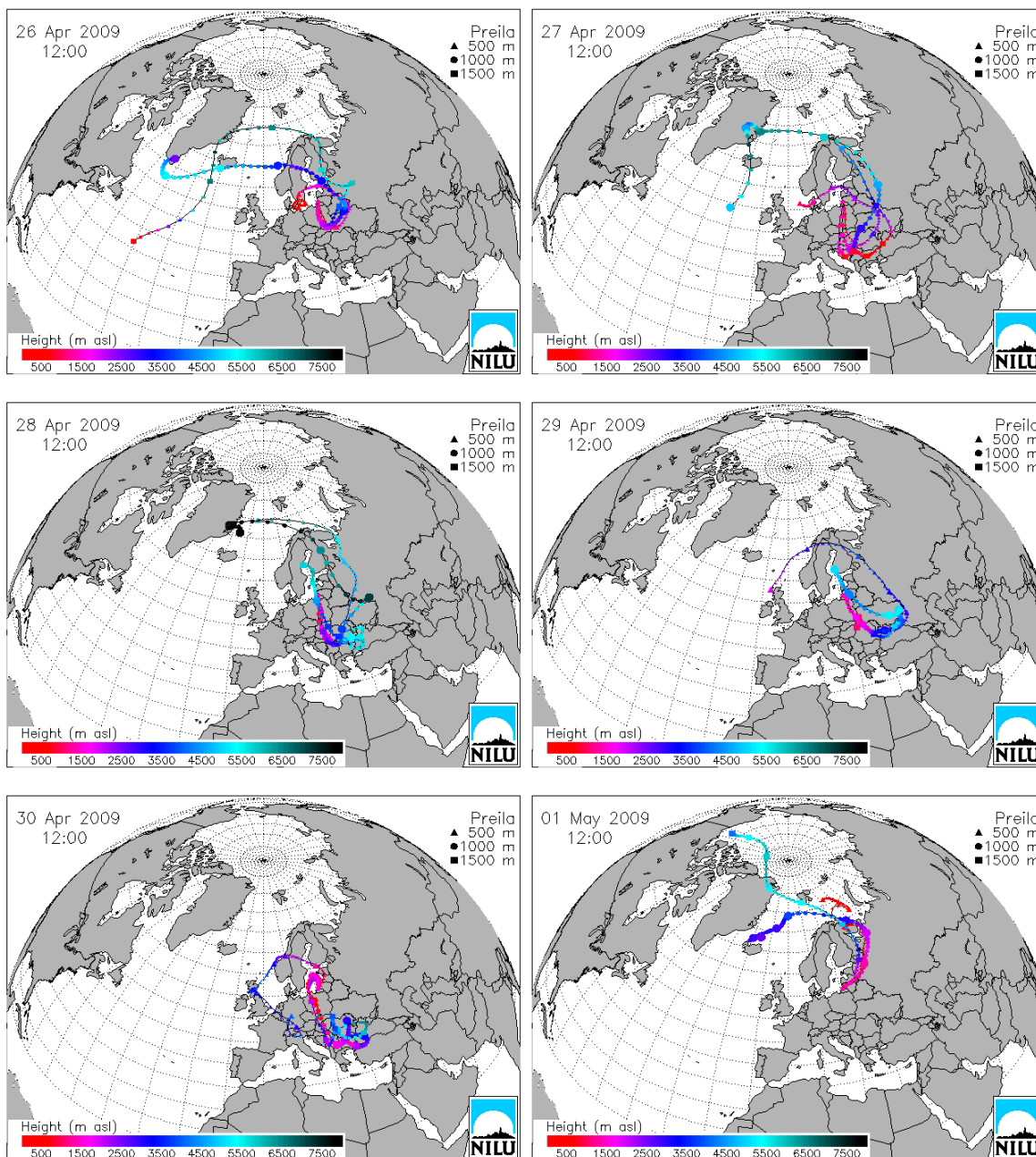
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Pavojaus slenkstinės vertės - valandos vidurkis >240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - viršijimas	0	valandų skaičius		2002/3/EB	
AOT40 miškų apsaugai	16150 (16521)	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$	balandis-rugsėjis	2002/3/EB	Skliaustuose pateiktos reikšmės perskaičiuotos pagal 3 formulę
Patikimų duomenų skaičius	2121	valandų skaičius	balandis-rugsėjis, 8-20 val.		ne daugiau kaip 2196
AOT40 augmenijos apsaugai	8443 (8692)	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$	gegužė-liepa	2001/81/EB 2002/3/EB	Skliaustuose pateiktos reikšmės perskaičiuotos pagal 3 formulę
Patikimų duomenų skaičius	1054	valandų skaičius	gegužė-liepa, 8-20 val.		ne daugiau kaip 1104
AOT60 žmonių sveikatos apsaugai	538	$\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$	sausis-gruodis	2001/81/EB	ne daugiau kaip 5800

Atskiri ozono slenkstinių verčių viršijimo atvejai:
Sveikatos apsaugos ozono ilgalaikio tikslo (8 valandų vidurkis > 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
viršijimas

Stotis	Mėnuo ir diena	Didžiausia paros 8 h vidutinė ozono koncentracija, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Preila	Balandžio 26	136
	Balandžio 27	126
	Balandžio 28	140
	Balandžio 29	132
	Balandžio 30	132
	Gegužės 3	122
	Rugpjūčio 16	121

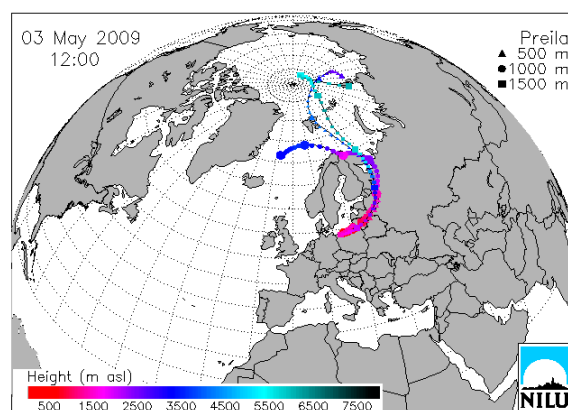
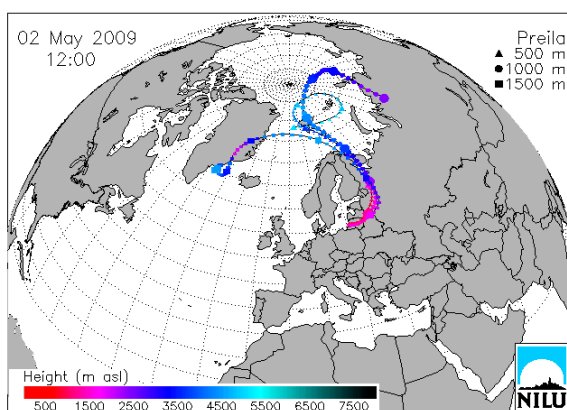
Galimi šių padidintų ozono koncentracijų šaltiniai buvo tiriami pasinaudojant atgalinių oro masių pernašų trajektorijų metodu. Išanalizavus oro masių pernašas, nustatyta, kad pagrindinis jų šaltinis buvo užteršto oro pernaša iš vakarinės Europos dalies (10 pav.). Pasikeitus oro pernašos kryptčiai gegužės 01 d. ozono koncentracija sumažėjo iki 104 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Šią dieną stoties rajoną pasiekė oro masės atėjusios šiaurės per Latviją. Gegužės antrą dieną buvo ta pati situacija (11 pav.), o trečią gegužės dieną, oro masės užgriebė tiek ir šiaurinę Lenkijos trajektoriją, todėl stotyje buvo išmatuotos vėl didesnės koncentracijos (6 lentelė). Analogiška situacija buvo stebima ir rugpjūčio mėnesį, kai oro masių trajektorijos, ėjusios per Baltijos jūrą, rugpjūčio 16 dieną pasisuko ir užgriebė šiaurinę Lenkijos dalį (12 pav.).

Gyventojų informavimo slenkstis (180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) slenkstis nebuvo viršytas. Siektina žmonių sveikatos apsaugai vertė, t.y., kad didžiausias paros 8 valandų vidurkis 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nebūtų viršijamas daugiau nei 25 paras per kalendorinius metus, imant trejų metų vidurkį, taip pat nebuvo viršytas. Tačiau ilgalaikiai tikslai (2010 m.) dar nėra pasiekti, t.y., užregistruoti atvejai, kai paros didžiausias 8 valandų vidurkis viršijo 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Visi atvejai, kai stotyje buvo viršytas šis lygis pateikti 6 lentelėje. AOT 60 reikšmės 2009 metais neviršijo leistinos absoliučios 5800 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ ribos, tačiau viršijo žmonių sveikatai nustatytą kritinį lygį AOT 60 = 0.



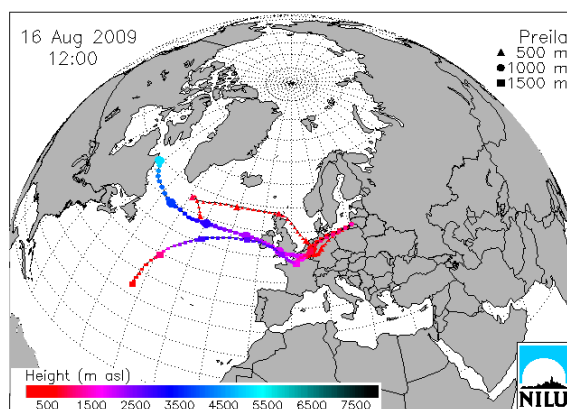
10 pav. Atgalinės 3D oro masių pernašų trajektorijos padidintų ozono koncentracijos laikotarpiu (2009 m. balandžio 26-30 d.) ir 2009 m. gegužės 01 d.

Šaltinis: <http://www.emep.int/>



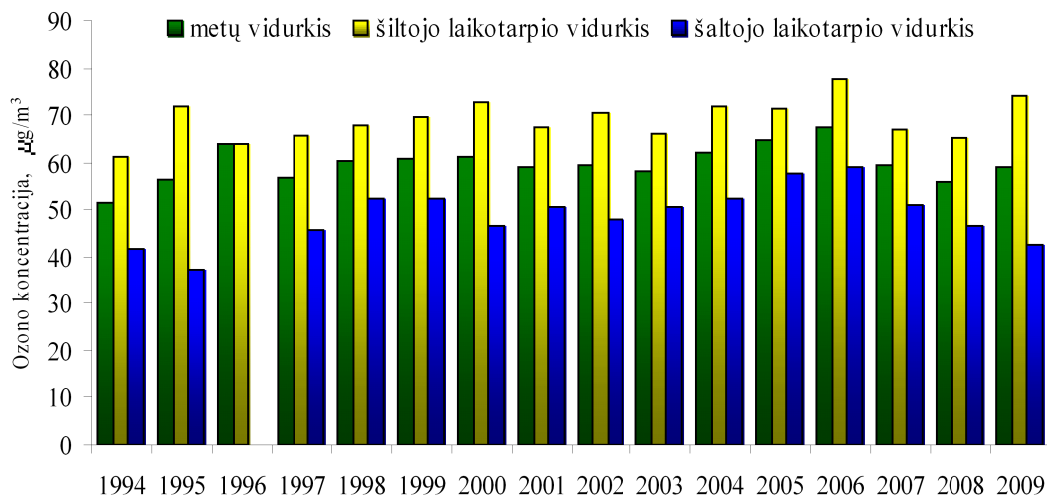
11 pav. Atgalinės 3D oro masių pernašų trajektorijos 2009 m. gegužės 02 ir 03 dienomis.

Šaltinis: <http://www.emep.int/>



12 pav. Atgalinės 3D oro masių pernašų trajektorijos 2009 m. rugpjūčio 16 dieną.

Šaltinis: <http://www.emep.int/>



13 pav. Ozono koncentracijos vidutinių reikšmių kaita per 1994–2009 metus Preilos stotyje atskirais laikotarpiais: šiltuoju (balandis-rugsėjis), šaltuoju (spalis-kovas) ir kalendoriniais metais

Ozono koncentracijos lygio kaita nuo 1994 metų, t.y. nuo tada kai pradėta vykdyti Integruoto monitoringo programa Lietuvos stotyse, pateikta 13 paveiksle. Preilos stotyje stebėtas nedidelis teigiamas vidutinių metinių koncentracijų trendas iki 2006 metų, nors jis buvo ir statistiškai nežymus. Šiais 2009 metais užregistruota ozono koncentracijos lygio sumažėjimas tik šaltuoju metų laikotarpiu. Vidutinė metinė ozono koncentracija stotyje šiais metais yra didesnė už 2008 metų vidurkį: 59,5 ir 55,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, atitinkamai. Jeigu 2007 ir 2008 metais buvo stebėtas žemas ozono lygis šiltuoju metų laikotarpiu, tai šiais 2009 metais, jis vėl ženkliai pakilo iki 74,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Remiantis Valstybinės aplinkos monitoringo 2005-2010 metų programos [9] dalies, nurodančios minimalias pažeminio ozono monitoringo apimtis, reikalavimais ir atsižvelgus į 2005-2009 m. tyrimų rezultatus reikia pažymėti, kad ozono koncentracijos didėjimo nebuvo fiksuota Lietuvos foninėse stotyse per šį laikotarpį. Vertinant pernašų iš kitų šalių indėlį į bendrą Lietuvos oro baseino užterštumo lygį nustatyta, kad per šį laikotarpį ilgalaikis tikslas (2010 m.) dėl ozono didžiausios koncentracijos, kuris privalo būti, t.y., neviršijama dėl žmonių sveikatos apsaugos, dar nėra pasiektas, t.y., užregistruoti

atvejai, kai paros didžiausias 8 valandų vidurkis viršijo $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dažniausiai šie atvejai buvo stebėti, kai užterštos oro masės pasiekdavo Lietuvą iš pietinių-vakarinių Europos regionų. Todėl, vertinant pernašų iš kitų šalių indėlį į bendrą Lietuvos oro baseino užterštumo lygį yra būtina nuolatinei matuoti ozono koncentraciją Lietuvoje stotyse, esančiose neužterštose vietovėse ir kuriose yra vykdomos plačios kitų teršalų monitoringo programos. Būtina užtikrinti jose duomenų patikimumą. Norint sumažinti duomenų praradimą dėl aparatūros gedimų reikėtų sudaryti galimybę stočių operatoriams operatyviai laikinai, kol bus sutaisyti stotyse naudojami prietaisai, pakeisti sugedusį analizatorių į atsarginius. Šie atsarginiai prietaisai galėtų būti saugomi Vilniuje, tačiau, sugedus stočių aparatūrai, operatoriai turėtų turėti pirmumo teisę pasinaudoti šiais prietaisais. Senus ozono analizatorius būtina pakeisti naujesniais. Labai svarbus yra Vilniaus Lazdynų stotelės punktas, kuriame matuojama ozono koncentracija atspindi Vilniaus bendrą foną, todėl būtina šiuos matavimus tęsti. Abejonių kelia būtinumas matuoti ozono koncentracijas prie gatvių sankryžų ir mažai užterštuose miestuose. Lietuva nėra tas regionas, kuriame gali vykti intensyvus fotocheminis ozono susidarymas.

IŠVADOS

Ozono koncentracija 2009 metais EMEP stotyje Preiloje vidutinė metinė koncentracijos buvo $59,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, t.y., žymiai didesnė nei 2008 metais.

Didžiausios koncentracijos stotyje 2009 metais buvo išmatuotos balandžio 28 dieną: $149,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kurios kilmė yra sietina su tolimąja oro masių pernaša bei galimu vietiniu fotocheminiu susidarymu.

Ozono valandinių duomenų dažninis pasiskirstymas gali būti aprašomas Gauso pasiskirstymu. Dažniausiai stebimų ozono valandinių koncentracijų intervalas, palyginus su 2008 metais, mažai pakito.

Apskaičiuotos AOT40 vertės miškų apsaugai stotyje neviršijo ($16150 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ ir $16521 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ perskaičiuotasis) 2002/3/EB direktyvos III priede pateikto leistiną lygį, t.y., $20000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$, tačiau jos yra beveik du kartus didesnės nei 2008 metais.

Per 2009 metus gyventojų informavimo ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nebuvo viršytas ir pavojaus ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$) slenkstis nebuvo pasiektas. Siektina žmonių sveikatos apsaugai vertė, t.y., kad didžiausias paros 8 valandų vidurkis $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nebūtų viršijamas daugiau nei 25 paras per kalendorinius metus, imant trejų metų vidurkį, stotyje nebuvo viršytas. Tačiau ilgalaikiai tikslai (2010m.) dar nėra pasiekti, t.y., užregistruotas atvejis, kai paros didžiausias 8 valandų vidurkis viršijo $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. AOT 60 reikšmės 2009 metais neviršijo leistinos absoliučios $5800 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ ribos, tačiau viršijo žmonių sveikatai nustatytą kritinį lygį $\text{AOT } 60 = 0$.

LITERATŪRA

1. Solberg, S., Derwent, R. G., Hov, O., Langner, J. and Lindskog, A.: 2005, 'European Abatement of Surface Ozone in a Global Perspective', *Ambio*, 34, 47-53
2. 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>
3. TARYBOS DIREKTYVA dėl aplinkos oro kokybės vertinimo ir valdymo 96/62/EB, <http://www3.lrs.lt/c-bin/eu/preps2?Condition1=20746&Condition2=>
4. 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>
5. Sveikatos apsaugos ministro įsakymas Nr. 544/508 “Dėl ozono aplinkos ore normų ir vertinimo taisyklių nustatymo”. Valstybės žinios, 2002 Nr.105-4726
6. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas Nr. 468 “Dėl sieros dioksido, azoto oksidų, lakiųjų organinių junginių ir amoniako nacionalinių limitų patvirtinimo”. Valstybės žinios, 2003, Nr.99-4465
7. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2008/50/EB dėl aplinkos oro kokybės ir švaresnio oro Europoje <http://lt.vlex.com/vid/38714879>.
8. Environment Data Centre (1993) Manual for Integrated Monitoring, Helsinki
9. http://gamta.lt/files/LR_vyriausybes_nutarimas_del_Valstybines_aplinkos_monitoringo_2005-2010m_programos_pakeitimo.pdf