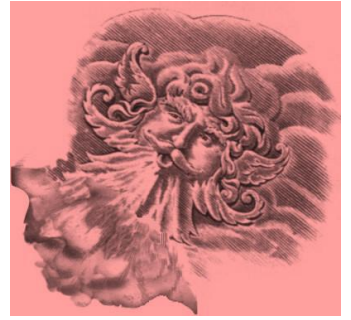




Egidijus Rimkus
“Meteorologijos įvadas”

PRIEDAI



PRIEDAI

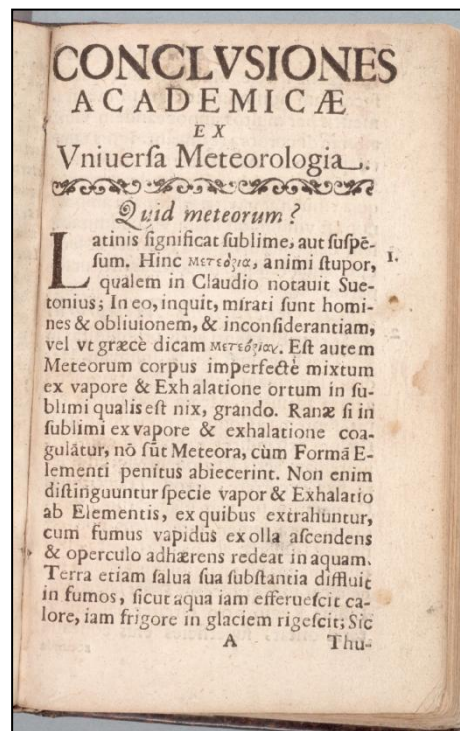
Turinys

1. [“Universa Meteorologia”](#)
2. [Žemės atmosferos funkcijos](#)
3. [Tarptautinė standartinė atmosfera](#)
4. [Ozonas](#)
5. [Šiltnamio efektas](#)
6. [Smogas](#)
7. [Saulė](#)
8. [Kodėl drėgnas oras yra lengvesnis už sausą](#)
9. [Puasono lygties išvedimas bei sausaadiabatinio gradiento dydžio nustatymas](#)
10. [Žemėje ir vandeniuose srautų inversijų formavimasis](#)
11. [Sinoptinis ir barinės topografijos žemėlapiai](#)
12. [Kodėl ir kaip pasireiškia Korioliso jėga](#)
13. [Unikaliosios vandens savybės](#)
14. [Vandens būsenų priklausomybė nuo temperatūros ir slėgio](#)
15. [„Vadovas debesims pažinti“](#)
16. [El Nino](#)
17. [Vėjo kryptys](#)
18. [Boforto skalė](#)
19. [Safiro-Simpsono skalė](#)
20. [Fudžitos skalė](#)
21. [Vietiniai vėjai](#)

1 priedas

„Universa Meteorologia“

Šiame priede pateikiamas pilnas 1643 metų J. Počapovskio mokslinių tezių „Conclusiones Academicæ ex Universa Meteorologia“ vertimas. 1979 metais VU Hidrologijos ir klimatologijos katedros docento Vaclovo Ščemeliovo pastangomis, šis veikalas buvo išverstas iš lotynų į lietuvių kalbą. Sunkų darbą atliko dvi VU Istorijos fakulteto dėstytojos: docentė J. Šimkauskienė ir vyr. dėstytoja J. Mažiulienė. Žvelgiant iš nūdienos pozicijų, dalį teksto reikėtų patikslinti. Deja, dėl tokio pobūdžio darbų brangumo ir dėl to, jog darbo su senosiomis universiteto knygomis galimybės yra ganėtinai ribotos, pateikiamas prieš tris dešimtmečius atliktas ir nedaug redaguotas vertimas. 2005 metais šio vadovėlio autorius kartu su docentu Vaclovu Ščemeliovu jubiliejinei Hidrologijos ir klimatologijos katedros konferencijai parengė pranešimą apie šį istorinį darbą, kurį neabejotinai reikėtų vertinti kaip Lietuvos kultūros bei meteorologijos istorijos paminklą. Pratarmė prieš tekstą parengta šio pranešimo pagrindu. Minėto veikalo vertimą 2004 metais į kompiuterinę laikmeną surinko VU Hidrologijos ir klimatologijos katedros studentė Daiva Kvedaravičiūtė.



Pav. Puslapis iš J. Počapovskio veikalo

[„Universa Meteorologia“](#)

[Grįžti į turinį](#)

2 priedas

Žemės atmosferos funkcijos

Šiame priede išvardintos tik tos gyvybiškai svarbios atmosferos funkcijos, be kurių Žemės ekosistemos egzistavimas būtų neįmanomas.

Atmosfera

1. Apsaugo visas gyvybės formas nuo kenksmingos arba mirtinos labai trumpų bangų spinduliuotės, sklindančios iš kosmoso, taip pat ir iš Saulės. Spinduliai, kurių ilgis mažesnis negu $0,28 \mu\text{m}$, beveik nepasiekia žemės paviršiaus.
2. Leidžia pasiekti žemės paviršių gyvybiškai svarbiai Saulės energijai. Dalis ultravioletinės spinduliuotės, matomoji bei infraraudonoji spinduliuotė yra būtinos visoms gyvybės formoms išgyventi.
3. Apsaugo žemės paviršių nuo staigaus atšalimo naktį ir įšilimo dieną.
4. Sukuria natūralų šiltnamio efektą ir todėl vidutinė paviršiaus temperatūra nuo -18°C išauga iki $+15^\circ\text{C}$.
5. Perneša milžiniškus energijos kiekius nuo ekvatoriaus polių link. Šiluma pernešama kartu su įšilusiomis oro masėmis bei kaip slaptoji fazinių virsmų šiluma. Taip sumažėja temperatūros skirtumai įvairiose platumose.
6. Perneša didelį vandens kiekį (dujinėje, skystoje ar kietoje fazinėje būsenoje) iš vienos Žemės rutulio vietų į kitas.
7. Yra sukaupusi milžinišką augalams ypač svarbaus azoto kiekį.
8. Yra didžiulis augalų ir gyvūnų kvėpavimui būtino deguonies ir fotosintezai reikalingo anglies dioksido šaltinis.
9. Yra reikšminga daugelio gyvybiškai svarbių gamtinių ciklų dalis.
10. Natūralūs bei antropogeninės emisijos į atmosferą produktai oksidacijos, fotolizės ir kitų cheminių reakcijų metu yra suskaidomi ir pašalinami.
11. Apsaugo žemės paviršių nuo santykinai nedidelių, tačiau labai pavojingų meteorų, kurie dėl trinties į tankiuosius atmosferos sluoksnius sudega, nepasiekę žemės paviršiaus. Kiek stambesni meteoritai žemės paviršių pasiekia, tačiau daug kartų sumažėja ne tik jų masė, bet ir greitis.



1 pav. Galingi kamuoliniai lietaus debesys (Der Karlsruher..., 2010)



2 pav. Meteoras Žemės atmosferoje (Science..., 2007)

3 priedas

Tarptautinė standartinė atmosfera

Tarptautinė standartinė atmosfera (ISA) yra hipotetinis atmosferos modelis, parodantis, kaip atmosferos slėgis, oro temperatūra, tankis kinta didėjant aukščiui. Tarptautinė standartizacijos organizacija (ISO 2533:1975) patvirtino šį modelį kaip atmosferos standartą, naudojamą daugeliui taikomųjų skaičiavimų.

Yra laikomasi prielaidos, jog ši hipotetinė atmosfera yra idealiosios dujos, o ją apibūdinančių rodiklių kaita didėjant aukščiui gali būti aprašoma hidrostatine pusiausvyros lygtimi. Skaičiavimuose taip pat laikomasi prielaidos, jog ore nėra vandens garų, o laisvojo kritimo pagreitis vertikalia kryptimi nesikeičia. Dabartinė ISA buvo patvirtinta 1976 metais. Pagal ją jūros lygyje:

atmosferos slėgis – 1013,25 hPa (arba 760 mm);

oro temperatūra – 288,15 K (arba 15 °C);

oro tankis – 1,225 kg/m³;

oro molinė masė – 28,964 g/mol.

Be jokios abejonės, nuolat kintanti reali atmosfera skirtingose Žemės platumose kiek skiriasi nuo standartinės, tačiau bendrieji pasiskirstymo dėsningumai išlieka.

1 lentelė. Tarptautinė standartinė atmosfera

Aukštis (m)	Temperatūra (°C)	Slėgis (hPa)	Santykinis tankis	Garso greitis (m/s)
0	15,0	1013	1,00	340,3
500	11,8	955	0,95	338,4
1000	8,6	899	0,91	336,4
1500	5,3	846	0,86	334,5
2000	2,1	795	0,82	332,5
2500	-1,3	747	0,78	330,6
3000	-4,4	701	0,74	328,6
3500	-7,8	658	0,70	326,6
4000	-11,0	617	0,67	324,6
4500	-14,3	578	0,63	322,6
5000	-17,5	541	0,60	320,5
5500	-20,8	505	0,57	318,5
6000	-24,0	472	0,54	316,5
6500	-27,3	441	0,51	314,4
7000	-30,5	411	0,48	312,3
7500	-33,7	383	0,45	310,2
8000	-37,0	357	0,43	308,1
8500	-40,2	332	0,40	306,0
9000	-43,5	308	0,38	303,8
9500	-46,7	286	0,36	301,7
10000	-49,9	265	0,34	299,8
10500	-53,2	245	0,32	297,4
11000	-56,4	227	0,30	295,2
11500	-56,5	210	0,28	295,1
12000	-56,5	194	0,25	295,1
12500	-56,5	179	0,24	295,1
13000	-56,5	166	0,22	295,1
13500	-56,5	153	0,20	295,1

Lentelės tęsinys

14000	-56,5	142	0,19	295,1
14500	-56,5	131	0,17	295,1
15000	-56,5	121	0,16	295,1
15500	-56,5	112	0,15	295,1
16000	-56,5	104	0,14	295,1
16500	-56,5	96	0,13	295,1
17000	-56,5	89	0,12	295,1
17500	-56,5	82	0,11	295,1
18000	-56,5	76	0,10	295,1
18500	-56,5	70	0,09	295,1
19000	-56,5	65	0,08	295,1
19500	-56,5	60	0,08	295,1
20000	-56,5	55	0,07	295,1
22000	-54,6	40	0,05	296,4
24000	-52,6	30	0,04	297,7
26000	-50,7	22	0,03	299,1
28000	-48,7	16	0,02	300,4
30000	-46,7	12	0,02	301,7

2 lentelė. Vertikalių terminių atmosferos sluoksnių ribos pagal ISA. Taip pat išskirtos sluoksnių dalys su labai besiskiriančiais vertikaliais temperatūros gradientais

Sluoksnis	Geometrinis aukštis (km)	Vertikalus temperatūros gradientas (°C/ km)	Oro temperatūra (°C)	Atmosferos slėgis (hPa)
Tropsfera	0,0	-6,5	+15,0	1013
Tropopauzė	11,019	+0,0	-56,5	226
Stratosfera	20,063	+1,0	-56,5	55
Stratosfera	32,162	+2,8	-44,5	9
Stratopuzė	47,350	+0,0	-2,5	1,1
Mezosfera	51,413	-2,8	-2,5	0,7
Mezosfera	71,802	-2,0	-58,5	0,4
Mezopauzė	86,000	—	-86,2	0,004

[Grižti į turinį](#)

4 priedas

Ozonas

Ozonas (O_3) – tai dujos, kurių molekulės sudarytos iš trijų deguonies atomų. Ozonas yra daug mažiau stabilus nei deguonis, be to, jis yra dar stipresnis oksidatorius. Todėl ozonas yra dinaminėje būsenoje, o jo koncentracija priklauso nuo platumos bei metų ir paros laiko.

Ozonas buvo atrastas 1840 metais vokiečių chemiko Kristiano Fridriko Šionbaino. Cheminių reakcijų metu išsiskyrusios kvapnios dujos buvo pavadintos ozonu (nuo graikiško žodžio *ozein* – kvepėti). Ozono kvapą ore galime pajusti po perkūnijos, kadangi ozono molekulių kiekis išauga dėl galingų elektros išlydžių. Trečiajame XX amžiaus dešimtmetyje britų mokslininkas Gordonas Dobsonas, sukūrė spektrofotometrą ozono kiekiui atmosferoje matuoti. Jo garbei buvo pavadintas ir ozono kiekio matavimo vienetas (Dobson Unit – DU). Vienas DU yra ozono molekulių skaičius, kuris reikalingas sukurti 0,01 mm storio gyno ozono sluoksnį, kai oro temperatūra $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, o slėgis lygus 1000 hPa. Vidutiniškai oro stulpe yra apytiksliai 0,3 cm storio ozono sluoksnis (300 DU).

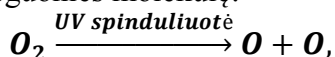
Didžiausias ozono kiekis atmosferoje susitelkęs stratosferoje – tarp 15–35 km (1 pav.).

Stratosferinio ozono svarba yra labai didelė. Ozonas visiškai sugeria ultravioletinę Saulės spinduliuotę bangų diapazone iki $0,28\text{ }\mu\text{m}$ (sugėrimo maksimumas $0,255\text{ }\mu\text{m}$). Dėl to stratosferos viršutinėje dalyje oro temperatūra išauga iki $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

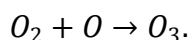
Ozonas apsaugo gyvuosius Žemės organizmus nuo didelės dalies ultravioletinių spindulių poveikio. Ozonas visiškai sugeria mirtinai pavojingus ultravioletinius C ($0,10\text{--}0,28\text{ }\mu\text{m}$), iš dalies – eritemiškai aktyvius ultravioletinius B ($0,28\text{--}0,32\text{ }\mu\text{m}$) bei santykinai mažai – nedaug kenksmingus ultravioletinius A ($0,32\text{--}0,39\text{ }\mu\text{m}$) spindulius. Ultravioletinę C spinduliuotę iki $0,24\text{ }\mu\text{m}$ ilgio stipriai sugeria ir deguonis.

Mažėjant ozono koncentracijai stratosferoje, didesnis ultravioletinių spindulių kiekis pasiekia paklotinį paviršių. Todėl didėja odos vėžio bei akių kataraktos atvejų skaičius, perteklinis ultravioletinės spinduliuotės kiekis silpnina žmonių imuninę sistemą. Ultravioletiniai spinduliai ypač stipriai neigiamai veikia vandenynų planktoną ir kitus smulkius organizmus, kurie yra kitų gyvūnų mitybos pagrindas. Planktonas iš dalies absorbuoja perteklinį anglies dioksido atmosferoje kiekį, todėl sumažėjus jo koncentracijai daugėja šiltnamio dujų atmosferoje. Ultravioletinė spinduliuotė skatina ir kenksmingo priežeminio ozono formavimąsi, o taip pat paspartina daugelio medžiagų (pvz., plastiko) irimą.

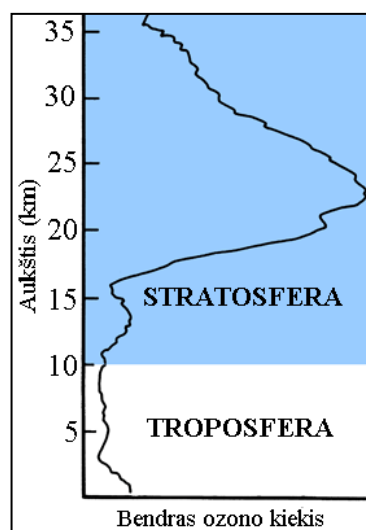
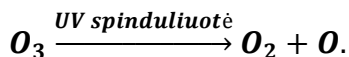
Fotocheminį ozono formavimosi mechanizmą 1930 metais pirmasis aprašė britų fizikas Sidnis Čapmenas. Stratosferinis ozonas dažniausiai susidaro ultravioletiniams (trumpesniems negu $0,24\text{ }\mu\text{m}$) spinduliams suskaldžius deguonies molekulę:



paskui kitai deguonies molekulei prisijungus suskilusios molekulės atomą:



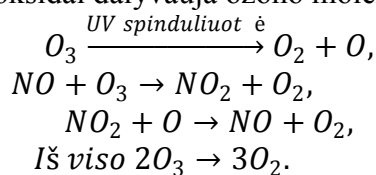
Savo ruožtu, ozonas sugerdamas UV spinduliuotę, skyla:



1 pav. Ozono koncentracijos kaita vertikalia kryptimi (NOAA paveikslas)

Normaliomis sąlygomis stratosferoje susiformavusių ozono molekulių skaičius lygus suskilusių ozono molekulių skaičiui.

Vėlesni tyrimai atskleidė kitas chemines reakcijas, nuo kurių priklauso pusiausvyrinis ozono kiekis stratosferoje, nes ozono molekulių skilimą spartina įvairūs katalizatoriai. Viena svarbiausių – reakcijų serija, parodanti, kaip azoto oksidai dalyvauja ozono molekulių ardyme:



Kadangi azoto oksidų molekulės vėl grįžta į pradinę būseną, jos gali, kaip katalizatorius, dalyvauti daugelio ozono molekulių suardyme. Pagrindinė priežastis, dėl kurios ozono sluoksniui kyla pavojus, yra ta, jog šalia ozono molekulių skilimą skatinančių gamtinių katalizatorių į stratosferą iš apatinių atmosferos sluoksnių patenka didelis kiekis antropogeninės kilmės dujų, kurios sugriaua nusistovėjusią ozono formavimosi ir skilimo pusiausvyrą. Didelį susirūpinimą kelia chluorfluorangliavandenilių (freonų) koncentracijos didėjimas atmosferoje, kadangi freonai (ypač svarbus jų sudėtyje esantis chloras (Cl)) yra daug kartų stipresni ozono molekulės skilimo reakcijos katalizatoriai nei azoto oksidai. Be to, freonai yra labai chemiškai stabilūs ir, patekę į atmosferą, gali išlikti joje dešimtmečius bei dėl oro turbulencijos pakilti į stratosferą. Visi į atmosferą patekę freonai yra antropogeninės kilmės, kadangi jie buvo sukurti 1928 metais kaip nekenksminga medžiaga, skirta naudoti aušinimo sistemose. Didelį poveikį daro ir į atmosferą patekę bromo (Br) junginiai, tačiau jo kiekis ore yra mažesnis nei chloro.

Mažiausia stratosferinio ozono koncentracija yra ties pusiauju, didžiausia – poliarinėse srityse. Be to, kaip jau minėta, ozono koncentracijos maksimumas ties tropikais yra aukščiau nei poliarinėse platumose. Nors intensyviausia Saulės spinduliuotė (kartu ir ozono formavimasis) yra vasarą tropinėse platumose, tačiau dėl stratosferinės atmosferos cirkuliacijos ypatumų ozonas nuo ekvatoriaus pernešamas į poliarines platumas bei į žemyn į apatinius stratosferos sluoksnius. Stratosferinė cirkuliacija lemia ir tai, jog ozono koncentracijos maksimumas stebimas pavasarį, o minimumas – rudenį.

Didžiausios stratosferinio ozono koncentracijos fiksuojamos arktiniame regione kovo–balandžio mėnesiais, o mažiausios – Pietų pusrutulio pavasario metu (rugsėjo–spalio mėnesiais) Antarktidoje. Šis sezoninis reiškinys, nederantis su bendrąja ozono pasiskirstymo teorija, yra vadinamas ozono skykle.

Ozono skylė

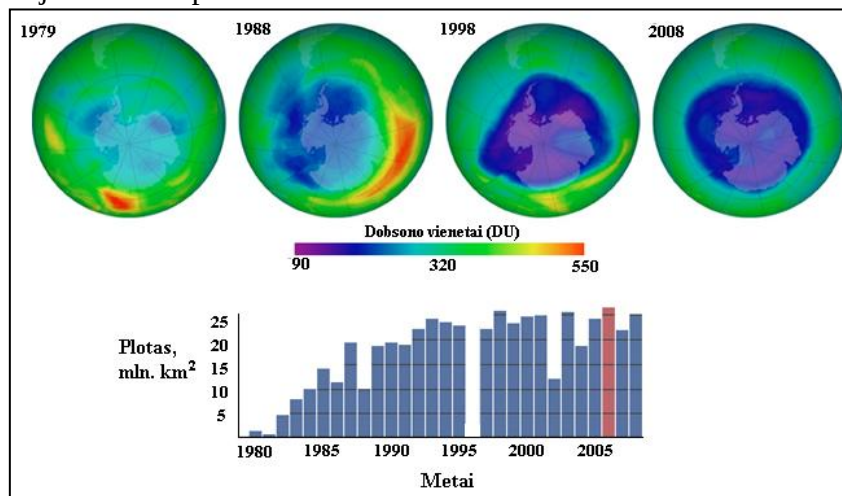
Ozono skylė vadinamas regioninis ypač stiprus ozono koncentracijos sumažėjimas pavasario mėnesiais virš Antarktidos. Jos riba apibrėžiama 220 DU, kadangi toks mažas bendrojo ozono kiekis nebuvo užfiksuotas natūraliomis sąlygomis iki tol, kol 1979 metais pastebėta ozono skylė virš Antarktidos.

Šios skylės susidarymas siejamas su cirkuliaciniais atmosferos ypatumais Antarktidoje, taip pat su freonų koncentracijos stratosferoje didėjimu. Stratosferoje UV spinduliuotė sugriaua ryšius, jungiančius chloro atomus su freono molekule. Laisvi chloro atomai greitai patenka į du naujus junginius (druskos rūgštį bei chloro nitratus), kurie yra labai stabilūs normaliomis sąlygomis. Tačiau žiemos orai Antarktidoje yra išskirtiniai. Ši žemyną žiemą supa ypač stiprus poliarinis sūkurys viršutinėje troposferoje bei stratosferoje ir izoliuoja oro masę žemyno gilumoje. Poliarinės nakties metu oro temperatūra apatinėje stratosferoje nukrenta žemiau $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$, ir nors absoliutus oro drėgnumas labai mažas, susidaro perlamutriniai debesys, sudaryti iš ledo bei azoto rūgšties (HNO_3) kristalų (2 pav.). Didelė dalis azoto junginių taip pat yra antropogeninės kilmės. Šių kristalų paviršius yra pagrindas cheminių reakcijų, kurių metu chloro junginiai vėl skyla ir ore atsiranda žymiai aktyvesnės chloro dujos (Cl_2). Kai pavasario Saulė vėl apšviečia Pietų polių, UV spinduliuotė greitai sugriaua ryšius tarp dviejų chloro atomų, o pastarieji pasireiškia kaip ypač stiprūs ozono molekulių skilimo reakcijos katalizatoriai. Vienas chloro atomas gali sugriauti tūkstančius ozono molekulių. Panašų poveikį daro ir bromo atomai.



2 pav. Stratosferiniai perlamutriniai debesys (R. Hageno nuotrauka)

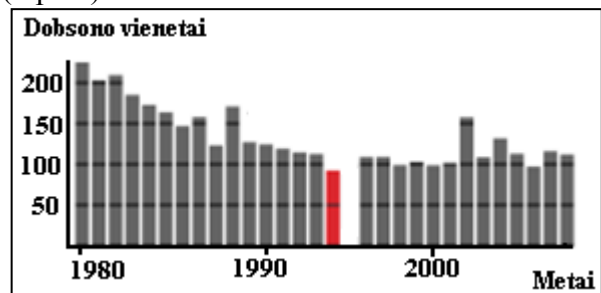
Ozono koncentracija greitai mažėja ir šis procesas vyksta tol, kol susilpnėjus poliariniam sūkuriui oro masės iš kitų platumų pasiekia Antarktidą, o chloro atomai išsisklaido. Tada ozono sluoksnis stabilizuojasi iki kito pavasario.



3 pav. Ozono skylės išplitimas 1980–2008 metų pavasariais (rugsėjis–spalis). 2006 metais ozono skylė apėmė pačią didžiausią teritoriją (NASA paveikslas)

Devintajame XX amžiaus dešimtmetyje britų mokslininkai pastebėjo, jog kasmet pavasarinis ozono koncentracijos minimumas virš Antarkties yra vis mažesnis, o ozono skylės apimta teritorija plečiasi. Mažiausia vidutinė ozono koncentracija ozono skylės apimtoje teritorijoje buvo užfiksuota 1994 metais – vos 92 DU, o didžiausias ozono skylės apimtas plotas 2006 metais – 26,6 mln. km² (2,5 karto didesnis plotas už Europą) (3 pav.).

Tyrimų rezultatai parodė, jog žmogaus veikla yra svarbiausia ozono sluoksnio plonėjimo priežastis, ir atkreipė tarptautinės bendruomenės dėmesį į šią problemą. 1987 metais buvo pasirašytas tarptautinis susitarimas vadinamas Monrealio protokolu. Jame numatyta daugelis draudimų bei apribojimų naudoti medžiagas naikinančias ozono sluoksnį. Labai tikėtina, jog dėl šio susitarimo staigus ozono koncentracijos mažėjimo tendencija virš Antarktidos, pastebėta 9-ame XX amžiaus dešimtmetyje, beveik nutrūko ir ozono koncentracija atmosferoje stabilizavosi nors ankstesnio lygio ir nepasiekė (4 pav.).



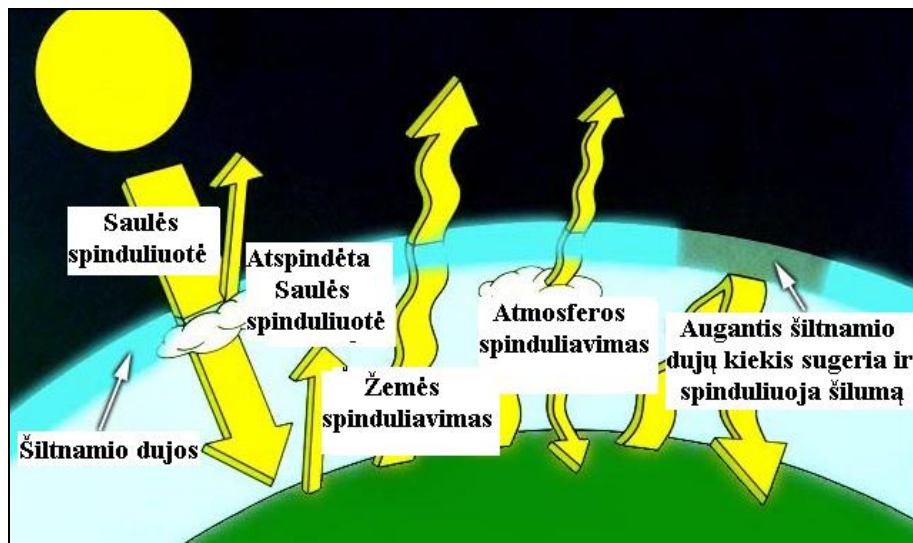
4 pav. Vidutinis bendro ozono kiekis ozono skylės apimtoje teritorijoje 1980–2008 metų pavasariais (rugsėjis–spalis). 1994 metais minimalus bendro ozono kiekis buvo mažiausias (NOAA paveikslas)

[Grįžti į turinį](#)

5 priedas

Šiltnamio efektas

Šiltnamio efektas – tai Saulės energijos sulaikymas atmosferoje dėl kai kurių į oro sudėtį įeinančių dujų savybės būti skaidrioms trumpabangiams Saulės spinduliams bei sugerti ilgabangį žemės spinduliavimą, tokiu būdu didinant priešpriešinį spinduliavimą (1 pav.). Tokiomis savybėmis pasižyminčios dujos vadinamos **šiltnamio dujomis**. Svarbiausios oro sudėtyje esančios šiltnamio dujos yra šios: vandens garai (H_2O), anglies dioksidas (CO_2), metanas (CH_4), azoto suboksidas (N_2O).



1 pav. Šiltnamio efektas (Science, 2009)

Paprasčiausias modelis, kaip nuo atmosferos ir jos cheminės sudėties priklauso Žemės temperatūra, yra nedimensinis klimato modelis, apibrėžiamas Klauzijaus-Klapeirono (1834) bei Stefano-Bolcmano (1879) lygtimis. Šiame modelyje spinduliuotės pusiausvyra prie žemės paviršiaus nusakoma lygtimi:

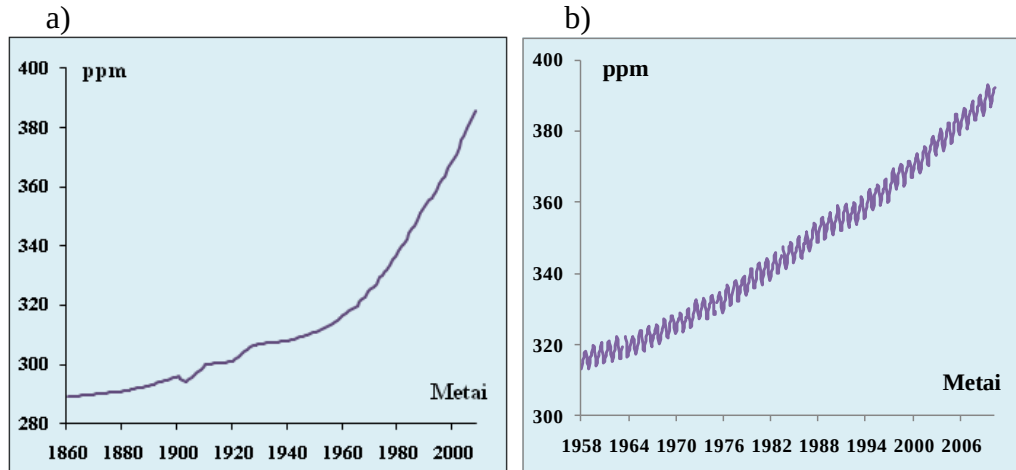
$$(1 - a)S\pi r^2 = 4\pi r^2 \sigma \varepsilon T^4,$$

čia a – vidutinis Žemės paviršiaus albedas (apie 0,36); S – Saulės konstanta (apie 1370 W/m^2); πr^2 – Žemės paviršiaus plotas, kurį pasiekia tiesioginiai Saulės spinduliai; $4\pi r^2$ – visas Žemės paviršiaus plotas; σ – Stefano-Bolcmano konstanta ($5,67 \times 10^{-8}$); T – žemės paviršiaus temperatūra ($^{\circ}\text{K}$); ε – daugiklis, rodantis absorbcines atmosferos savybes. Kairėje lygties pusėje – Saulės spindulių prietaka, dešinėje – Žemės spinduliuojama energija. Jei Žemės negautų atmosfera ($\varepsilon = 1$), tai vidutinė žemės paviršiaus temperatūra apytiksliai būtų lygi $-18,6^{\circ}\text{C}$. Dėl to, jog atmosfera sugeria didelę dalį žemės paviršiaus spinduliuojamos energijos bei dalį jos vėl grąžina ($\varepsilon = 0,6$), žemės paviršiaus temperatūra išauga iki $14,9^{\circ}\text{C}$. Šis $33,5^{\circ}\text{C}$ skirtumas susidaro dėl vadinamojo **natūralaus šiltnamio efekto**.

Tačiau nuo XIX amžiaus pradžios, sustiprėjus žmonijos ūkinei veiklai, atmosferos sudėtis pradėjo iš lėto keistis. Kartu su kitomis antropogeninėmis priemonėmis į atmosferą pateko ir didžiulias kai kurių šiltnamio dujų kiekis. Ypač ženkliai atmosferoje pradėjo gausėti anglies dioksido (į aplinką patenkančio deginant medį, anglį, naftą ir t. t.) (2 pav.).

Dar 1896 metais švedų mokslininkas Sventas Arhenius atkreipė dėmesį į tai, kad padidėjęs anglies dvideginio kiekis atmosferoje bei sustiprėjęs priešpriešinį spinduliavimas gali stipriai paveikti apatinio atmosferos sluoksnio temperatūrą. Jis apskaičiavo, kad 50 % išaugus anglies dioksido koncentracijai atmosferoje, oro temperatūra tarp 30° ir 40° šiaurės platumos sausumoje

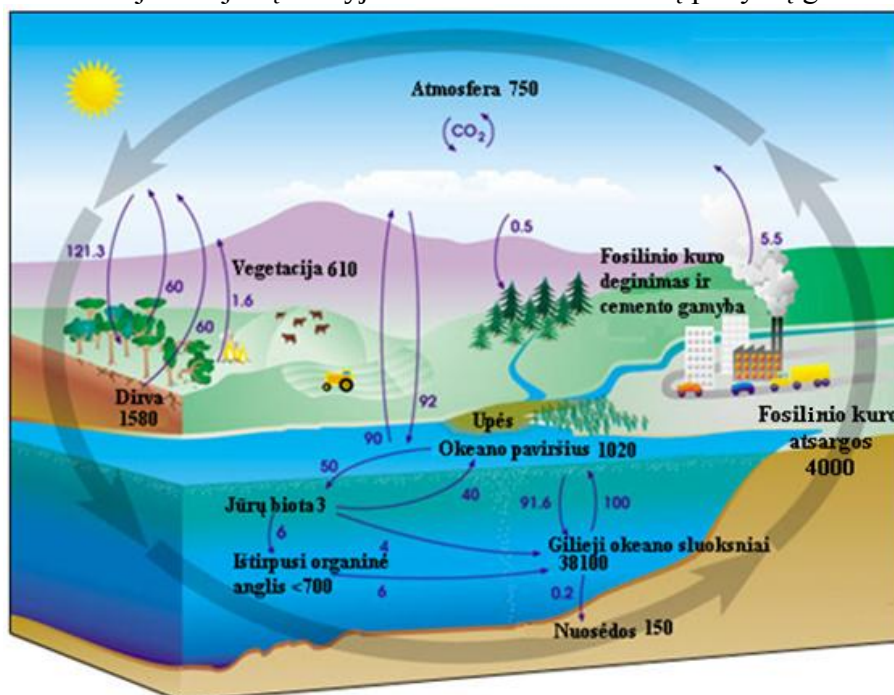
turėtų išaugti 4,1 °C, o virš vandenyno – 3,3 °C. Nors šie skaičiavimai nėra visiškai tikslūs, jie gana aiškiai apibrėžė galimų pasikeitimų mastą.



2 pav. Anglies dioksido atmosferoje kiekio kaita 1860-2010 metais pagal CDIAC (Carbon Dioxide Information Analysis Center) duomenis (a). Iki 1958 metų naudoti ledo dangos duomenys, vėliau Mauna Lao (Havajai) matavimų stoties duomenys (b)

Tikslus anglies apykaitos tarp atmosferos, sausumos ir vandenyno įvertinimas yra būtina sąlyga, siekiant teisingai interpretuoti šiuolaikinius klimato pokyčius bei numatyti kaitos tendencijas (3 pav.).

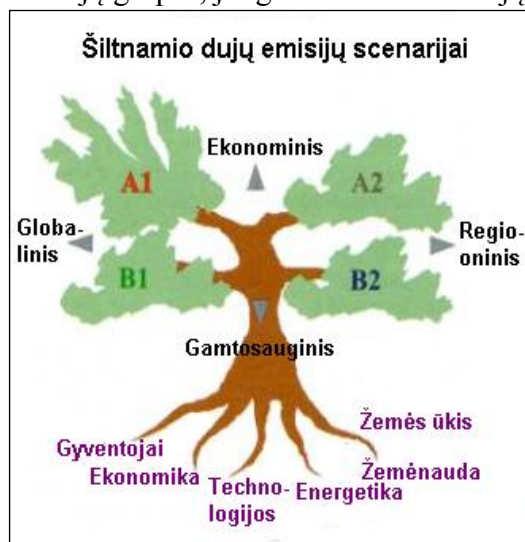
Dėl žmogaus ūkinės veiklos anglies dioksido į atmosferą patenka daug daugiau, nei sugeba jį absorbuoti ir sukaupti sausuma bei Pasaulio vandenynas. Anglies dioksidas gerai tirpsta vandenyje, tačiau sugėrimo mastas priklauso nuo paviršinio vandens vertikaliosios sąmaišos spartos. Taip pat anglies dioksidą fotosintezėi naudoja fitoplanktonas. Sausumos ekosistemose daug jo suvartoja augalai (fotosintezėi), ir įsisavinimas galėtų dar padidėti, nes didesnis CO₂ kiekis atmosferoje lemia ir spartesnę anglies dioksidą absorbuojančios biomasės didėjimą. Deja, dėl žmogaus veiklos (miškų kirtimo, ariamų plotų plėtimo) jo sugėrimo bei kaupimo (medienoje bei dirvoje) galimybės mažėja. Todėl visi be išimties klimato modeliai prognozuoja anglies dioksido koncentracijos atmosferoje didėjimą ateityje. Skiriasi tik numatomų pokyčių greitis.



3 pav. Anglies apykaita. Linijų skaičiai rodo apykaitos srautų intensyvumą (Gt anglies per metus), sistemos dalių skaičiai – jose susikaupusias atsargas (GtC) (The carbon..., 2009)

Ateities klimato pokyčiai daugiausia siejami su šiltnamio efektą sukeliančių dujų koncentracija. Tarpvyriausybinė klimato kaitos komisija – TKKK (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*) 2000 metais paskelbė specialią ataskaitą apie galimus šiltnamio efektą sukeliančių ir kitų klimatosferos raidai svarbių dujų emisijos scenarijus (*Special Report on Emissions Scenarios, SRES*). Emisijos scenarijai paremti socialinėmis ir ekonominės žmonijos raidos prognozėmis. Svarbiausieji išmetamų teršalų kiekius lemiantys veiksniai yra gyventojų skaičiaus kaita, ekonominis bei socialinis vystymasis, energijos suvartojimas, technologijų raidos ypatybės. Taip pat svarbūs žemėnaudos pokyčiai bei aplinkosaugos politikos įgyvendinimas.

Remiantis visais medžiagų emisijos dydį lemiančiais veiksniais, buvo sukurtos keturios scenarijų grupės, jungiančios 40 scenarijų:



4 pav. Socialinių ir ekonominių žmonijos vystymosi scenarijų grupės: A1, A2, B1 ir B2 (Special ..., 2000)

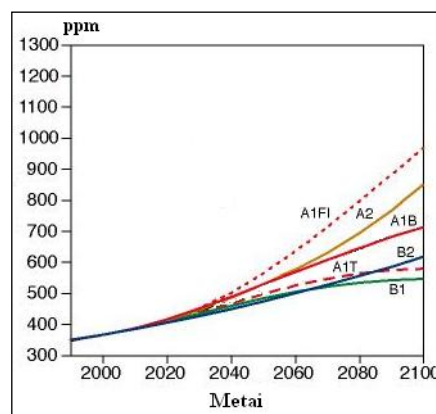
A1 – numatomas labai greitas ekonomikos augimas, gyventojų skaičiaus didėjimas iki XXI amžiaus vidurio, o paskui mažėjimas, greitas modernių technologijų diegimas. Dažnai šioje grupėje skiriami trys pogrupiai: A1FI – tarp energijos resursų vyraus fosilinis kuras; A1T – vyraus nefosilinis kuras; A1B – numatomas subalansuotas kuro vartojimas.

A2 – prognozuojamas vis dar labai heterogeniškas pasaulis su nuolat didėjančiu gyventojų skaičiumi. Ekonomikos augimas lėtas, naujos technologijos diegiamos tik kai kuriuose labiau išsivysčiusiuose regionuose.

B1 – tikėtina staigi globalizacija, gyventojų skaičiaus kaita panaši, kaip numatyta A1 scenarijuje, bet vyksta ypač greitas ekonominės sistemos virtimas informacine bei mažiau vartotojiška visuomene, intensyvus naujų švarių technologijų diegimas.

B2 – ateities pasaulis orientuotas į vietos ekonominių, socialinių ir aplinkosauginių problemų sprendimą. Nuolat augantis gyventojų skaičius (lėčiau nei A2 scenarijuje) ir vidutiniškai intensyvus ekonomikos vystymasis (4 pav.).

Emisijos scenarijai pateikia šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo į atmosferą prognozę XXI amžiui. Per šį laikotarpį į atmosferą pateks nuo 770 iki 2540 GtC anglies dioksido. Didžiausią jo išmetimą numato A1FI scenarijų pogrupis bei A2 scenarijų grupė, mažiausią – B1 scenarijų grupė. Emisijos scenarijų duomenys – tai bendrosios cirkuliacijos modelių įvesties duomenys, kuriais remiantis pasauliniai klimato tyrimų centrai modeliuoja ateities klimato pokyčius. Prognozuojama, kad 2100 metais anglies dioksido koncentracija ore sieks nuo 540 ppm (B1 scenarijus) iki 970 ppm (A1FI scenarijus) (5 pav.). Tai net 90–250% daugiau nei šių dujų koncentracija ore prieš prasidedant industrializacijai (280 ppm 1750 m.). Šis augimas susijęs ne tik su emisija į atmosferą, bet ir su absorbicinių sausumos ir vandenyno galių silpnėjimu.



5 pav. Pagal įvairius emisijos scenarijus prognozuojama CO₂ koncentracijos (ppm) atmosferoje kaita XXI amžiuje (Special..., 2000)

Nors dauguma klimato sistemoje vykstančių procesų yra gerai išanalizuoti ir gali būti ganėtinai nesunkiai modeliuojami, tiksliai nustatyti, kaip ateityje keisis klimatas, yra labai sudėtinga. Didelę įtaką ateities klimato modeliavimo rezultatams daro vadinamieji **grįžtamieji ryšiai**. Grįžtamieji ryšiai gali sustiprinti (*teigiamas grįžtamasis ryšys*) arba susilpninti (*neigiamas grįžtamasis ryšys*) pokyčius, atsirandančius dėl pradinio išorinių ir vidinių veiksnių poveikio klimato sistemai.

Bene svarbiausias teigiamas grįžtamasis ryšys yra *vandens garų* kiekio atmosferoje augimas. Dėl šiltnamio efektą sukeliančių dujų koncentracijos didėjimo augant oro temperatūrai, daugės ore (ypač apatinėje troposferoje) ir vandens garų. Taigi sustiprės priešpriešis į žemės paviršių nukreiptas atmosferos spinduliavimas. Klimato modeliavimo rezultatai rodo, jog su vandens garais susijęs grįžtamasis ryšys lems dvigubai spartesnį oro temperatūros augimą nei tuo atveju, jei vandens garų kiekis atmosferoje būtų stabilus.

Kitas labai svarbus teigiamas grįžtamasis ryšys susijęs su sniego bei ledo plotų žemės paviršiuje kaita. Augant temperatūrai, tirpsta ledynai bei mažėja pastovios arba nepastovios sniego dangos dengiami plotai. Tai lemia ir paviršiaus albedo sumažėjimą, nes ledas ir ypač sniegas atspindi didžiąją dalį ant jo krentančios Saulės spinduliuotės. Sumažėjus albedui, padidėja sugėrimas ir paviršiaus temperatūra dar labiau išauga.

Vienas sunkiausiai klimato modeliuose išreiškiamų dydžių yra debesuotumas bei debesų spinduliuotės balansas. Debesys gali sugerti ir atspindėti Saulės energiją (taip mažinti jos prietaką į paklotinį paviršių). Antra vertus, debesys patys spinduliuoja ilgabangę spinduliuotę paklotinio paviršiaus link. Kuris iš šių dviejų procesų vyraus, lemia debesų aukštis, storis bei struktūra (vandens garų, lašelių, ledo kristalų bei aerozolių pasiskirstymas debesyje). Kol kas nėra iki galo aišku ir tai, koks yra šio grįžtamojo ryšio pobūdis: teigiamas ar neigiamas.

Šiuolaikiniai klimato modeliai, remdamiesi skirtingais emisijos scenarijais, prognozuoja 1,8–4,0 °C globalios temperatūros augimą XXI amžiuje. Virš sausumos jis bus didesnis nei virš vandenyno. Labiausiai atšils poliarinės platumos. Visame pasaulyje keisis ir daugelio kitų klimato rodiklių dydžiai. Lietuvoje vidutinė metinė oro temperatūra turėtų išaugti 2–4 °C. Ypač šils žiemos. Prognozuojamas globalios temperatūros augimas yra daug didesnis nei fiksuotasis XX amžiuje ir, labai tikėtina, neturintis precedento per paskutinius 10 000 metų.

[Grįžti į turinį](#)

6 priedas

Smogas

Smogas – tai dūmų ir rūko mišinys. Šis žodis kilęs iš anglų kalbos ir gautas sujungus du žodžius: *smoke* – dūmai ir *fog* – rūkas. Iš pradžių jis buvo naudojamas specifinėms atmosferos sąlygoms Didžiosios Britanijos pramonės centruose (ypač Londone) nusakyti, tačiau vėliau šis žodis paplito visame pasaulyje. Yra išskiriami du smogo tipai: klasikinis ir fotocheminis.

Klasikinis smogas

Seniau **klasikiniu** smogu urbanizuotoje teritorijoje buvo vadinamas tiesioginės antropogeninės kilmės aerozolių ir rūko lašelių sąmaišos rezultatas. Šiuo metu klasikiniu smogu laikomas ir toks, kuris formuojasi ne rūko metu, t. y. ore pakibusių kietųjų dalelių mišinys su sieros dioksidu (SO_2). Pagrindinis klasikinio smogo šaltinis yra organinių medžiagų (anglies, naftos produktų ir kt.) deginimas pramonėje ar namų ūkiuose. Taip ore atsiranda sieros dioksidas bei suodžiai. Nors išsivysčiusiose valstybėse (kur pramonės įmonės dažniausiai yra toliau nuo miesto centro, o namų ūkiai šildomi centralizuotai) stiprūs klasikinio smogo atvejai tampa vis retesni, tačiau jie vis dar pasitaiko. Ypač palankios sąlygos klasikiniam smogui formuotis susidaro šaltais žiemos mėnesių rytais, ypač jei atmosferos sąmaišos sąlygos yra prastos (silpnas vėjas, didelis priežeminio atmosferos sluoksnio pastovumas).

Klasikinis smogas gali sukelti kvėpavimo sistemos sutrikimus. Ypač jis pavojingas, žmonėms jau sergantiems šiomis ligomis. Pats įsimintiniausias klasikinio smogo atvejis buvo užfiksuotas 1952 metais Londone.

1952 metų smogas Londone

Dėl dažnai pasitaikančio rūko smogas Londonui buvo būdingas jau nuo viduramžių. Augant miestui, vis didesni teršalų kiekiai patekdavo į aplinką. Ir nors buvo išleista keletas įstatymų, ribojančių ir reguliuojančių organinio kuro deginimą mieste, tačiau net ir XX amžiaus pirmojoje pusėje buvo užfiksuoti keli ypač stipraus smogo atvejai.

1952 metų gruodžio 5–9 dienomis susiformavo bene daugiausiai žalos padaręs smogas Didžiosios Britanijos istorijoje. Šalti gruodžio pradžios orai lėmė daug intensyvesnę nei įprastą organinio kuro (daugiausia anglies) deginimą. Miestą supo visa eilė anglis naudojančių šiluminių elektrinių. Paminėtina, jog pokario metais labai išaugo automobilių skaičius miesto gatvėse. Galų gale vyraujantys vėjai nešė teršalus iš kontinente esančių pramonės centrų.

Nusistovėjus anticikloninei cirkuliacijai, susiformavo stipri žemyneigių srautų inversija. Prie paviršiaus buvusio šalto oro sąmaišos galimybės tapo labai menkos. Stipraus rūko lašeliams susimaišius su teršalais (daugiausiai suodžiais, kietosiomis dalelėmis bei sieros dioksidu), susidarė smogas, kuris išsilaikė daugiau kaip 4 dienas. Matomumas dažnai siekdavo vos kelis metrus, o kai kada sumažėdavo net iki 30 cm.

Smogo metu daugiausia nuo kvėpavimo ligų paūmėjimų mirė 4000 žmonių, manoma jog dar 8000 mirė vėliau. Apie 100 000 miesto gyventojų skundėsi kvėpavimo takų sistemos sutrikimais.

Šis smogas lėmė „Švaraus oro akto“ priėmimą 1956 metais, kuris numatė daugelį konkrečių priemonių oro užterštumui sumažinti.



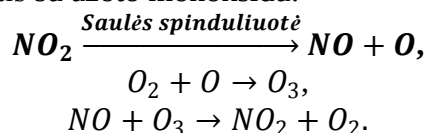
1 pav. Londonas 1952 metų smogo metu (E. Hampe nuotrauka)

Fotocheminis smogas

Fotocheminis smogas susidaro dėl Saulės spinduliuotės poveikio oro teršalams. Fotocheminių reakcijų metu formuojasi įvairios cheminės medžiagos. Bene svarbiausios iš jų yra ozonas (O_3), kuris (priežeminiame sluoksnyje) yra gyviesiems organizmams itin kenksmingos dujos. Be to, per šias reakcijas susidaro toksiški bei dirginantys akių gleivinę aldehydai.

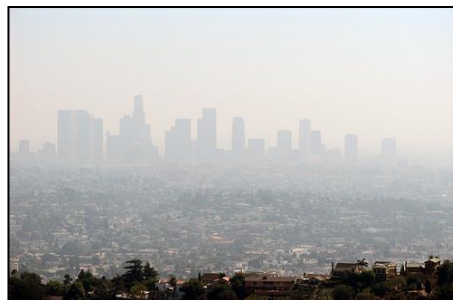
Svarbiausios medžiagos, kurios paskatina fotocheminio smogo formavimąsi (vadinamieji prekursoriai) yra azoto oksidai (NO_x), angliavandeniliai (pvz.: benzenas C_6H_6 , toluenas $C_6H_5CH_3$), anglies monoksidas (CO), kiti lakūs organiniai junginiai (LOJ). Visos šios cheminės medžiagos į aplinką daugiausiai patenka iš automobilių vidaus degimo variklių.

Intensyvaus transporto eismo metu į orą išmetamas didelis šių teršalų kiekis. Taip pat į aplinką urbanizuotose vietovėse jie patenka ir iš stacionarių šaltinių (elektrinių, pramonės įmonių ir kt.). Todėl dideliuose miestuose susiformavus nepalankioms teršalų sklaidai meteorologinėms sąlygoms, minėtų teršalų kiekis pradeda augti. Saulės šviesoje pradeda vykti fotocheminės reakcijos. Azoto oksidai (NO_x) gerai absorbuoja ultravioletinę ir matomąją Saulės spinduliuotę bei pradeda fotocheminių reakcijų seriją, kurioje fotolizės metu išsiskiria deguonies atomai. Pastariesiems jungiantis su deguonies molekule, susiformuoja ozonas. Iš atmosferos ozonas dažniausiai pašalinamas jam jungiantis su azoto monoksidu:



Kadangi Saulės šviesa yra būtina fotocheminių reakcijų vyksmui, tai ir reakcijų metu susidariusių cheminių medžiagų koncentracija yra pati didžiausia vasaros mėnesių vidurdieniais, o naktimis ji labai stipriai sumažėja. Fotocheminiu smogu įvardijamas visų anksčiau paminėtų dujų ir prekursorių bei cheminių reakcijų produktų mišinys.

Bene garsiausi fotocheminiai smogai formuojasi Los Andžele (JAV). Šis Ramiojo vandenyno uostas, kuriame kartu su priemiesčiais gyvena daugiau negu 17 milijonų gyventojų, yra iš trijų pusių supamas kalnų. Tokia vietovės padėtis labai apsunkina teršalų, kurie kasdien į orą patenka iš milijonų automobilių bei mieste esančio jūrų uosto, sklaidos ore galimybes. Be to, šalta vandenyno srovė, tekanti pagal Kalifornijos pakrantę, lemia atmosferos inversijų formavimąsi, o tai dar labiau riboja teršalų sklaidą. Nepaisant priemonių, kurių imamasi užterštumui mažinti, pavojingų sveikatai stipraus fotocheminio smogo atvejų vis dar pasitaiko.



2 pav. Smogas Los Andžele (B. Amstutzo nuotrauka)

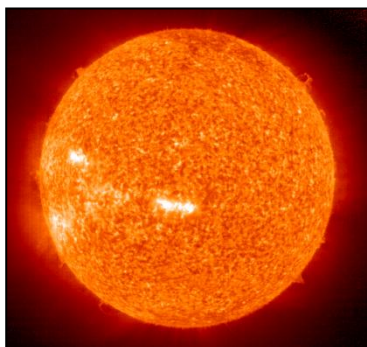
Žalingas smogo poveikis

1. Smogas sukelia kvėpavimo takų (tokias kaip astma, bronchitas), širdies ir kraujagyslių ligas.
2. Smogo sudėtinės dalys ar jo metu susidarę produktai dirgina akis bei nosiaryklę.
3. Smogas mažina matomumo ir komplikuoja sausumos bei oro transporto eismą.
4. Smogas (ypač ozonas) yra kenksmingas daugeliui augalų rūšių.
5. Smogas daro ardantį poveikį įvairioms medžiagoms, skatina jų koroziją ir kt.

Kitas terminas, skirtas kietų atmosferos aerozolių sukeltam oro drumstumui nusakyti, yra **migla**. Migla dažna eroduotų dirvų rajonuose, audros metu dykumose, netoli miško gaisraviečių bei pramoniniuose rajonuose. Taip pat ji gali susidaryti, susimaišius ore esantiems aerozoliams ir fotocheminiam smogui. Priešingai nei rūko atveju, miglos metu oro drėgnumas gali būti santykinai mažas.

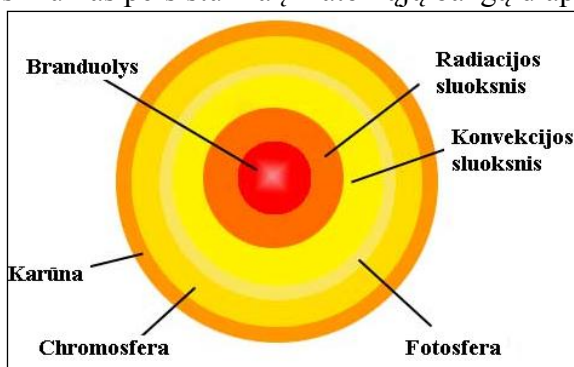
7 priedas

Saulė



Saulė – Saulės sistemos centre esantis dujų kamuolys, vidutiniškai 149,6 mln. km nutolęs nuo Žemės rutulio. Saulės energija Žemę pasiekia per 8 minutes 19 sekundžių. Saulė beveik idealios formos rutulys, kurios skersmuo 1,39 mln. km (109 kartus didesnis nei Žemės), masė – $1,99 \times 10^{27}$ t (333 000 kartų didesnė nei Žemės). Saulės masė sudaro 99,8 % visos Saulės sistemos masės. Saulė susiformavo prieš 4,6 mlrd. metų ir ji sudaryta iš daugelio elementų, tarp kurių aiškiai vyrauja H_2 (74 %) ir He (24 %). Ji, kaip ir Žemė, sukasi apie savo ašį, tačiau Saulė nėra kietas kūnas, todėl apsisukimo periodas ties pusiauju yra 25,4, o ties poliais – 36 paros.

Saulės centre – **branduolys**, kurio temperatūra siekia 15 000 000 K. Todėl nepaisant milžiniško slėgio, visi cheminiai elementai, iš kurių sudaryta Saulė, yra plazmos būsenoje (1 pav.). Branduolio tankis 150 kartų viršija vandens tankį. Čia nuolat vykstančios termobranduolinės reakcijos metu vandenilis virsta į helį. Per sekundę 564 mln. tonų H_2 virsta 560 mln. tonų He, o 4 mln. tonų materijos yra išlaisvinama, kaip energija gama spindulių pavidalu. Per **radiacijos sluoksnį** judėdama paviršiaus link energija yra materijos daug kartų sugerama ir vėl išspinduliuojama vis žemesnėje temperatūroje, o jos kiekis mažėja. Paskutinius 20 % kelio energija daugiau yra pernešama konvekciniu, o ne spinduliniu būdu. Ties apatine **konvekcijos sluoksnio** riba temperatūra yra „vos“ 2 000 000 K, o materijos tankis pakankamai mažas, kad pajudėtų gigantiški konvekciniai srautai (energijos perdavimas spinduliniu būdu labai sulėtėja): santykinai karšta materija vėsdama kyla į viršų (paviršių pasiekdama per apytiksliai 10 dienų), o atvėsusi leidžiasi žemyn. Kai ji pasiekia paviršių, jos temperatūra būna stipriai sumažėjusi, o spinduliuojamos energijos maksimumas persistumia į matomųjų bangų diapazoną.

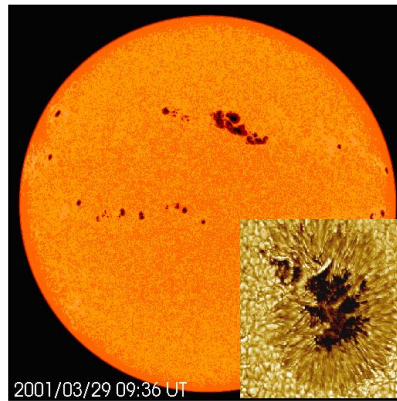


1 pav. Saulės sandara

Išorinis kelių šimtų kilometrų storio Saulės sluoksnis vadinamas **fotosfera**, kurios temperatūra siekia 5800 K. Būtent ji ir spinduliuoja mus pasiekiančią Saulės šviesą. Tik maža Saulės spinduliuojamos energijos dalis pasiekia žemės paviršių (jeigu Saulės spinduliuojamą energijos kiekį prilygintume 20 mln. litų, tai Žemė gauna vos 1 centą).

Dėl jau minėtų konvekcinių srautų judėjimo fotosferos paviršiuje matomos vadinamosios **granulės** (trumpai gyvuojantys didelio diametro dujų burbulai). Be granulių, Saulės paviršiuje susidaro **dėmės** – santykinai tamsūs netaisyklingos formos Saulės paviršiaus plotai, dažniausiai sudarantys grupes (susideda iš dviejų ar daugiau dėmių) (2 pav.). Saulės dėmių skersmuo gali siekti keliasdešimt tūkstančių kilometrų. Jų spalva yra tamsi, nes jos yra vėsesnės (apie 4000 K) nei jas supanti fotosfera. Saulės dėmės formuojasi dėl to, jog kai kuriose paviršiaus vietose magnetinis laukas pristabdo konvekciją, todėl šie plotai atvėsta. Saulės dėmių skaičius pasižymi ciklišku

(egzistuoja 11, 22, 90 metų ir ilgesni ciklai). Šis cikliškumas yra susijęs su Saulės magnetiniu lauku, kuris tokiais laiko intervalais keičia savo poliarizaciją.

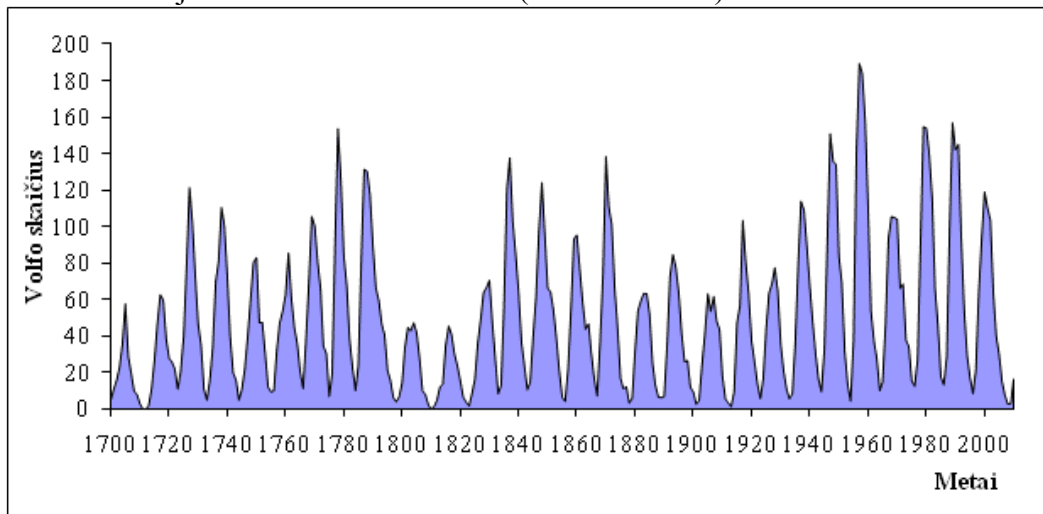


2 pav. Šioje NASA nuotraukoje matomos Saulės dėmės. Apatiniame kampe išdidintas Saulės dėmės vaizdas bei ją supančios granulės

Saulės dėmės – viena ryškiausių Saulės aktyvumo pasireišimo formų. Pirmieji jas aprašė senovės Kinijos astronomai. Nuo XVIII amžiaus vykdomi nuolatiniai Saulės disko stebėjimai, kurių metu nustatomas Saulės dėmių skaičius (3 pav.). Šveicarų astronomas Johanas Volfas (1816–1893) pateikė formulę, leidžiančią įvertinti matomų dėmių skaičių (**Volfo skaičius**) Saulės paviršiuje:

$$R = k(10g + s),$$

kur g – dėmių grupių skaičius, s – atskirų dėmių skaičius visose grupėse, k – koeficientas, priklausantis nuo stebėjimo vietos ir instrumento (dažniausiai <1).



3 pav. Saulės dėmių skaičiaus dinamika 1700–2010 metais pagal SIDC (*Solar Influence Data Center*) duomenis. Vidutinė ryškiausio ciklo trukmė 11,1 metai. Kilimo šakos trukmė 4,8, leidimosi – 6,2 metai. Metinis Saulės dėmių skaičiaus maksimumas buvo užfiksuotas 1957 metais – 190,2

Procesai Žemės atmosferoje dažnai siejami su Saulės aktyvumu. Nustatyta, jog Saulės aktyvumo maksimumo metais (daugiausia tamsių dėmių) Saulės konstantos reikšmė yra 0,1 % didesnė nei vidutiniškai. Nors Saulės dėmės yra vėsesnės ir išspinduliuoja mažesnę energijos kiekį, dėmės pakraščiai yra karštesni nei vidutinė fotosferos temperatūra. Be to, dėl magnetinio lauko poveikio į aplinką išmetamas didesnis materijos bei energijos kiekis, todėl bendras Saulės spinduliuotės intensyvumas visame elektromagnetinių bangų spektre šiek tiek išauga.

Fotosfera yra apgaubta beveik skaidriu stipriai išretėjusių dujų sluoksniu, vadinamu Saulės atmosfera. Saulės atmosfera skirstoma į **chromosferą** ir **Saulės karūną** (1 pav.).



4 pav. Saulės karūna

Chromosfera apima 2000–3000 km sluoksnį, o temperatūra joje auga nuo 6000 iki 20 000 K. Saulės karūna – išorinis sluoksnis matomas tik visiško Saulės užtemimo metu (4 pav.). Jo temperatūra viršija milijoną laipsnių. Saulės karūnoje neretai matomi **protuberantai**, t. y. karštos plazmos kilpos, atsirandančios dėl Saulės magnetinio lauko pokyčių. Saulės karūna išmeta nuolatinį plazmos srautą, vadinamą Saulės vėju. Jis sudarytas daugiausiai iš protonų ir elektronų bei turi pakankamai energijos (vidutiniškai juda 450 km/s greičiu) įveikti Saulės gravitaciją bei per apytiksliai 4 dienas pasiekti Žemę.

Saulės vėjo greitis ir intensyvumas priklauso nuo magnetinio lauko aktyvumo pokyčių skirtinguose Saulės regionuose. Kartais Saulės karūnoje fiksuojami ir ypač galingi plazmos išmetimai, kai milžiniškas įkaitusių bei įelektrintų dalelių kiekis dideliu greičiu tolsta nuo Saulės. Pasiekusios Žemės magnetinį lauką, jos lemia galingas magnetines audras. Protuberantų bei minėtų išmetimų formavimasis ir lokacija yra glaudžiai susijęs su Saulės dėmėmis.

[Grižti į turinį](#)

8 priedas

Kodėl drėgnas oras yra lengvesnis už sausą

Pagal Avogadro dėsni (1811) idealiosioms dujoms, vienodame įvairių dujų tūryje tokiomis pat sąlygomis, t.y. esant tokiai pat temperatūrai ir slėgiui, yra vienodas skaičius molekulių. Tai reiškia, jog šiuo atveju dujų tankis priklauso nuo jų molinės masės. Jei į sausą orą patenka vandens garų molekulės, jos užima kitų į sauso oro sudėtį įeinančių dujų molekulių vietą. Todėl pastarųjų procentinė dalis proporcingai sumažėja. Sausų dujų tankis gali būti apskaičiuotas pagal formulę (žr. skyrelį „Oro tankis“):

$$\rho = \frac{p}{\left(\frac{R^*}{\mu}\right)T},$$

kur ρ – dujų tankis, p – dujų slėgis, μ – dujų molio masė; T – temperatūra (°C); R^* – universali dujų konstanta, kuri lygi darbui, kurį prie pastovaus slėgio atlieka vienas dujų molis pakilus temperatūrai 1 K. Universali dujų konstanta yra lygi 8,314472 J/(mol×K). Specifinė sauso oro konstanta gaunama universalią dujų konstantą padalinus iš molekulinio sauso oro masės 28,966 kg/kmol ar 0,02897 kg/mol (1 lentelė). Taigi: $R = R^*/\mu = 287$ J/(mol×K). Normaliomis sąlygomis ($p = 100\,000$ Pa; $T = 273,15$ K) sauso oro tankis lygus:

$$\rho = \frac{100000}{287 \times 273,15} = 1,276 \text{ kg/m}^3.$$

Molekulinė vandens (H₂O) garų masė lygi 18,01. Jei oras yra prisotintas, 273,15 K temperatūroje vandens garai užima 0,61 % drėgno oro tūrio. Tada molekulinė drėgno oro masė apskaičiuojama taip: $0,9939 \times 28,97 + 0,0061 \times 18,01 = 28,90$. Šiuo atveju specifinė drėgno oro konstanta lygi 287,7. Drėgno oro tankis:

$$\rho = \frac{100000}{287,7 \times 273,15} = 1,273 \text{ kg/m}^3.$$

Taigi drėgnas oras yra nors ir nedaug, tačiau retesnis ir kartu lengvesnis už sausą. Kadangi sočiųjų vandens garų kiekis yra oro temperatūros funkcija, tai nesunku suprasti, jog šis sauso ir drėgno oro tankio skirtumas didės augant temperatūrai. Antai, esant 15 °C temperatūrai (288,15 K) bei 1000 hPa slėgiui, vienas kubinis metras sauso oro svers 1,209 kg, o drėgnas prisotintas oras – 1,201 kg. Be to, pastarieji skaičiavimai įrodo, jog šaltas oras tankesnis ir sunkesnis už šiltą.

Lentelė. Sauso oro ir į jo sudėtį įeinančių dujų molekulinė ir molinė masė

Svarbiausios į sauso oro sudėtį įeinančios dujos	Dujų tūrio dalis sauso oro sudėtyje	Molekulinė masė ¹ (kg/kmol)	Molinė masė ore
DEGUONIS (O ₂)	0,2095	32,00	6,704
AZOTAS (N ₂)	0,7809	28,02	21,881
ANGLIES DIOKSIDAS (CO ₂)	0,0003	44,01	0,0132
ARGONAS (AR)	0,00933	39,95	0,373
MOLINĖ SAUSO ORO MASĖ		28.97 kg/kmol arba 0,02897 kg/mol	

¹ Pavyzdžiui, anglies dioksido molekulinė masė apskaičiuojama taip: 12,01 (anglies atominė masė) + 2×16,00 (deguonies atominė masė) = 44,01.

[Grižti į turinį](#)

9 priedas

Puasono lygties išvedimas bei sausaadiabatinio gradiento dydžio nustatymas

Kaip minėta skyrelyje „Adiabatiniai procesai“, jei nevyksta šilumos apykaita su aplinka, oro temperatūros pokyčiai yra proporcingi oro tūrio pasikeitimui (4.3 formulė):

$$-c_v dT = p dv,$$

kur dT – oro temperatūros pokytis; c_v – oro specifinis šilumos talpumas prie pastovaus tūrio; dv – specifinio dujų tūrio pokytis; p – atmosferos slėgis.

Norint išvesti sausaadiabatinį procesą aprašančią Puasono lygtį, pirmiausia reikia iš formulės pašalinti tiesiogiai nematuojamą dydį dv . Išdiferencijavę sauso oro būvio lygtį ((2.1) formulė), gauname:

$$d(pv) = RdT \text{ arba } pdv + vdp = RdT.$$

Kadangi $v = \frac{RT}{p}$, tai:

$$pdv = RdT - \frac{RT}{p} dp.$$

Tada (4.3) formulę galime užrašyti taip:

$$-c_v dT = RdT - \frac{RT}{p} dp.$$

Atlikę elementarius pertvarkymus, gauname:

$$(c_v + R)dT = \frac{RT}{p} dp.$$

Formule $c_p = c_v + R$, yra susiejami oro specifiniai šilumos talpumo dydžiai, esant pastoviam slėgiui c_p ir pastoviam tūriui c_v . R – specifinė dujų konstanta. Tada:

$$c_p dT = \frac{RT}{p} dp$$

arba

$$\frac{dT}{T} = \frac{R}{c_p} \frac{dp}{p}.$$

Pastarąją išraišką integruojame nuo sausaadiabatinio proceso pradžios reikšmių p_0 ir T_0 iki proceso pabaigos reikšmių p ir T :

$$\int_{T_0}^T \frac{dT}{T} = \frac{R}{c_p} \int_{p_0}^p \frac{dp}{p}$$

Gauname:

$$\ln T - \ln T_0 = \frac{R}{c_p} (\ln p - \ln p_0);$$

$$\ln \frac{T}{T_0} = \frac{R}{c_p} \ln \frac{p}{p_0};$$

$$\frac{T}{T_0} = \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{R}{c_p}}.$$

Ši formulė vadinama **Puasono lygtimi** ir nusako temperatūros pokyčius sausaadiabatinio proceso metu.

Sausaadiabatiškai kylant arba leidžiantis orui jo temperatūra kas 100 m pakinta tam tikru dydžiu. Tai yra **sausaadiabatinis gradientas** γ_a . Šis dydis gali būti apskaičiuojamas tokiu būdu. Pažymėkime kylančio oro temperatūrą T_k , o aplinkos oro temperatūrą T_a . Tada adiabatiškai kylantis oras apibrėžiamas taip:

$$c_p dT_k = RT_k \frac{dp}{p},$$

o nejudantis aplinkos oras pagal hidrostatinės pusiausvyros lygtį:

$$\frac{dp}{p} = -\frac{g}{RT_a} dz.$$

Laikomasi prielaidos, jog slėgis veikiantis kylantį ir aplinkos orą, spėja išsilyginti. Tada iš abiejų formulų galime pašalinti dp/p ir jas sujungti:

$$\frac{c_p}{R} \frac{dT_k}{T_k} = -\frac{g}{R} \frac{dz}{T_a},$$

arba

$$\frac{dT_k}{dz} = -\frac{g}{c_p} \frac{T_k}{T_a}.$$

Dešinioji lygties pusė visados neigiama, tai reiškia, jog adiabiškai kylant orui ($dz>0$), jo temperatūra mažėja ($dT_k<0$), o adiabatinio oro leidimosi metu ($dz<0$) temperatūra auga ($dT_k>0$). Santykis T_k/T_a yra visada labai artimas 1, nes kylančio ir aplinkos oro absoliučios temperatūros skiriasi nedaug. Tada galime parašyti:

$$\frac{dT_k}{dz} = -\frac{g}{c_p}.$$

Tai reiškia, jog vertikalia kryptimi adiabiškai judančio oro temperatūros pokyčiai priklauso vien tik nuo santykio g/c_p . Laisvojo kritimo pagreitis g yra apytiksliai lygus $9,8 \text{ m/s}^2$, o oro specifinis šilumos talpumas, esant pastoviam slėgiui c_p , yra apytiksliai lygus 1 kJ/kgK . Jų santykis yra vadinamas sausaadiabatiniu gradientu ir artimas $9,8 \text{ }^\circ\text{C/km}$ arba **$0,98 \text{ }^\circ\text{C/ 100 m}$** .

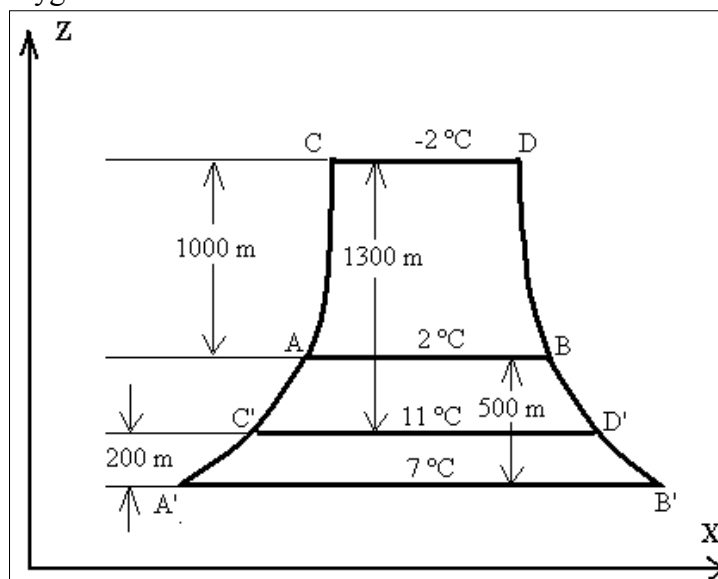
[Grižti į turinį](#)

10 priedas

Žemyneigių srautų inversijų formavimasis

Išivaizduokime, jog anticiklone oras leidžiasi žemyn. Išnagrinėkime besileidžiantį oro sluoksnį $ABCD$, kurio storis 1000 m (pav.). Temperatūra sluoksnio viršuje lygi $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, o apačioje lygi $2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nesunku apskaičiuoti, jog temperatūros gradientas šiame sluoksnyje yra teigiamas ir lygus $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$.

Greičiausiai oras vertikalioje kryptimi leidžiasi laisvojoje atmosferoje, dar neprasidėjęs oro srauto divergavimui. Sakykime, jog diverguojanti apatinė sluoksnio dalis AB sausaadiabtiškai nusileido 500 m iki ribos $A'B'$. Jos temperatūra išaugo $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ir tapo lygi $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (sausaadiabatinį gradientą laikykime apytiksliai lygiu $1\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$). Tuo tarpu viršutinė sluoksnio dalis CD nusileido 1300 m iki ribos $C'D'$. Tokiu būdu 1000 m oro sluoksnio storis dėl oro sklidimo į šalis sumažėjo iki 200 m, o jo viršuje oro temperatūra išaugo iki $11\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tokiu būdu sluoksnyje $A'B'C'D'$ susidarė inversija, kurios vertikalus temperatūros gradientas lygus $-2\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$.



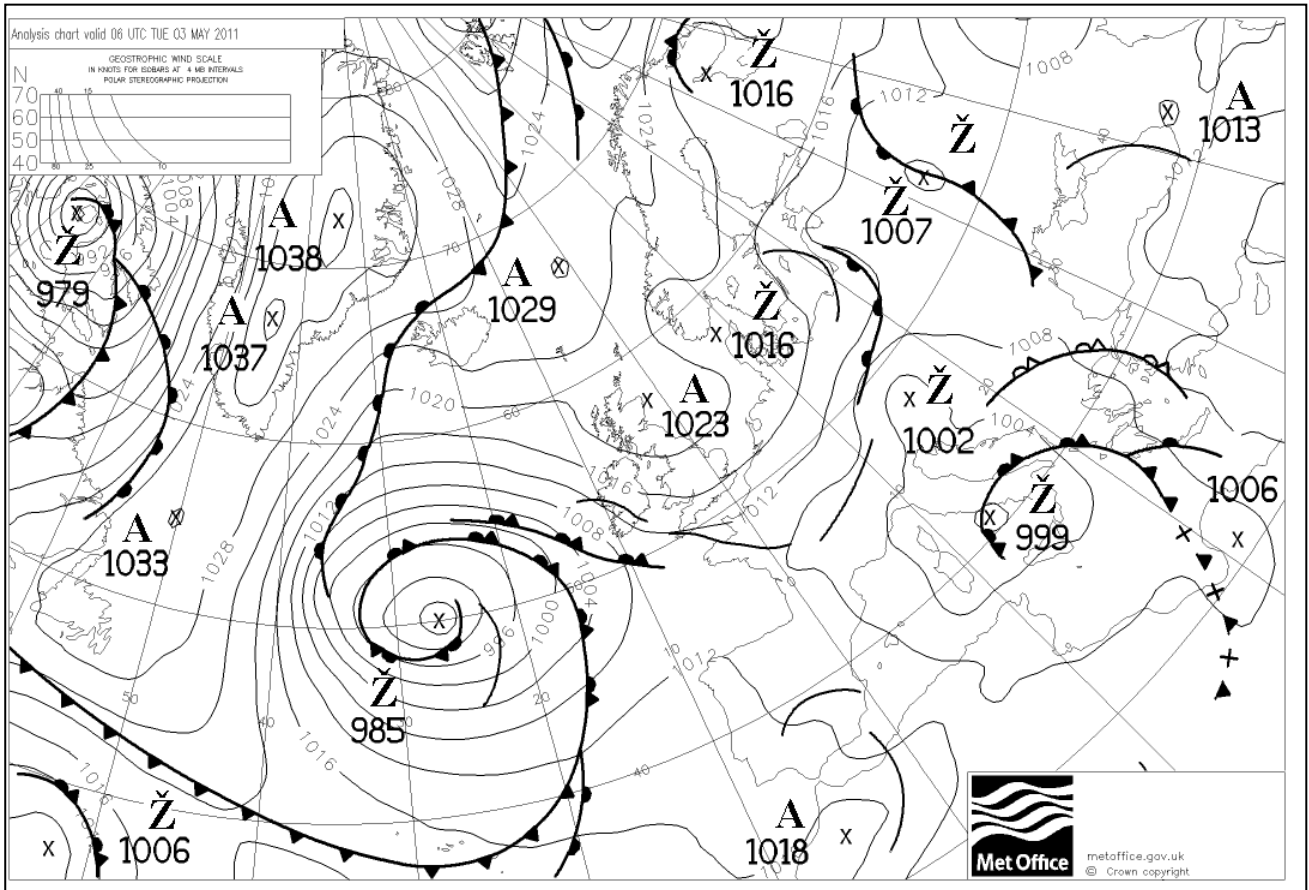
Pav. Žemyneigių srautų inversijų formavimasis. Paveikslas ir jo išaiškinimas parengtas pagal S. P. Khromovą bei M. A. Petrosianą (1994)

[Grįžti į turinį](#)

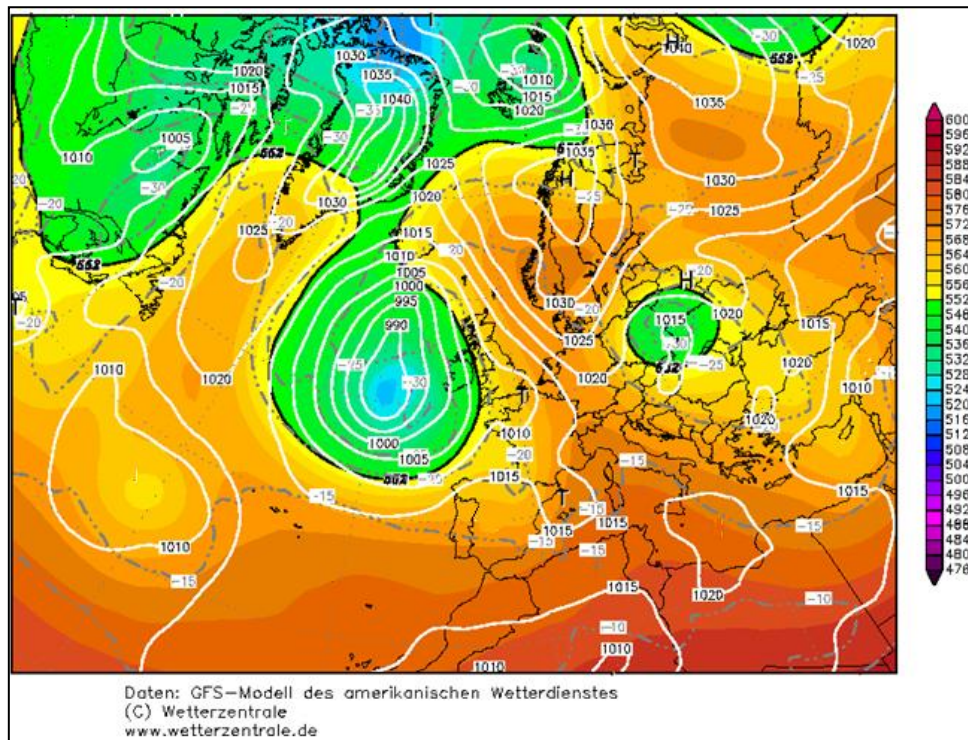
11 priedas

Sinoptinis ir barinės topografijos žemėlapis

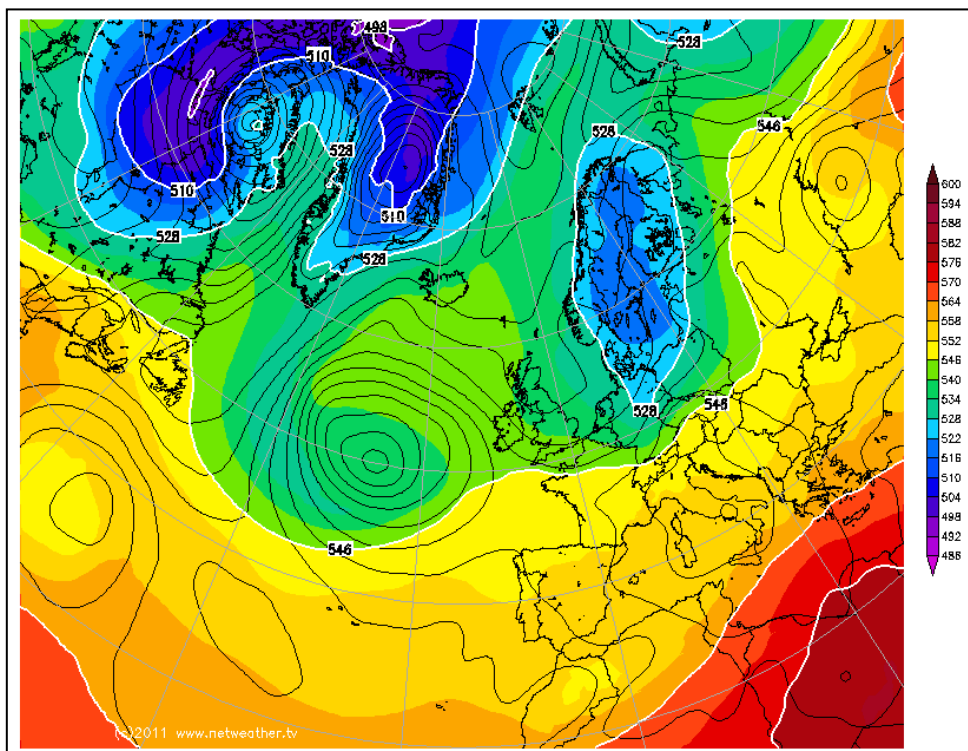
Šiame priede pateikiami trys realią 2011 metų gegužės 3 dienos 6 valandos (pagal Grinvičo laiką) situaciją atspindintys meteorologinių žemėlapių pavyzdžiai. Pirmajame vaizduojamas barinis laukas jūros lygyje bei atmosferos frontai (1 pav.). Antrajame pateiktas 500 hPa absoliučios (2 pav.), o trečiajame 500/1000 santykinės barinės topografijos (3 pav.) žemėlapis.



1 pav. Atmosferos slėgio jūros lygyje žemėlapis. A – aukšto slėgio sritis, Ž – žemo slėgio sritis. Jų centrai pažymėti simboliu X, o skaičiai rodo slėgį centre (hPa). Žemėlapyje pavaizduoti atmosferos frontai (žymėjimas pateiktas skyrelyje „Atmosferos frontai“). Izobaros išvestos kas 4 hPa. Paveiksle matoma aukšto slėgio sritis virš Grenlandijos, kurios vienas gūbrys nutįsęs Niufaundlendo salos link, o kitas – link Jungtinės Karalystės. Ši aukšto slėgio sritis skiria du gilius ciklonus: vieno iš jų centras virš Kanados Arkties archipelago, kito – centriniam Atlante



2 pav. Absoliučios barinės topografijos žemėlapis, vaizduojantis geopotencialų aukštį (dekametrais (dm)) nuo jūros lygio iki 500 hPa izobarinio paviršiaus. Didelis aukštis (skalė – dešinėje) parodo aukštuminio anticiklono lokaciją, mažas – aukštuminio ciklono padėtį. Svarbiausių barinių darinių padėtis artima vaizduojamai 1 paveiksle. Baltos linijos rodo slėgį jūros lygyje, pilkos – oro temperatūrą izobarinio paviršiaus aukštyje



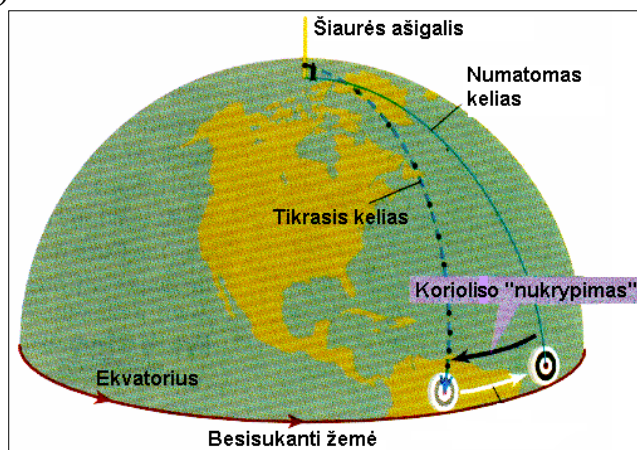
3 pav. Santykinės barinės topografijos žemėlapis, vaizduojantis geopotencialų aukštį (dekametrais (dm)) tarp 500 ir 1000 hPa izobarinių paviršių. Didelis aukštis (skalė – dešinėje) rodo šilumos sritis, mažas – šalčio. Paveiksle matome šaltesnio oro apatinėje troposferoje branduolį virš Baltijos regiono. Plonos tamsios linijos (izobaros) rodo slėgio pasiskirstymą jūros lygyje

[Grįžti į turinį](#)

12 priedas

Kodėl ir kaip pasireiškia Korioliso jėga

Korioliso jėga – tai tariama (arba fiktyvi) jėga, veikianti judantį orą besisukančioje aplink savo ašį Žemėje. Išsivaizduokime objektą, kuris iš Šiaurės ašigalio skrieja taikinio, esančio ekvatoriuje, link (1 pav.).



1 pav. Šiaurės pusrutulyje judančio kūno nukrypimas nuo numatytos judėjimo trajektorijos (Earthguide, 2002)

Jei Žemė nesisuktų apie savo ašį, pagreitį įgavęs objektas tiesiausiu keliu judėtų į numatytą vietą. Tačiau Žemės rutulys sukasi labai greitai. Kadangi Žemės pusiaujo ilgis lygus 40 075 km, tai nesunku paskaičiuoti, jog per vieną sekundę objektas ekvatoriuje nukeliauja 465 metrus. ($40075/86164 = 465,1$ m/s; čia 86 164 – astronominės paros trukmė sekundėmis). Ties 55° platumu judėjimo greitis sumažėja iki 266 m/s, tačiau net ir 80° platumoje jis vis dar išlieka gan didelis – 81 m/s. Ašigaliuose objektas besisukančios Žemės atžvilgiu lieka toje pačioje vietoje (judėjimo greitis lygus nuliui).

Apskritimo ilgį ties bet kuria Žemės platumu galima nesunkiai apskaičiuoti pagal formulę: $l = 2\pi r \cos \varphi$, kur r – Žemės spindulys (6371 km), φ – platumas.

Kadangi Žemė sukasi iš vakarų į rytus, o artėjant prie ekvatoriaus sukimosi greitis auga, judantis objektas vis labiau nukrypsta nuo numatytos trajektorijos į dešinę. Tai būdinga visam Šiaurės pusrutuliui. Lygiai taip pat judantis kūnas nuo pirminės trajektorijos nukrypsta ir Pietų pusrutulyje, tačiau pastaruoju atveju ne į dešinę, bet į kairę. Ši, vadinamoji **Korioliso jėga**, veikia ir vandenynų sroves, ir skrendančius lėktuvus, ir judantį orą.

Kai dėl atmosferos slėgio skirtumų oras pradeda judėti tiesiausiu keliu iš aukšto į žemo slėgio sritį, jis dėl inercijos siekia išlaikyti savo judėjimo tiesia eigią kryptį nejudančios koordinatų sistemos atžvilgiu (pvz., žvaigždžių). Su Žeme susijusi koordinatų sistema dėl planetos sukimosi apie savo ašį pati sukasi po judančiu oru. Stebėtoju, stebinčiam oro judėjimą iš kosmoso, atrodys, jog ne vėjas nukrypsta nuo pirminės trajektorijos, o sukasi pati koordinatų sistema. Stebėtoju, esančiam ant Žemės, atrodys, jog kinta oro judėjimo trajektorija.



Gasparas Giustavas
Koriolisas

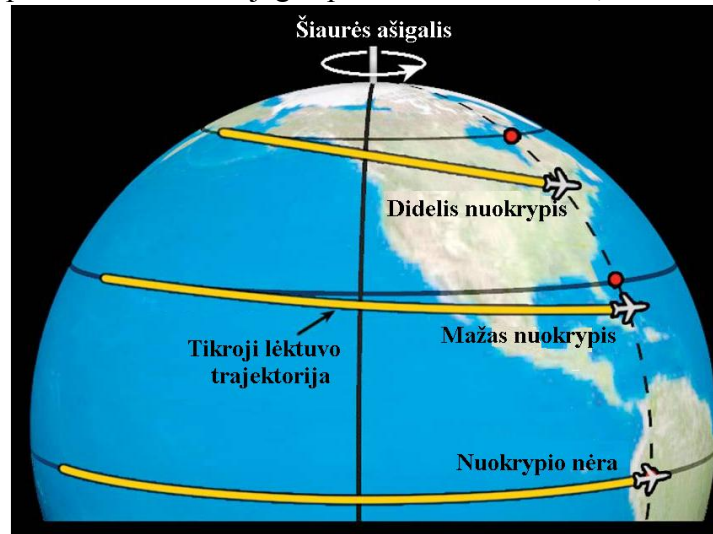
Korioliso jėga pirmą kartą buvo matematiškai aprašyta 1835 metais prancūzų mokslininko Gasparo Giustavo Korioliso (1792–1843). Korioliso jėga nesuteikia judančiam kūnui pagreičio, tačiau keičia jo judėjimo kryptį. Korioliso jėgos (A) stiprumas priklauso nuo platumos bei judėjimo greičio ir yra išreiškiamas taip:

$$A = 2v\omega \sin \varphi,$$

kur v – vėjo greitis (m/s), ω – kampinis Žemės judėjimo greitis (rad/s), φ – platumas. Kadangi Žemė apie savo ašį apsisuka per astronominę parą (86 164 s), tai $\omega = 2\pi / 86164 = 7,29 \times 10^{-5}$ rad/s.

Kaip matome iš formulės, kuo greičiau juda oras, tuo labiau jis yra veikiamas Korioliso jėgos. Tiksliau būtų teigti, kuo greičiau juda kūnas, tuo greičiau jis nukrypsta nuo besisukančios koordinatinių sistemos. Skaičiavimai rodo, jog Korioliso jėga turi panašią vidutinę reikšmę kaip ir barinio gradiento jėga, todėl ji gali pastarąją atsverti. Pavyzdžiui, Korioliso jėgos poveikis 55° platumoje 10 m/s greičiu judančiam orui apytiksliai lygus $1,2 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$, o šis dydis yra labai artimas barinio gradiento suteikiamam pagreičiui (žr. skyrelį „Barinis gradientas“). Kadangi Korioliso jėga su vėjo kryptimi visada sudaro statų kampą, dėl jos poveikio oro judėjimo greičiui pagreitis nėra suteikiamas, tik kinta pati oro judėjimo kryptis.

Korioliso jėgos poveikis didėja ir didėjant platumai: kuo arčiau polių, tuo labiau nukrypsta judantis kūnas. Todėl poliuose Korioliso jėgos poveikis maksimalus, o ekvatoriuje lygus nuliui.



2 pav. Skirtingose Šiaurės pusrutulio platumose skriejančių lėktuvų nukrypimas nuo pradinės trajektorijos dėl Žemės sukimosi apie savo ašį (Ahrens, 2007)

Išsivaizduokime tris lėktuvus, skirtingose platumose tiesia linija skriejančius į rytus (2 pav.). 2 paveiksle kelionės tikslas pažymėtas raudonu tašku. Visi lėktuvai juda tiesia linija stebėtojo, esančio fiksuotame taške kosmose, atžvilgiu. Tuo metu Žemė sukasi ir patys paskirties taškai ties 30° ir 60° platumomis pradeda tolti nuo skrydžio trajektorijos. Kelionės tikslo vietoje lėktuvo laukiantiems žmonėms atrodo, jog keičiasi lėktuvo judėjimo trajektorija. Kaip matome iš paveikslo, labiausiai nukrypsta arčiausiai poliaus skrendantis lėktuvas. Lygiai taip pat nuo platumos priklauso ir oro judėjimo krypties pasikeitimo dydis.

Taigi:

1. Korioliso jėga nesuteikia judančiam orui pagreičio ir tik keičia jo judėjimo kryptį.
2. Oro judėjimo kryptis nuo pradinės trajektorijos krypsta į dešinę Šiaurės pusrutulyje ir į kairę – Pietų.
3. Kuo greičiau juda oras, tuo stipriau jis yra Korioliso jėgos veikiamas.
4. Ties ašigaliais Korioliso jėgos poveikis yra maksimalus, o ties ekvatoriumi lygus nuliui.

[Grižti į turinį](#)

13 priedas

Unikalios vandens savybės

Šiame priede pateiktos tos vandens savybės, kurios šį skystį išskiria iš kitų, bei kurios yra itin svarbios fizikiniams ir cheminiams procesams atmosferoje.

1. Vanduo yra vienintelė medžiaga Žemėje, kuri natūraliomis sąlygomis egzistuoja visose trijose agregatinėse būsenose. Vanduo išlieka skystas labai svarbiame 0–100 °C intervale.

2. Visų skysčių tankis didėja temperatūrai žemėjant ir yra pats didžiausias, kai pasiekama užšalimo temperatūra. Vandens tankio maksimumas fiksuojamas 4 °C temperatūroje. Dėl to vandens telkiniuose pereinamaisiais metų sezonais intensyviai vyksta konvekcinis vandens maišymasis, o paviršiniai deguonimi prisotinti vandens sluoksniai gali pasiekti dugną.

3. Vandeniui užšalant, tos pačios masės užšalusio vandens tūris apie 9 % didesnis nei skysčio. Todėl lengvesnis ledas plūduriuoja paviršiuje. Jei užšalusio vandens tūris būtų mažesnis (tai būdinga daugumai skysčių), jis grimztų žemyn ir vandens telkiniai užšaltų iki pat dugno.

4. Vandens specifinė šiluma (šilumos kiekis reikalingas 1 g kūno masės temperatūrą pakelti 1 °C) viena didžiausių tarp visų skystų medžiagų (didesnė tik amoniako). Todėl vandens paviršiaus temperatūra kinta lėtai, o tai lemia ir mažesnius oro temperatūros svyravimus. Ledo specifinė šiluma yra mažesnė ir todėl jis lengviau įšyla nei vanduo.

5. Vandens šiluminis laidumas yra vienas didžiausių tarp visų skysčių (didesnis tik gyvsidabrio). Dėl to net ir dideli vandens telkiniai turi gana tolygų vertikalų temperatūros profilį.

6. Vandens slaptoji garavimo ir lydymosi šiluma yra labai didelė (tarp visų skysčių tik amoniako yra kiek didesnė), tai lemia didelius šilumos ir drėgmės pernašos procesų mastus atmosferoje.

7. Vandens molekulinis klampumas yra mažesnis nei didžiosios dalies skysčių, todėl vandens srovės gali lengvai ir greitai išlyginti slėgių skirtumą.

8. Vandens paviršiaus įtempimo jėga yra beveik didžiausia tarp visų skystų medžiagų (didesnė tik gyvsidabrio). Tai turi didelės reikšmės vandens lašeliams ore formotis ir vystytis. Tai irgi leidžia vandens plėvelei susidaryti ir išsilaikyti ant vertikalų paviršių.

9. Vandenyje tirpsta daugelis cheminių medžiagų, be to, jame dažniausiai ištirpsta didesnis medžiagų kiekis nei kituose tirpikliuose. Šias ištirpusias medžiagas vanduo gali pernešti dideliu atstumu.

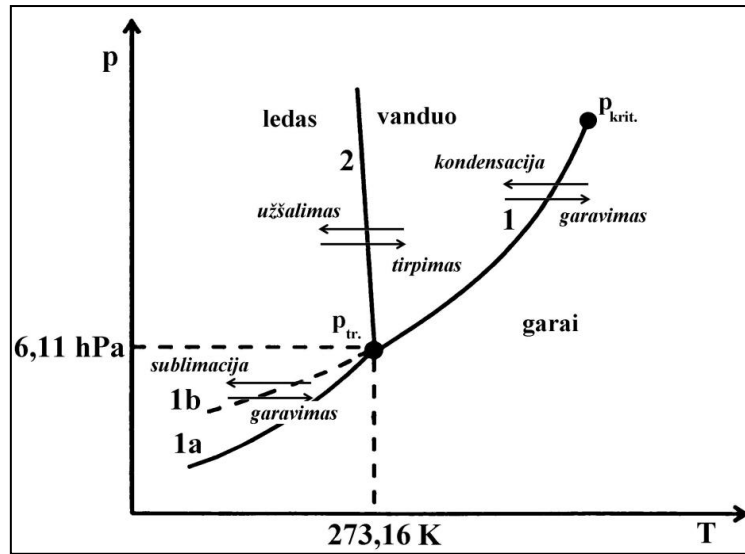
10. Vandens dielektrinė skvarba (galimybės išlaikyti tirpale priešingų krūvių jonus, atskirtus vienas nuo kito, matas) taip pat yra viena didžiausių tarp visų skysčių.



Pav. Vanduo trijose agregatinėse būsenose (P. Rowe nuotrauka)

[Grižti į turinį](#)

Vandens būsenų priklausomybė nuo temperatūros ir slėgio



Pav. Vandens būsenų priklausomybės nuo temperatūros (T) ir slėgio (p) schema

Paveiksle pateikta vandens fazių priklausomybės nuo temperatūros (T) ir išorinio slėgio (p) schema. 1 linija yra dinaminės pusiausvyros tarp vandens garų ir skysto vandens kreivė. Kadangi vandens temperatūrai nukritus žemiau už 273,16 K arba 0 °C skystas vanduo gali ir neužšalti (būna peršaldytoje būsenoje), apatinėje linijos dalyje kreivė skyla į dvi dalis: 1a linija parodo sočiųjų vandens garų slėgį virš vandens, o 1b – virš ledo. **Kritinis taškas** $p_{krit.}$ ($T = 647$ K; $p = 220,6 \times 10^3$ hPa) yra ribinis dydis, už kurio išnyksta skirtumas tarp skystos ir dujinės būsenos (nes šiomis sąlygomis vandens paviršiaus įtempimo jėga, o taip pat ir būsenos virsmų šiluma tampa lygios 0). 2 linija skiria skystą ir kietą vandens būsenas. Ši kreivė rodo, kaip vandens užšalimo temperatūra priklauso nuo išorinio slėgio. Kadangi vanduo šaldamas plečiasi, didėjant išoriniam slėgiui, vandens užšalimo temperatūra žemėja. Visos linijos susiduria viename taške, vadinamame **trigubu tašku** $p_{tr.}$, kuriame nusistovi visų būsenų dinaminė pusiausvyra ($T = 273,16$ K; $p = 6,11$ hPa). Šiame taške nežymiai pasikeitus slėgiui ar temperatūrai, galimi virsmai į bet kurią būseną. Kai temperatūra didesnė nei trigubame taške, vanduo gali būti tik skystoje arba dujinėje būsenoje, kai žemesnė – visose trijose būsenos.

[Grįžti į turinį](#)

15 priedas

Vadovas debesims pažinti

Mokymo priemonė „Vadovas debesims pažinti“ buvo parengta 2005 metais. Joje supažindinama su tarptautine debesų klasifikacija bei klasifikacijos istorija, trumpai aprašomi debesų formavimosi ir mikrostruktūros ypatumai. Tekstas gausiai iliustruotas debesų nuotraukomis.



Pav. *Cumulonimbus calvus* debesis (Der Karlsruher..., 2004)

[Vadovas debesims pažinti](#)

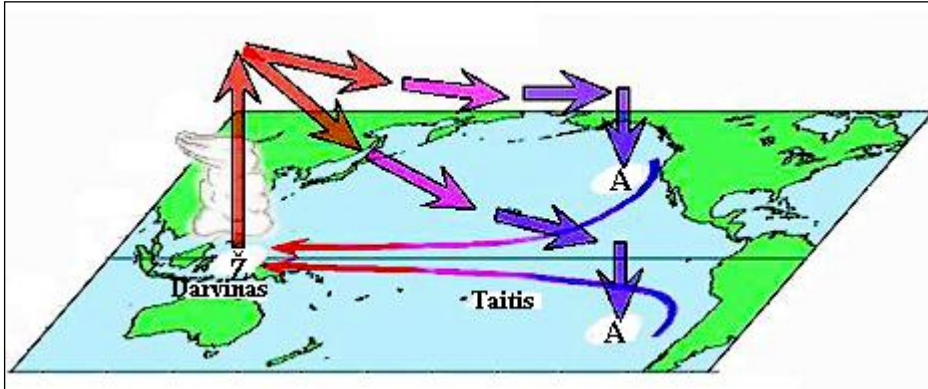
[Grižti į turinį](#)

16 priedas

El Ninjo

El Ninjo – tai kvaziperiodinis centrinės ir rytinės tropinės Ramiojo vandenyno dalies temperatūros padidėjimas. *El Ninjo* metu keičiasi ne tik vandenyno temperatūra, bet ir atmosferos cirkuliacija šioje vandenyno dalyje.

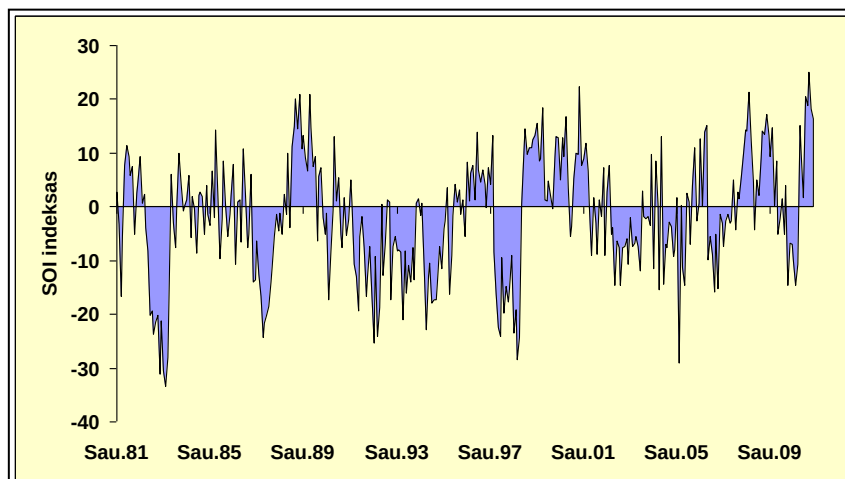
Atmosferinis *El Ninjo* komponentas vadinamas **pietų osciliacija**. Tai atmosferos slėgio pokyčiai Ramiojo vandenyno rytinėje ir vakarinėje tropinės juostos dalyse. Iki šiol priežastys, lemiančios tokius atmosferos slėgio ir vandens temperatūros svyravimus, nėra iki galo aiškios.



1 pav. Atmosferos cirkuliacija Ekvatorinėje Ramiojo vandenyno dalyje įprastomis sąlygomis (Upwelling..., 2010)

Įprastomis sąlygomis šiaurinėje Australijos dalyje ir Indonezijoje atmosferos slėgis jūros lygyje yra žemesnis nei pietrytinėje Ramiojo vandenyno dalyje (1 pav.). Tai lemia pasatinių rytų vėjų vyravimą, o oro srautai verčia šiltą paviršiaus vandenį judėti vakarų link. *El Ninjo* metu krenta atmosferos slėgis pietrytinėje ir kyla vakarinėje Ramiojo vandenyno dalyje. Šiuo atveju pasatinė cirkuliacija labai susilpnėja arba visai nutrūksta, o šilto vandens srautas pasuka rytų link. Pasibaigus *El Ninjo*, orų sąlygos vėl tampa įprastomis. Tačiau kai kuriais metais pasatiniai vėjai itin sustiprėja – formuojasi ***La Ninja***. *La Ninja* yra priešingo nei *El Ninjo* ženklo anomalija. Sustiprėjus pasatinei cirkuliacijai tropinėje Ramiojo vandenyno dalyje, dideliuose vandenyno plotuose fiksuojama anomaliai žema paviršinio vandens temperatūra.

Pietų osciliacijos stiprumas yra vertinamas pietų osciliacijos indeksu (SOI). Jis yra nustatomas, remiantis atmosferos slėgio skirtumu Taityje ir Darvine (Australija). *El Ninjo* metu indekso reikšmės būna neigiamos, t. y. slėgis Taityje yra santykinai žemas, palyginti su Darvinu (2 pav.).

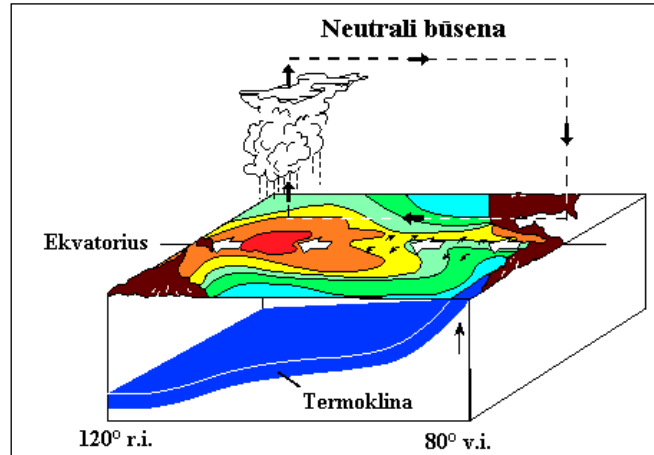


2 pav. SOI indekso reikšmės 1981–2010 metais (pagal Australijos meteorologijos biuro duomenis)

El Ninjo ir *La Ninja* neretai keičia vienas kitą. 1950–1997 metais *El Ninjo* truko 31 %, o *La Ninja* 23 % viso laiko. Likusieji 46 % gali būtų priskiriami *neutraliai būsenai*.

Neutrali būseną

Įprastomis sąlygomis pagal Peru ir Ekvadoro pakrantę iš pietų teka šaltoji Peru srovė (paviršinio vandens temperatūra 22–24 °C). Ties ekvatoriumi pasatinių vėjų veikiami ji pasuka į vakarus. Pakrantės zonoje iš gilesnių vandenyno sluoksnių kyla šaltas vanduo, kuris suformuoja gausią mitybinę bazę vystyti jūrinei faunai. Be to, šaltoji Peru srovė lemia didelį pakrantės regiono sausringumo padidėjimą (formuojasi dykumos).



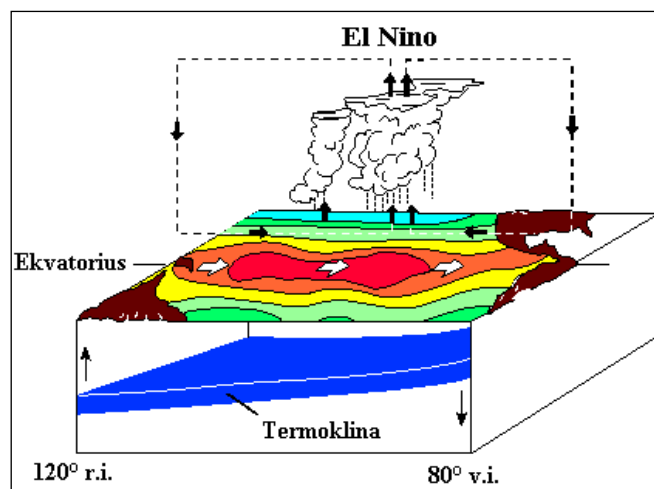
3 pav. Atmosferos ir vandenyno cirkuliacija neutralios būsenos metu (El Ninjo..., 2010)

Pasatiniai vėjai šiltą paviršinį vandenį plukdo į vakarinę Ramiojo vandenyno dalį, kur susidaro šilto vandens baseinas (paviršiaus temperatūra 29–30 °C). Jame vanduo yra įšilęs iki 100–200 m gylio, o vandens lygis yra net 60 cm aukštesnis nei priešingoje okeano dalyje.

El Ninjo

Prasidėjus *El Ninjo*, pasatai susilpnėja ir susikaupęs šiltas vanduo išsisklaido didžiulėje Ramiojo vandenyno dalyje, kurioje vandens paviršiaus temperatūra išauga.

Peru ir Ekvadoro pakrantėje šaltąją iš pietų tekančią srovę keičia iš vakarų plūstantis šilto vandens srautas. Įprastomis sąlygomis prie pat paviršiaus esantis temperatūros šuolio sluoksnis, skiriantis paviršinį ir gilesnių sluoksnių vandenį (termoklina), nusileidžia gilyn. Nutrūksta maistingųjų medžiagų kupino šalto vandens kilimas ir dėl drastiško mitybinės bazės nuskurdimo žūsta žuvis.



4 pav. Atmosferos ir vandenyno cirkuliacija *El Ninjo* metu (El Ninjo..., 2010)

Pietų Amerikos pakrantės ispaniškai kalbančius žvejus stebindavo kas kelerius metus Kalėdų laikotarpiu pasirodanti šilto vandens srovė. Jie ją pavadino *El Ninjo* (isp. kūdikėlis berniukas).

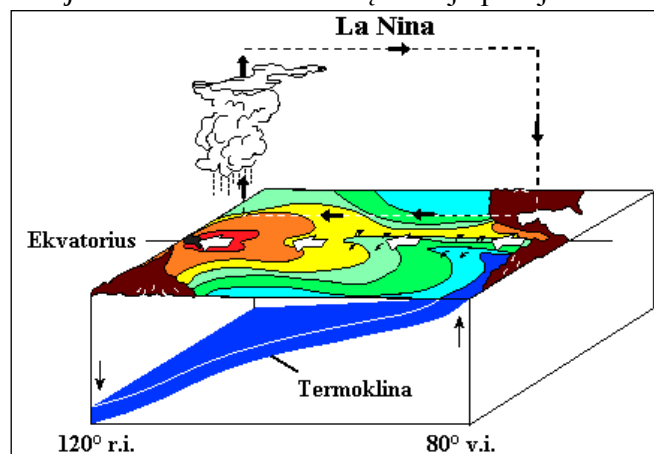
El Ninjo metu sustiprėja konvekciniai procesai ir padidėja debesuotumas centrinėje Ramiojo vandenyno dalyje (maksimalaus debesuotumo ir kritulių židiny pasislenka į rytus). Vakarų vėjai į Pietų Amerikos pakrantės dykumas atneša drėgnas oro mases, o gausūs krituliai lemia potvynių, nuošliaužų bei selių formavimąsi. Tuo tarpu priešingoje Ramiojo vandenyno pusėje (Australijoje ir Indonezijoje) prasideda sausras, kurių metu kyla gaisrai, nukenčia pasėliai, krinta gyvulių bandos.

El Ninjo poveikis jaučiamas visame pasaulyje. Kintanti oro sraujymių padėtis, uraganų trajektorijos bei besikeičiantis musonų režimas lemia žymius orų pokyčius visame Žemės rutulyje. Labai stipraus 1982–1983 metų *El Ninjo* metu sausras niokojo Pietų Afriką, Pietų Indiją, Filipinus; liūties ir potvyniai siaubė Boliviją ir Kubą; uraganai – Taitį ir Havajus. Kadangi *El Ninjo* gali lemti poliarinės oro sraujybės padėtį, buvo jaučiamas ryškus poveikis Šiaurės Amerikos bei Europos orams. Tai, jog 1998 metai buvo šilčiausi per pastaruosius 150 metų, siejama su 1997–1998 metų *El Ninjo*.

El Ninjo pasikartoja kas 3–7 metai. Vidutiniškai jis trunka apie 18 mėnesių, nors atskiri *El Ninjo* gali būti daug trumpesni (trukti mažiau nei metus) ar ilgesni (trukti kelerius metus iš eilės).

La Ninja

Sustiprėjus pasatinei cirkuliacijai, stiprėja ir šalto vandens kilimas ties Peru ir Ekvadoro pakrante. *La Ninja* (isp. kūdikėlis mergaitė) metu centrinės ir rytinės tropinės Ramiojo vandenyno dalies paviršiaus temperatūra yra 3–5 °C žemesnė nei vidutiniškai. *La Ninja* pasikartoja kas keleri metai ir dažniausiai trunka 9–12 mėnesių (atskirais atvejais iki dvejų metų). *La Ninja* gali lemti ir regioninius orų pasikeitimus (pvz., daugiau kritulių iškrenta Australijos pakrantėje), ir reguliuoti vidutinę viso Žemės rutulio temperatūrą. Globaliu mastu kiek vėsesni 2008 metai siejami su stipria *La Ninja*. Labai stipri *La Ninja* susidarė ir 2010 metų antroje pusėje.



5 pav. Atmosferos ir vandenyno cirkuliacija *La Ninja* metu (El Ninjo..., 2010)

[Grižti į turinį](#)

17 priedas

Vėjo kryptys**Lentelė.** Vėjo krypties rumbai bei azimutai

Krypties rumbas	Žymėjimas	Centrinis azimutas	Azimuto intervalas
Šiaurės	Š	0° (360°)	349°–11°
Šiaurės-šiaurės-rytų	ŠŠR	22,5°	12°–33°
Šiaurės rytų	ŠR	45°	34°–56°
Rytų-šiaurės-rytų	RŠR	67,5°	57°–78°
Rytų	R	90°	79°–101°
Rytų-pietų-rytų	RPR	112,5°	102°–123°
Pietryčių	PR	135°	124° -146°
Pietų-pietų-rytų	PPR	157,5°	147°–168°
Pietų	P	180°	169°–191°
Pietų-pietų-vakarų	PPV	202,5°	192°–213°
Pietvakarių	PV	225°	214°–236°
Vakarų-pietų-vakarų	VPV	247,5°	237°–258°
Vakarų	V	270°	259°–281°
Vakarų-šiaurės-vakarų	VŠV	292,5°	282°–303°
Šiaurės vakarų	ŠV	315°	304°–326°
Šiaurės-šiaurės-vakarų	ŠŠV	337,5°	327°–348°

[Grįžti į turinį](#)

18 priedas

Boforto skalė

Boforto skalė – tai 13 gradacijų skalė, kurioje vėjo stiprumas suskirstytas pagal jūros bangavimą bei poveikį sausumos objektams. Ji sukurta 1806 metais Didžiosios Britanijos laivyno admirolo ir hidrologo Frencio Boforto. Pirminiame variante ši skalė buvo susieta su Britų laivyno flagmano buriavimo sąlygomis: kai vėjo stiprumas atitinka 0 balų, visos burės gali būti pakeltos; kai 6 balai – pusė burių turi būti nuleistos; kai 12 – visos burės turi būti nuleistos. Kiek vėliau vėjo stiprumo gradacijos buvo susietos su instrumentinių vėjo greičio matavimų rezultatais, kartu parodant poveikio laipsnį ne tik jūros paviršiui, bet ir sausumos objektams. Galutinai skalė standartizuota tik trečiajame XX amžiaus dešimtmetyje. Vėjo greitis (m/s) Boforto skalėje gali būti apskaičiuojamas pagal empirinę formulę:

$$v = 0,836 B^{3/2}.$$

Taigi, jei pučia 5 balų stiprumo vėjas, tai apskaičiuotas 9,35 m/s ($V = 0,836 \times 5^{3/2} = 9,35$) dydis atitinka vėjo greičio intervalo skalėje vidurinį tašką.

Lentelė. Boforto skalė

Ba-lai	Vėjo greitis 10 m aukštyje			Apibūdinimas
	m/s	km/val.	mazgai	
0	0–0,2	0–1	0–1	Dūmai kyla į viršų, medžių lapai nejuda. Jūros paviršius ramus.
1	0,3–1,5	1–5	1–3	Dūmai kiek nukrypsta nuo vertikalios krypties. Jūros paviršius raibuliuoja.
2	1,6–3,3	6–11	4–6	Kūno paviršius jaučia vėją, juda medžių lapai. Jūroje mažos nelūžtančios bangelės.
3	3,4–5,4	12–19	7–10	Juda medžių lapai ir plonos šakos. Jūroje didelės bangelės su pradedančiomis lūžti keteromis.
4	5,5–7,9	20–28	11–15	Vėjas kelia dulkes, siūbuoja plonos medžių šakos. Jūroje mažos lūžtančios putotos bangos.
5	8,0–10,7	29–38	16–20	Siūbuoja plonų medžių kamienai. Jūroje vidutinio dydžio putotos bangos, į orą kyla vandens purslai.
6	10,8–13,8	39–49	21–26	Siūbuoja didelės medžių šakos, ploni medžiai linksta. Jūros paviršių dengia didelės bangos putotomis keteromis.
7	13,9–17,1	50–61	27–33	Siūbuoja medžių kamienai, linksta didelės šakos. Bangų keteros nupučiamos vėjo.
8	17,2–20,7	62–74	34–40	Lūžta plonos medžių šakos. Jūra stipriai banguoja.
9	20,8–24,4	75–88	41–47	Linksta dideli medžiai, plėšiamos čerpės nuo stogų. Labai stiprus bangavimas jūroje.
10	24,5–28,4	89–102	48–55	Medžiai virsta ar lūžta, apgadinami pastatai. Jūroje labai aukštos bangos. Didelį paviršiaus plotą dengia baltos putos.
11	28,5–32,6	103–117	56–63	Pažeidžiami dideli augmenijos plotai, stipriai apgadinami pastatai. Jūroje ypatingai aukštos bangos. Baltos putos dengia beveik visą paviršių.
12	> 32,6	> 117	> 63	Nuniokojami miškai, plėšiami stogai, dūžta langai. Griūva silpniau pastatyti pastatai. Baltoje nuo putų jūroje milžiniško dydžio bangos.

19 priedas

Safiro-Simpsono skalė

Safiro-Simpsono skalė yra skirta tropinių uraganų stiprumui vertinti, atsižvelgiant į galimą poveikį antropogeninei ir gamtinei aplinkai. Penkių kategorijų skalę 8-ojo dešimtmečio pradžioje sukūrė JAV inžinierius G. Safiras ir meteorologas R. Simpsonas.

Lentelė. Safiro-Simpsono skalė

Kategorija	Trumpas apibūdinimas	Vidutinis vėjo greitis			Slėgis uragano centre (hhPa)	Štorminės patavankos aukštis (m)
		m/s	km/val.	mazgai		
1	<u>Nestiprus.</u> Griaunamos lengvos konstrukcijos, apgadinami stogai, lūžta medžių šakos.	33–42	119–153	64–82	980–989	1,2–1,5
2	<u>Vidutinis.</u> Apgadinami pastatai, virsta kai kurie medžiai.	43–49	154–177	83–95	965–979	1,8–2,4
3	<u>Stiprus.</u> Griaunami silpniau sutvirtinti pastatai, pažeidžiama infrastruktūra, išverčiami net ir dideli medžiai.	50–58	178–209	97–113	945–964	2,7–3,7
4	<u>Labai stiprus.</u> Plėšiami namų stogai, stipriai apgadinami pastatai ir infrastruktūra, išverčiami miško masyvai, užliejami nemaži pakrantės plotai.	59–69	210–249	114–135	920–944	4,0–5,5
5	<u>Katastrofiškas.</u> Apgadinami beveik visi ir pilnai sugriaunami kai kurie pastatai, nuniokojama infrastruktūra, išverčiami beveik visi miško medžiai, užtvindomi didžiuliai pakrantės plotai.	> 70	> 250	> 135	< 920	> 5,5

[Grįžti į turinį](#)

20 priedas

Fudžitos skalė

Fudžitos skalė yra viesulo (tornado) intensyvumo skalė, pagrįsta galimos žalos, padaromos infrastruktūrai bei gamtinei aplinkai, vertinimu. Ji buvo pasiūlyta 1971 metais amerikiečių mokslininko T. Fudžitos ir iki šiol plačiai naudojama pasaulyje. Fudžitos skalėje viesulai skirstomi į šešias kategorijas nuo F0 iki F6. Nuo 2007 metų JAV yra taikoma kiek kitokia papildyta šios skalės modifikacija.

Lentelė. Fudžitos skalė

Kategorija	Vėjo greitis	Sūkurių skersmuo	Sugriovimų pobūdis	Pasikartojimo dažnumas
F0	64–116 km/val. 18–32 m/s	10–50 m	Nedidelė žala: pažeidžiami kaminai, TV antenos, nuplėšiami stogo gabalai, lūžta medžiai, dūžta langai.	39%
F1	117–180 km/val. 33–50 m/s	30–150 m	Vidutinė žala: apverčiami automobiliai, pažeidžiami gyvenamieji namai bei ūkiniai pastatai, medžiai raunami su šaknimis.	36 %
F2	181–253 km/val. 51–70 m/s	110–250 m	Didelė žala: nuplėšiami gyvenamųjų namų stogai, nugriunami ūkiniai pastatai.	19 %
F3	254–332 km/val. 71–92 m/s	200–500 m	Labai didelė žala: griūva išorinės gyvenamųjų namų sienos, sugriunamos arba stipriai pažeidžiamos metalinės konstrukcijos. Visiškai nuniokojami miškai ir laukai.	5 %
F4	333–418 km/val. 93–116 m/s	400–900 m	Milžiniška žala: beveik visiškai sugriunami ir gerai pastatyti gyvenamieji namai. Didelės plieninės bei betoninės konstrukcijos nunešamos didelius atstumus.	1 %
F5	> 419 km/val. > 117 m/s	~ 1000 m	Katastrofiška žala: gyvenamieji namai griūva, o griuvėsiai nunešami didelius atstumus.	< 0,1 %

[Grižti i turinį](#)

21 priedas

Vietiniai vėjai

Šiame priede pateikiami trumpi kai kurių žymesnių vietinių vėjų apibūdinimai. Dažniausiai vietiniai vėjai formuojasi, kai sinoptinio masto vėjų sistema yra labai stipriai veikiama vietos sąlygų (reljefo, paklotinio paviršiaus pobūdžio ir kt.). Tuomet vėjai įgauna vietos veiksmų suformuotą savybių kompleksą (kryptis, greitis, temperatūra, drėgnumas, pernešamų kietųjų dalelių kiekis ir kt.).

Abraholas – žiemos mėnesiais pietrytinei Brazilijos pakrantei būdingas itin stiprus škvalas. Formuojasi, kai drėgmę ir šilumą nešantys pietryčių pasatai, kirsdami šiltąjį Rytų Brazilijos srovę, pasiekia pakrantę.

Austru – sausas pietinių ar rytinių rumbų feninis vėjas, pučiantis Rumunijoje. Vasarą jis karštas, o žiemą nuo atvėsusių kalnų šlaitais besileidžiantis oras gali būti labai šaltas.

Baratas – gūsingas stiprus vakarinių rumbų vėjas, pučiantis vasarą ties šiauriniais Sulavesi salos (Indonezija) krantais. Tai musoninis salų archipelago performuotas vėjas, dažnai keičiantis vėjo kryptį ir greitį. Vėjo gūšiai gali pasiekti uraganines reikšmes.

Bergas – gūsingas vėjas, pučiantis nuo Pietų Afrikos plynaukštės link pakrantės. Dažniausiai formuojasi žiemą virš plynaukštės nusistovėjus aukšto slėgio sričiai.

Bora – šaltas, dažniausiai labai sausas ir gūsingas katabatinis vėjas, pučiantis iš šiaurės ar šiaurės rytų Adrijos jūros pakrantės link. Dažniausiai formuojasi šaltuoju metų laiku nusistovėjus aukšto slėgio sričiai virš Balkanų kalnų ir žemo – virš Viduržemio jūros. Virš sniegu padengtų kalnų atšalęs oras per žemas kalnų perėjas plūsta žemyn ir mažai adiabatiškai įšilęs pasiekia šiltos jūros pakrantę.

Brikfilderis – karštas ir sausas dykumų vėjas, pučiantis Pietų Australijos pakrantėje vasarą. Daug dulkių nešantis šiaurės vėjas, prieš praeinant šaltam atmosferos frontui, pakrantės link pučia nuo itin įkaitusios dykumos. Oro temperatūra labai išauga. Tuo tarpu atmosferos fronto užnugaryje pradeda pūsti pietų vėjas (**bursteris**), pakrantės link nešantis gan vėsų jūrinį orą, ir oro temperatūra greitai krenta. Praeinant frontui formuojasi galingos perkūnijos, o kartais ir viesulai.

Buranas – stiprus šiaurės rytų vėjas, daugiausia pučiantis Sibire bei Mongolijoje žiemos mėnesiais. Jam pučiant siaučia ypatingai stiprios pūgos.

Chamsinas – sausas ir dažniausiai karštas, daug smėlio nešantis dykumų vėjas Šiaurės rytų Afrikoje bei Arabijos pusiasalyje. Jis pučia iš pietų ar pietryčių pirmojoje metų pusėje (daugiausia balandį–birželį).

Činukas – stiprus, karštas bei sausas feninis vėjas pučiantis iš vakarų užuovėjinėje Uolėtuojų kalnų pusėje. Ypač stipriai pasireiškia žiemą drėgnam ir šiltam orui nuo Ramiojo vandenyno veržiantis atvėsusio kontinento link. Jam papildomai adiabatiškai įšilus itin greitai tirpsta sniegas.

Etezinis vėjas – tai stiprus katabatinis sausas šiaurės vėjas Egėjo jūros rajone, pučiantis gegužės–rugšėjo mėnesiais. Dažniausiai nešdamas vėsą, karštomis giedromis vasaros dienų popietėmis jis staigiai sustiprėja (keldamas pavojų buriuotojams), o naktį silpsta. Etezinis vėjas

pučia, susidarius aukšto slėgio zonai virš Balkanų ir žemo virš Turkijos, ir yra stipriai veikiamas margo vietos reljefo.

Fenas – sausas ir labai šiltas vėjas, pučiantis užuovėjinėje kalnų grandinės dalyje dėl adiabatinio besileidžiančio oro šilimo bei gravitacinio jo greičio didėjimo. Formuojasi oro masei pereinant Alpių kalnus. Ypač stiprus feno poveikis jaučiamas, šiltam ir drėgnam Viduržemio jūros orui judant į šiaurę link Austrijos, Šveicarijos ir Vokietijos. Fenas tapo bendrinio pavadinimu visiems tokios rūšies vėjams, susidarantiems prie bet kokios kalnų grandinės.

Garmsilis – daug smėlio nešantis feninio tipo vėjas, pučiantis iš pietų ar pietryčių Kopetdago bei Tian-Šanio kalnų papėdėje. Šis žemės ūkio kultūras niokojantis vėjas būdingas vasaros mėnesiams.

Habubas – stiprus galingas smėlio audras keliantis vėjas pietinėje Sacharos dykumos dalyje (daugiausia Sudane). Pučiant habubui griaudžia perkūnija, gali formuotis viesulas. Trunka kelias valandas ir yra stipriausias balandį ir gegužę. Vėjo kryptis kintama. Habubo metu pernešamo smėlio siena gali siekti keletą kilometrų. Susidaro aukšto slėgio sričiai dykumoje sąveikaujant su drėgnomis Viduržemio jūros ar Atlanto vandenyno oro masėmis.

Harmatanas – sausas, vėsus, vidutinio stiprumo vėjas, pučiantis nuo Sacharos dykumos į Gvinėjos įlanką šaltuoju metų laiku. Nuo dykumos link pakrantės neša labai didelį smulkaus smėlio kiekį ir keletui dienų gali stipriai sumažinti matomumą bei užtemdyti Saulę, taip pat visiškai sutrikdyti laivų ar orlaivių navigaciją. Harmatanas – tai pasatinis vėjas, sustiprintas žemo slėgio zonos virš Gvinėjos įlankos ir aukšto – šiaurės vakarų Afrikoje.

Helmas – feninio tipo stiprus gūsingas rytų rumbų vėjas Šiaurės Anglijoje, pučiantis nuo pakrantės kalnų slėnių link.

Levante – šiltas ir drėgnas rytų ar šiaurės rytų vėjas, pučiantis palei pietinius Ispanijos krantus. Itin sustiprėja pasiekęs Gibraltaro sąsiaurį, kurio aukštos pakrantės suformuoja aerodinaminį tunelį judančiam orui ir apsunkina laivų, ypač burinių, patekimą į Viduržemio jūrą. Šis vėjas dažniausiai pučia šiltuoju metų laiku, įsivyravus aukšto slėgio sričiai virš Vakarų Europos bei žemo slėgio sričiai virš Šiaurės Afrikos.

Lu – stiprus, itin karštas ir sausas vasaros popiečių vėjas, pučiantis iš vakarų Indo-Gango lygumos (Pakistanė bei Indijoje) link. Ypač stiprus gegužės-birželio mėnesiais. Lu metu oro temperatūra labai išauga ir kelia didelę grėsmę ne tik vegetacijai, bet ir žmonių sveikatai.

Mistralis – šaltas ir dažniausiai sausas katabatinis šiaurės vakarų vėjas pučiantis iš Pietų Prancūzijos į Liono įlanką. Jis ypač sustiprėja Ronos upės slėnyje. Mistralio poveikis jaučiamas beveik visoje Prancūzijos Viduržemio jūros pakrantėje, taip pat Korsikos bei Balearų salose.

Pampero – šaltas pietų ar pietvakarių vėjas, pučiantis per Argentinos ir Urugvajaus pampas. Jo pradžia sietina su šalto atmosferos fronto suformuotos škvalo linijos praejimu ir yra lydima perkūnijos, liūčių, krušos. Vėliau jis tampa šaltu, sausu ir gūsingu vėju, paprastai sukeliančiu dulkių audras. Dažniausiai pučia spalio–sausio mėnesiais.

Puelče – sausas feninio tipo rytų vėjas pietinėje bei centrinėje Čilėje. Puelče būdingas spavasariui ir lemia greitą sniego tirpimą Anduose bei potvynių formavimąsi. Stipriausias naktį, kai yra sustiprinamas pakrantės bei kalnų brizo.

Santa Ana – stiprus ir ypatingai sausas vėjas pučiantis nuo Siera Nevados kalnų į Pietų Kaliforniją (JAV). Nors oras leisdamasis adiabatiškai šyla ir įgauna feniniam vėjui būdingų savybių, jis nepriskiriamas pastariesiems, kadangi jam formuojantis priešvėjinėje kalnų pusėje krituliai neiškrenta. Žemas santykinis drėgnumas susidaro dėl žemyneigių oro srautų aukšto slėgio srityje kalnų plynaukštėse. Santykinis drėgnumas dar labiau sumažėja orui adiabatiškai leidžiantis pakrantės link.

Simumas (Samumas) – labai stiprus, karštas ir itin sausas pietų ar pietryčių krypties smėlio audras keliantis dykumų vėjas, pučiantis rytinėje bei pietrytinėje Viduržemio jūros pakrantėje. Formuojasi pavasarį ir vasarą. Jis stipresnis, tačiau trunka trumpiau nei chamsinas. Jo trukmė retai viršija pusę valandos. Susidaro dėl itin stiprios konvekcijos virš įkaitusio paviršiaus bei gali labai greitai keisti dykumos paviršiaus formas.

Sirokas – nuo Sacharos dykumos pučiantis vėjas Viduržemio jūros regione, galintis įgauti uraganinį greitį ir Šiaurės Afrikoje, ir Pietų Europoje. Susidaro ciklono priekinėje dalyje šiltai sausai tropinei oro masei judant į šiaurę. Vėjas pasižymi dideliu pernešamo smėlio kiekiu. Šiaurės Afrikoje sirokas yra karštas ir sausas, o keliaudamas virš jūros oras prisisotina drėgme. Pats stipriausias pavasarį.

Zonda – feninio tipo vėjas rytiniuose Andų šlaituose (daugiausia Argentinoje). Dažniausiai susidaro žiemą, šaltai poliarinei jūrinei oro masei verčiantis per kalnagūbrį. Andų aukštikalnėse iškrenta didelis sniego kiekis. Nuo kalnų leidžiasi sauso ir dulkėto oro srautas.

[Grįžti į turinį](#)