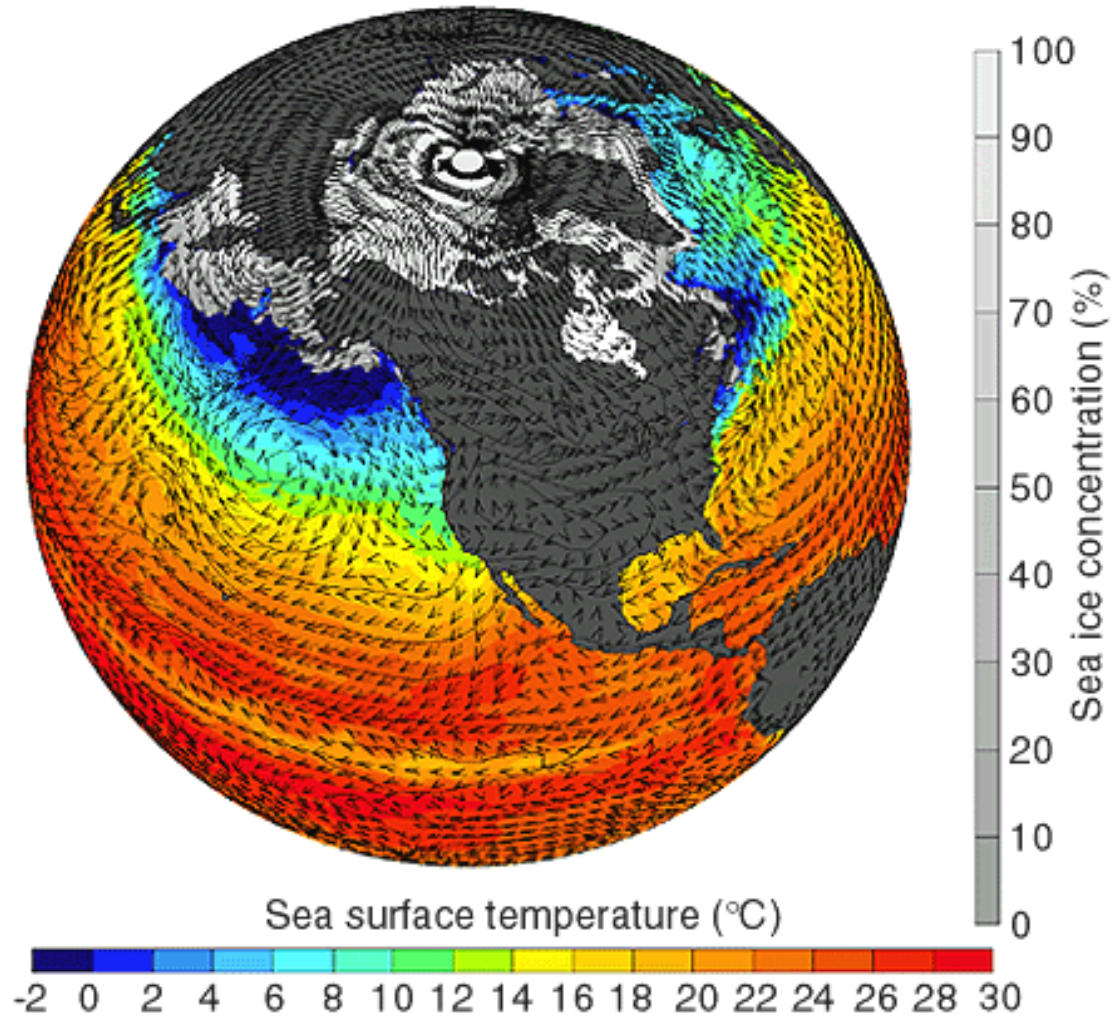
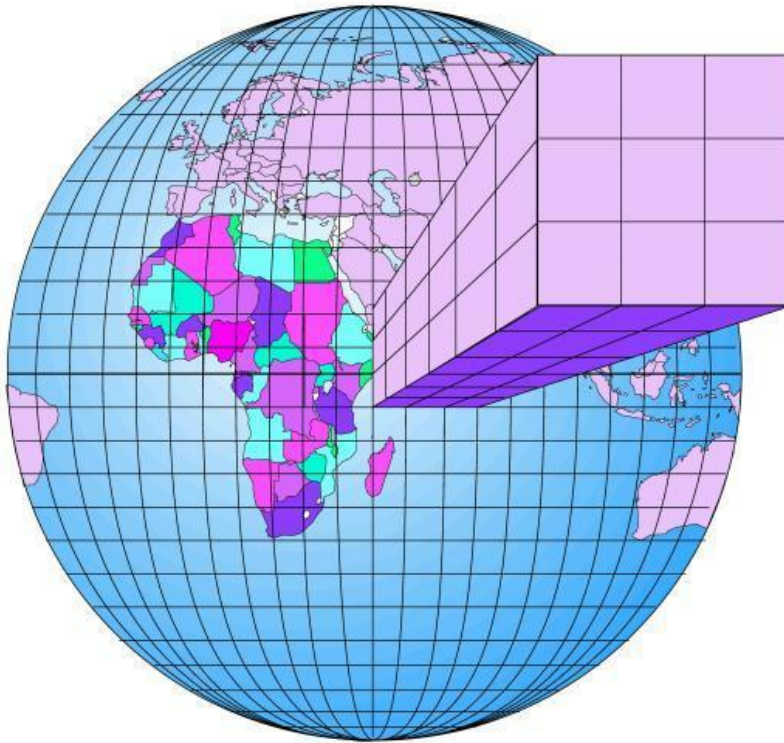


Klimato modeliavimas ir prognozavimas



Klimato modeliai

Klimato modelis – tai matematinis būdas pavaizduoti Žemės klimato sistemos būseną bei kaitą esamomis arba pakitusiomis sąlygomis



Klimato modelių struktūra:
Daugiasluoksnis iš atskirų gardelių sudarytas jungtinis atmosferos ir vandenyno bendrosios cirkuliacijos modelis

Kam reikalingi klimato modeliai:

- perprasti klimato sistemos fizikinę esmę
- gauti pilną vaizdą apie klimatą erdvėje ir laike
- prognozuoti ateities klimatą

Modeliuose labai sudėtinga klimato sistema yra supaprastinama

Paprasciausias bedimensinis klimato modelis, kuris žinomas daugiau nei 100 metų

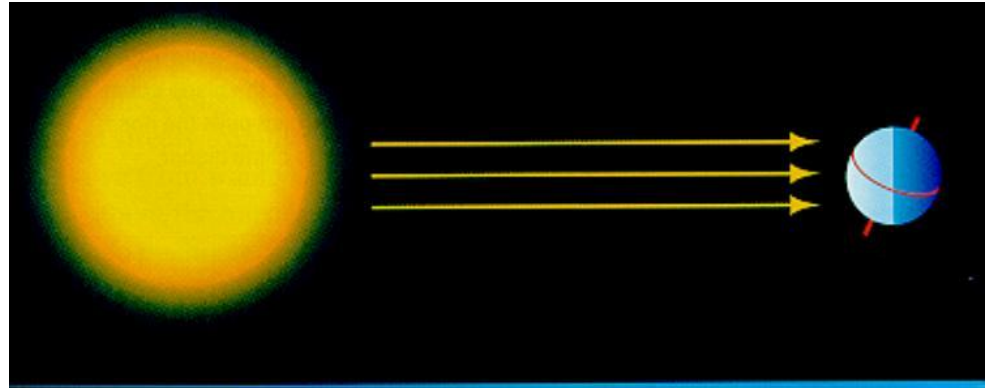
Klaudijaus-Klapeirono dėsnis (1834)
Stefano-Bolcmano dėsnis (1879)

$$4\pi R^2 \epsilon \sigma T^4 = S_0 (1 - \alpha_p) \pi R^2$$

$$4\epsilon \sigma T^4 = S_0 (1 - \alpha_p)$$

$$T = -18.6 \text{ }^\circ\text{C} (\epsilon=1)$$

$$T_T = 14.9 \text{ }^\circ\text{C} (\epsilon=0.6)$$



α – vidutinis Žemės paviršiaus albedas (apie 0,36);

S – Saulės konstanta (apie 1370W/m²);

πr^2 - Žemės paviršiaus plotas pasiekiamas tiesioginių Saulės spindulių;

$4\pi r^2$ - visas Žemės paviršiaus plotas;

σ – Stefano-Boltzmano konstanta (5,67×10⁻⁸);

T – Žemės paviršiaus temperatūra (°K);

ϵ – daugiklis parodantis absorbcines atmosferos savybes.

Dėl to, jog atmosfera sugeria didelę dalį Žemės paviršiaus spinduliuojamos energijos bei dalį jos vėl gražina Žemei ($\epsilon = 0,6$), Žemės paviršiaus temperatūra išauga nuo $-18,6$ iki $14,9^{\circ}\text{C}$. Šis $33,5^{\circ}$ skirtumas susidaro dėl vadinamojo natūralaus šiltnamio efekto.



Šiuolaikiniai klimato modeliai skirstomi į 4 pagrindinius tipus

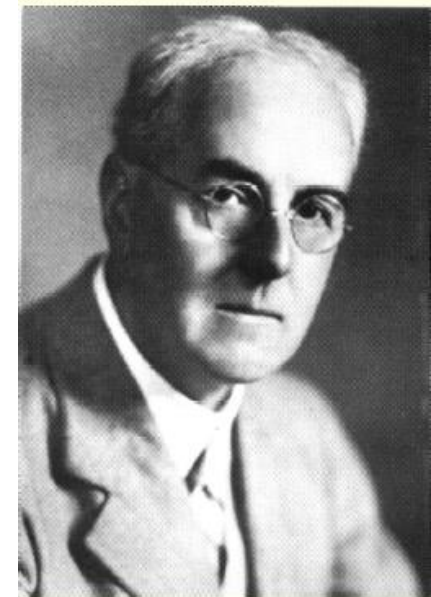
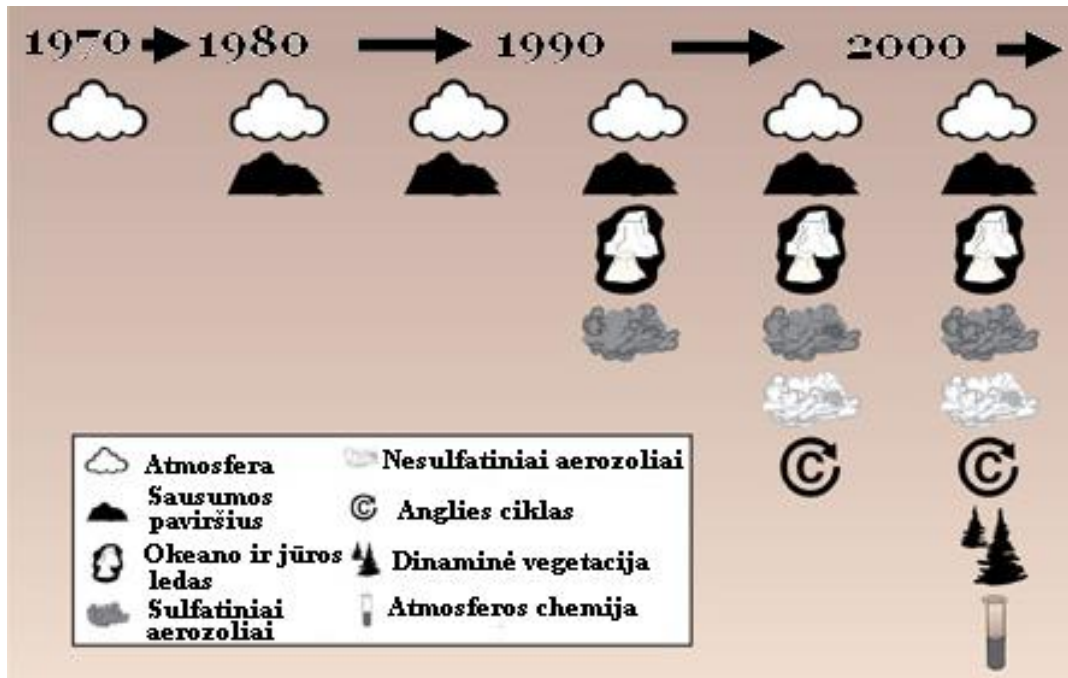
- Energijos balanso
- Spinduliniai–konvekciniai
- Statistiniai–dinaminiai
- Bendrosios atmosferos cirkuliacijos

Nuo pirmo iki paskutinio auga:

- Sudėtingumas
- Laipsnis, kuriuo jie gali imituoti tam tikrus procesus
- Laiko ir erdvės skiriamoji geba.



Atskirų klimato komponentų įtraukimas į modelių struktūrą



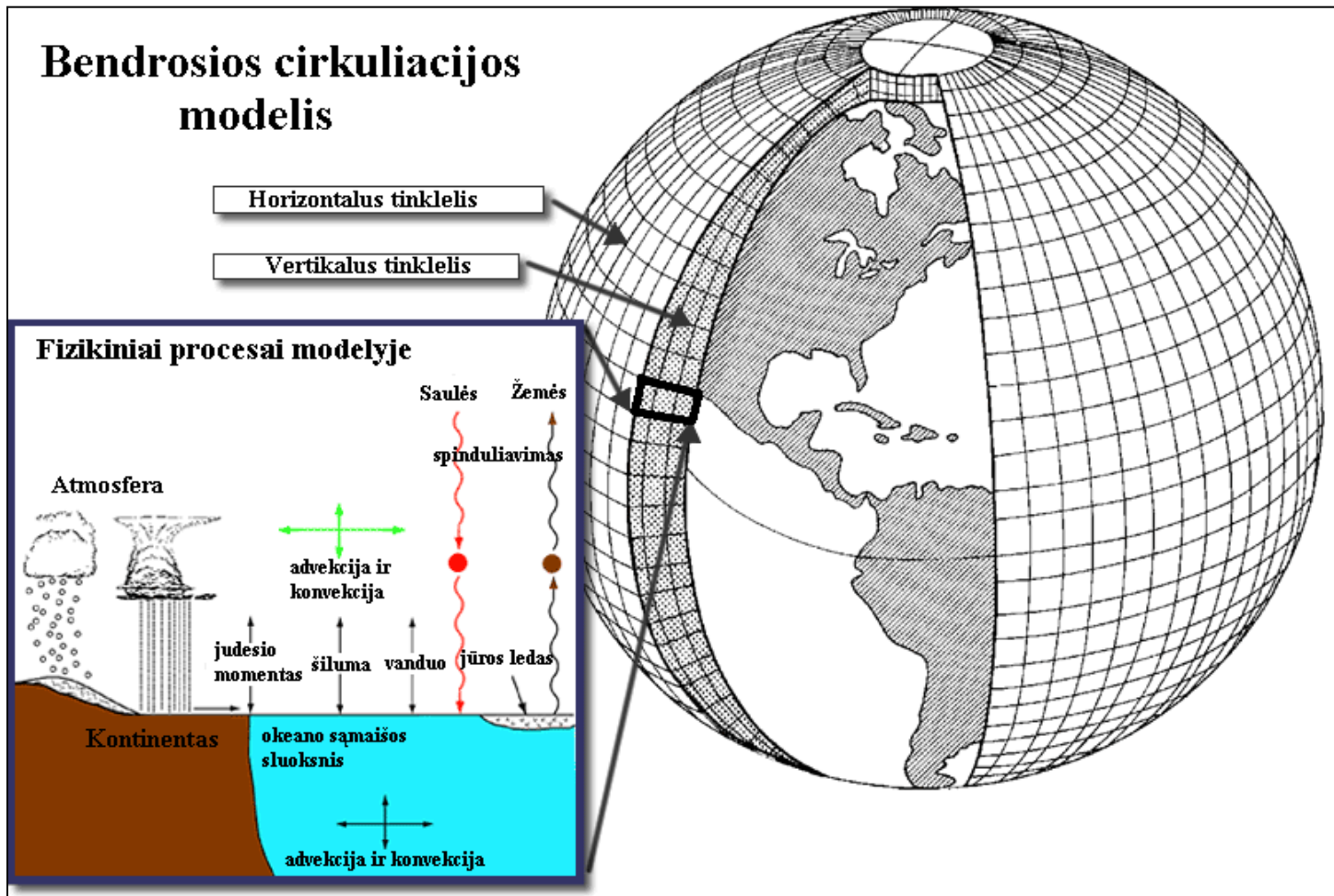
Lewis Fry Richardson (1881 - 1953)

Naujausiuose modeliuose įtraukiami ir biogeocheminiai ciklai

Anglų mokslininkas, kuris XX amžiaus 3-ojo dešimtmečio pradžioje pagrindė svarbiausius skaitmeninių orų prognozių sudarymo remiantis diferencialinių lygčių sprendimu principus

Bendrosios cirkuliacijos modeliai

Trijų dimensijų modelis į kurio schemas įtraukta ne tik atmosfera bei paklotinis paviršius, bet ir procesai vykstantys okeane.



Svarbiausieji šiuolaikinių klimato modelių komponentai:

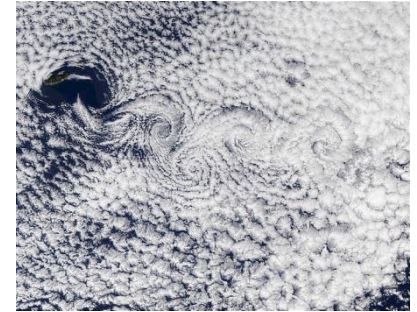
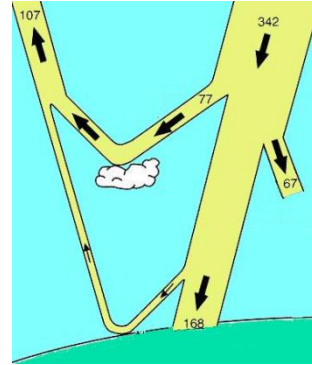
✚ Spinduliuotė – spindulių sklaidimo klimato sistemoje įvertinimas

✚ dinamika – horizontalioji bei vertikalioji energijos pernaša

✚ Drėgmė ir debesuotumas

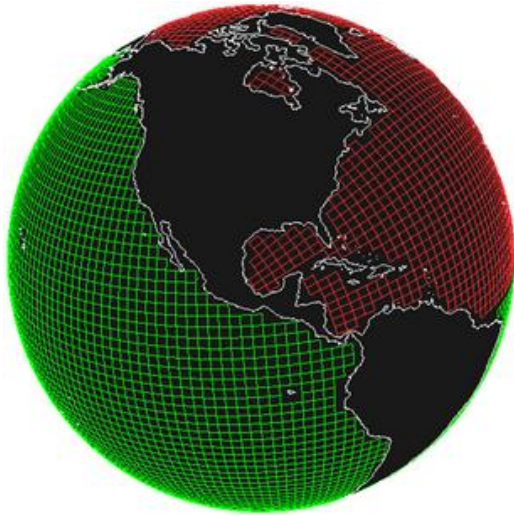
✚ paviršiniai procesai vykstantys vandenyno, sausumos ar ledo paviršiuje

✚ chemija – atmosferos cheminės sudėtis ir sąveika su kitais komponentais



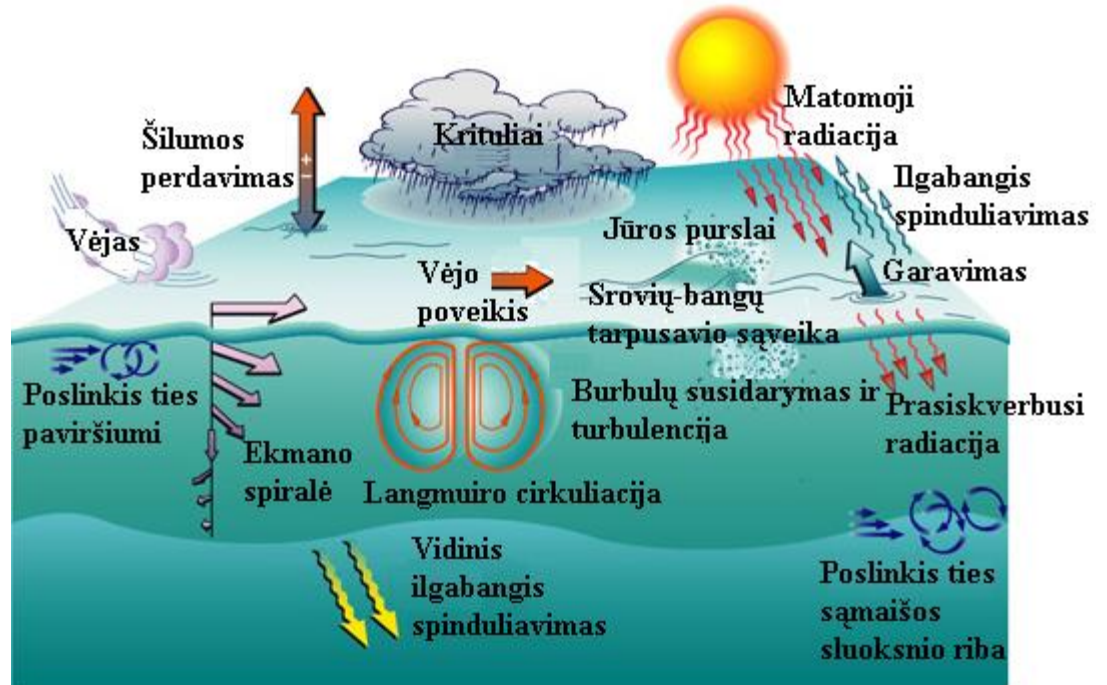
Vandenyne vykstančių procesų modeliavimas

Milžiniškos masės vandenynas, galintis sukaupti ir srovių pagalba pernešti daug šilumos, stabilizuoja klimatą ir aktyviai dalyvauja šilumos ir drėgmės apykaitoje.



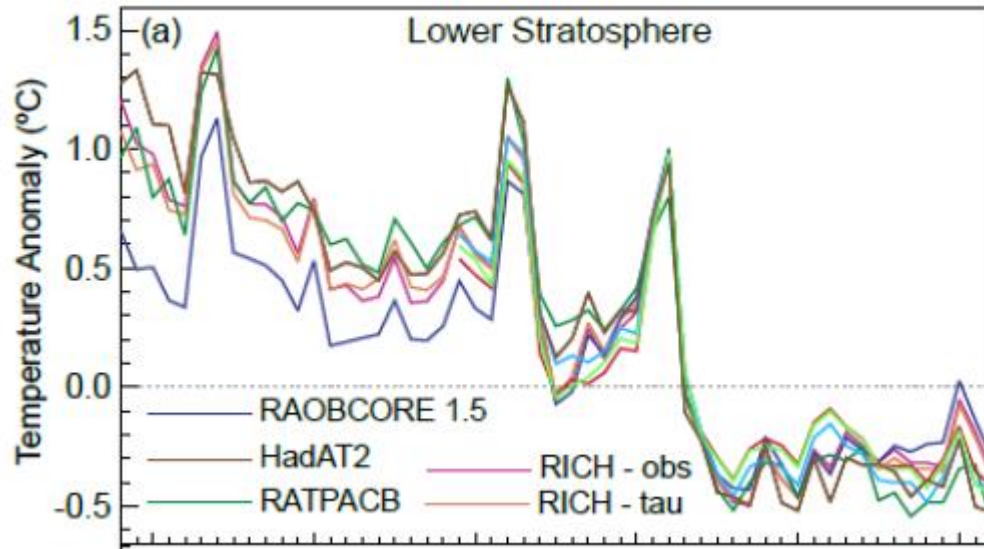
Problemos

- Priekrantinės srovės
- Vertikali sąmaiša

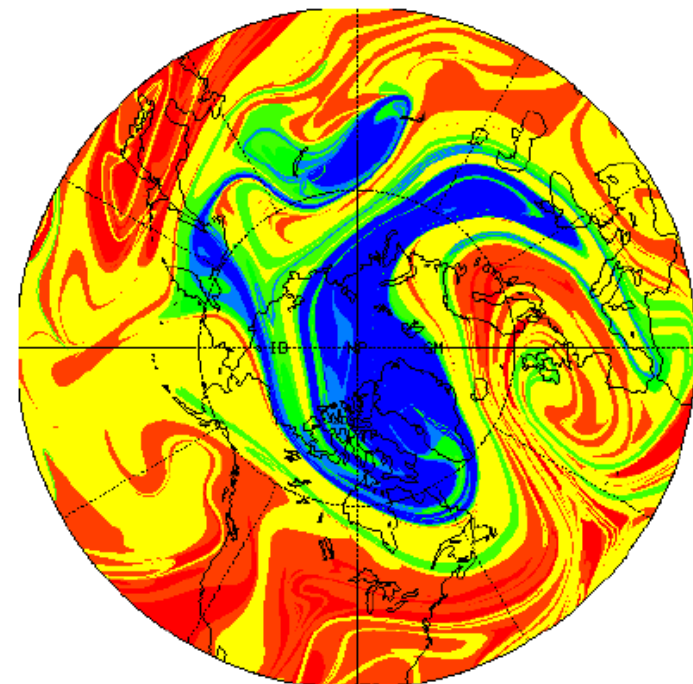


<https://www.youtube.com/watch?v=6vvgvTeuoDWY>

Stratosferoje vykstančių procesų modeliavimas



Stratosferos temperatūros kaita pagal AR 5

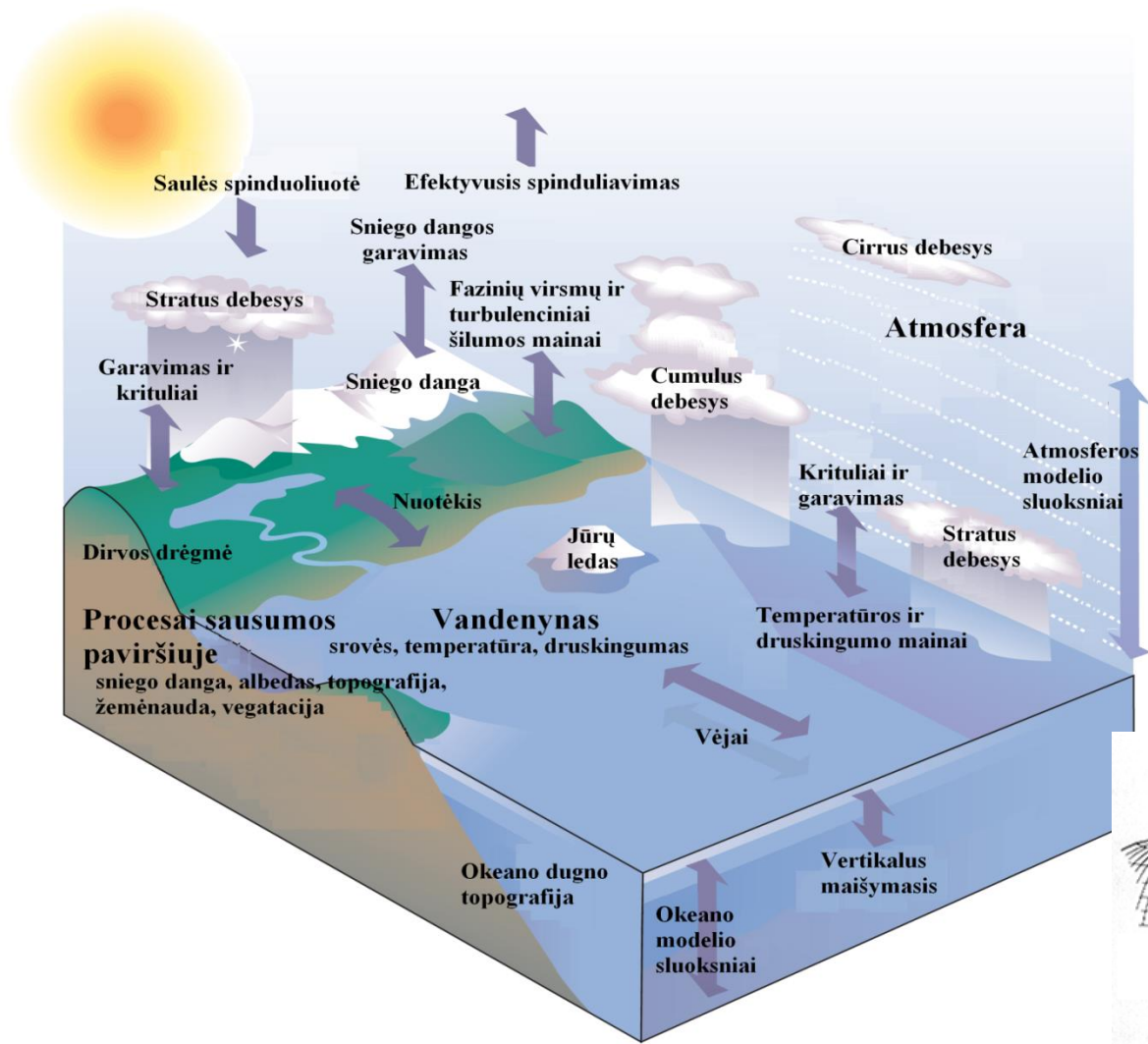


Ribinės ir pradinės modelių sąlygos

Ribinės sąlygos (*boundary conditions*) – tai svarbiausia informacija įvedama į klimato modelį: sausumos-vandenyno pasiskirstymas, kalnų aukštis, upių tinklas, Žemės orbita. Standartiniuose modeliuose taip pat įvedama informacija apie vegetacijos tipus, dirvos savybes, kalnų ledynus, ežerus ir šlapynes.



Pradinės sąlygos (*initial conditions*) - tai daugiausia vietovės klimatinės ir meteorologinės sąlygos (temperatūra, drėgmė, vėjo parametrai ir t.t.) modeliavimo pradžios laikotarpiui



Lšoriniai veiksniai: saulės ir orbitiniai

Vidiniai veiksniai: vulkanizmas, ledo skydų kaita, antropogeninė veikla.

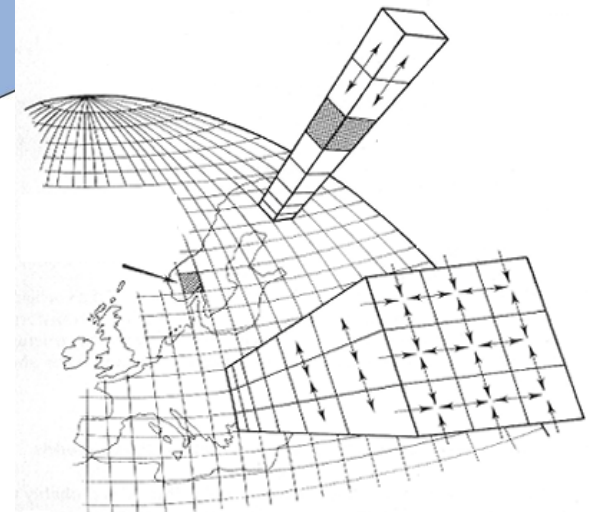
1 gardelė

3 sudedamosios dalys:

Fizikinės lygtys

Procesų parametrizacija

Grįžtamieji ryšiai



Visa tai įvertinama kiekvienai gardelei

Primitive equations for climate models

Fizikinės lygtys

Bendrosios cirkuliacijos modelis grindžiamas pagrindiniais fizikos dėsniais: energijos, judesio momento bei masės tvermės dėsniais, o taip pat dujų būvio lygtimi.

$$\frac{\partial U}{\partial t} = -U \frac{\partial U}{\partial x} - V \frac{\partial U}{\partial y} - \omega \frac{\partial U}{\partial P} + fV - \frac{\partial \Phi}{\partial x} + F_x$$

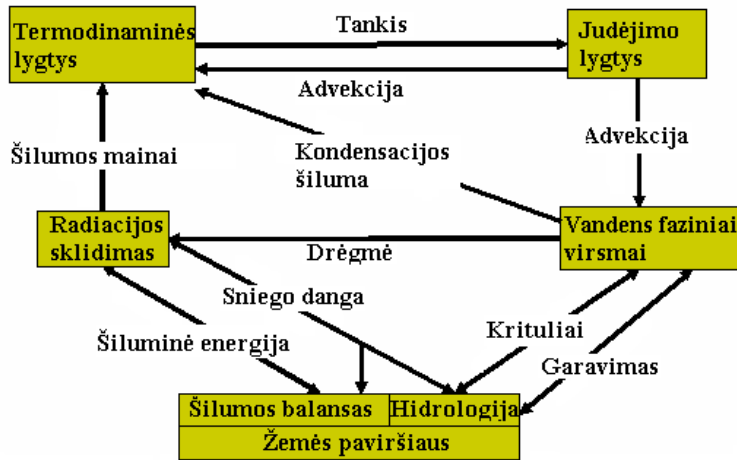
$$\frac{\partial V}{\partial t} = -U \frac{\partial V}{\partial x} - V \frac{\partial V}{\partial y} - \omega \frac{\partial V}{\partial P} - fU - \frac{\partial \Phi}{\partial y} + F_y$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial P} = -\frac{RT}{P} \leftarrow \text{Hydrostatic Balance}$$

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial P} = 0$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -U \frac{\partial T}{\partial x} - V \frac{\partial T}{\partial y} + \omega \left(\frac{RT}{c_p P} - \frac{\partial T}{\partial P} \right) + \frac{H}{c_p}$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} = -U \frac{\partial q}{\partial x} - V \frac{\partial q}{\partial y} - \omega \frac{\partial q}{\partial P} + e - p$$



U, V, and omega are the three components of the wind (in pressure coordinates).

T is temperature, **P** is pressure, **q** is specific humidity, **F** is friction (surface drag and momentum transport of unresolved eddies)

R is the dry air gas constant, **c_p** is the heat capacity at constant pressure, **e** is the net evaporation, and **p** is the net precipitation

H is the net diabatic heating term, and **H=H_L + H_c + H_r + H_s**

where **H_L**=latent heating from condensation/evaporation

H_c=heating caused by convection/vertical motion

H_r=radiative heating

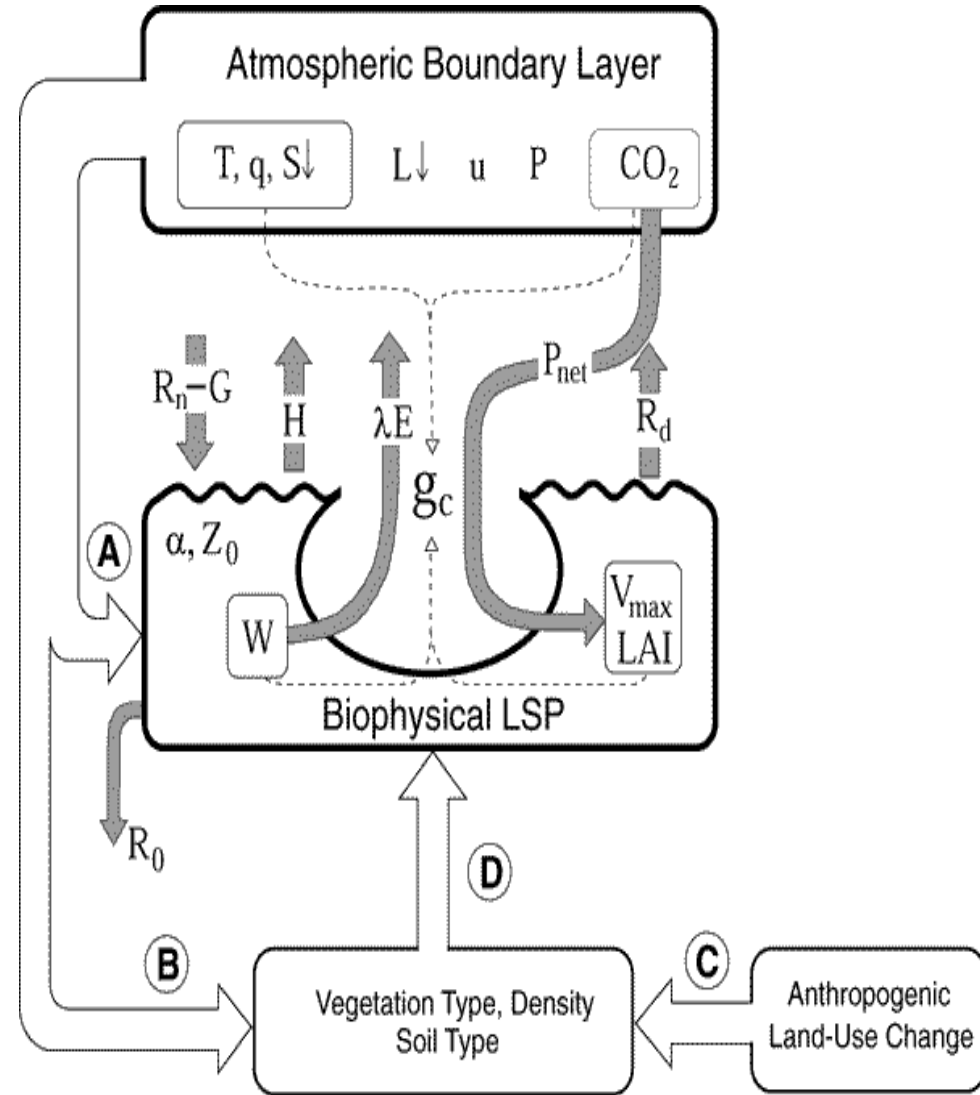
H_s=sensible heating from the Earth's surface



Parametrizacija

Parametrizacija – tai procesas, kurio metu apibrėžiami parametrai būtini tiksliam arba apytiksliam reiškinių ir procesų apibūdinimui itin jų nedetalizuojant.

Pvz. garavimas nuo vandenyno paviršiaus dideliame plote gan tiksliai apibrėžiamas, kaip temperatūros, drėgnumo ir vėjo greičio funkcija, nors jo intensyvumas labai kisti laike ir erdvėje.



Grįžtamieji ryšiai

Klimato sistemoje vykstantys procesai lemia natūralią klimato kaitą bei klimato sistemos reakciją į įvairius pokyčius. 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.

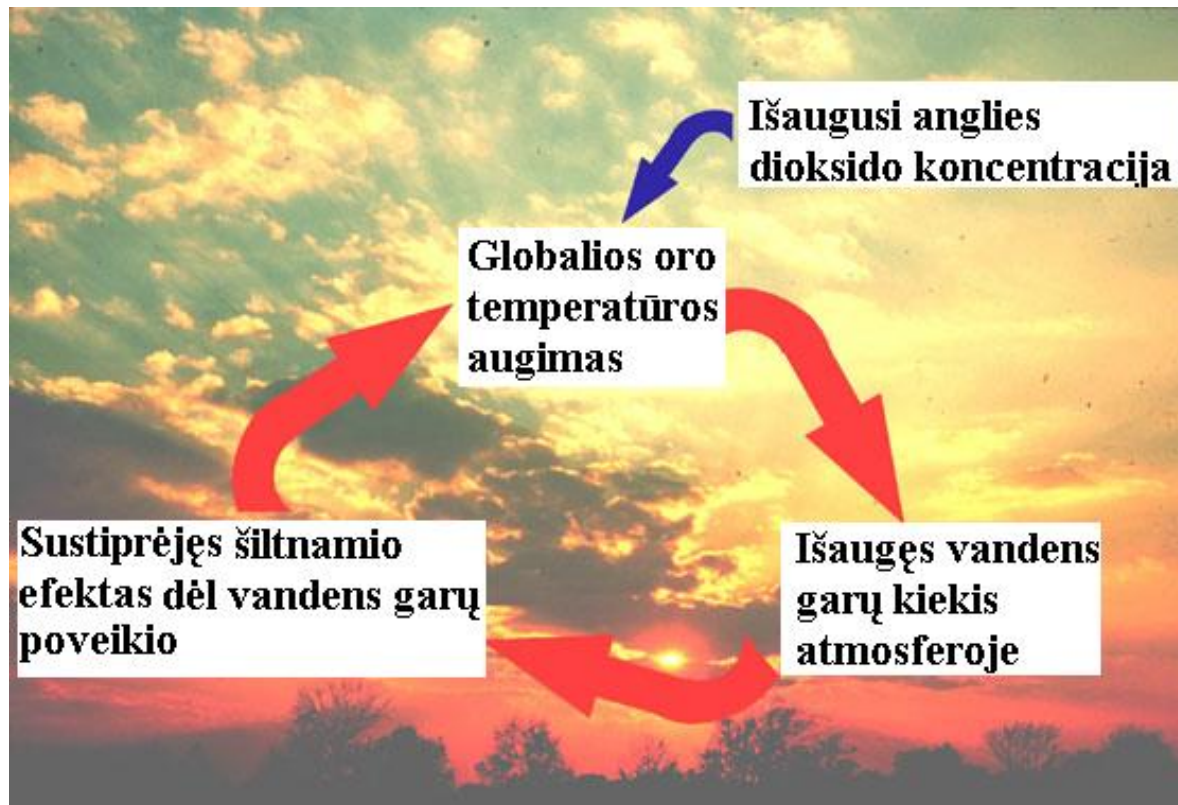


Svarbiausi teigiami grįžtamieji ryšiai

- Priešpriešinio atmosferos spinduliavimo stiprėjimas dėl didesnio vandens garų kiekio apatinėje troposferoje
- Žemės albedo mažėjimas dėl sniego ir ledo tirpimo
- Silpnėjančio anglies dvideginio sugėrimas vandenyne dėl vandens temperatūros augimo
- Šylant klimatui papildomas anglies kiekis gali išsiskirti į atmosferą dėl:
 - metano išsiskyrimo tundros pelkėse;
 - metano išsiskyrimo tirpstant metano klatratams
 - organinių medžiagų irimo tirpstant amžinajam įšalui
 - džiūstant durpynams greitėja jų irimas, be to didėjant jų gaisrų skaičiui į atmosferą patenka papildomas anglies kiekis
 - dėl visžalių miškų degradacijos, susijusios su klimato sausėjimu, gali į atmosferą patekti juose sukauptos anglies atsargos
 - dažnėjančių miškų gaisrų metu į atmosferą patenka papildomas anglies kiekis

Teigiami grįžtamieji ryšiai

Vandens garai

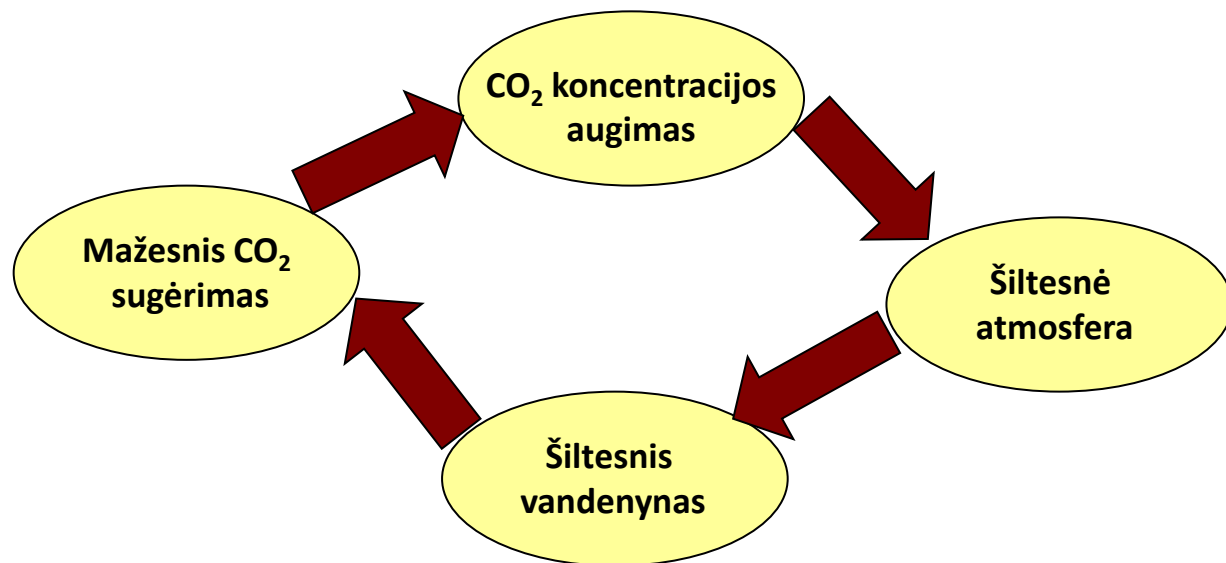


Vandens garai padvigubina didėjančios anglies dioksido koncentracijos poveikį

Žemės albedo mažėjimas dėl sniego ir ledo tirpimo



Silpnėsnis anglies dvideginio sugėrimas vandenyje. Antra vertus, kuo daugiau atmosferoje CO₂ tuo daugiau jos sugeriama.



Papildomas anglies kiekis



Metanas yra antros pagal svarbą šiltnamio dujos. Milžiniški metano (apie 400 GT) kiekiai sukaupti užšalusioje tundroje. Čia jis yra kristalinėje būsenoje. Augant temperatūrai šie dariniai tampa nestabiliais ir išsilaisvinęs metanas patenka į atmosferą.



Miškų gaisrai



Durpynų džiuvimas ir gaisrai



Tropinių miškų degradacija



Svarbiausi neigiami grįžtamieji ryšiai

- Stiprėjantis Žemės paviršiaus spinduliavimas
- Didėjantis anglies dvideginio sugėrimas vandenyne, stiprėjantis cheminis dūlėjimas, stiprėjantis biologinis surišimas, didėjantis vegetacijos kiekis.
- Dėl kintančio vertikalios temperatūros gradiento stiprės ilgabangis spinduliavimas iš atmosferos

Svarbiausias iki galo neaiškus grįžtamasis ryšys

- ▣ Debesuotumo pokyčiai. Apatinio debesuotumo didėjimas yra neigiamas grįžtamasis ryšys, o viršutinio – teigiamas.

Neigiami grįžtamieji ryšiai

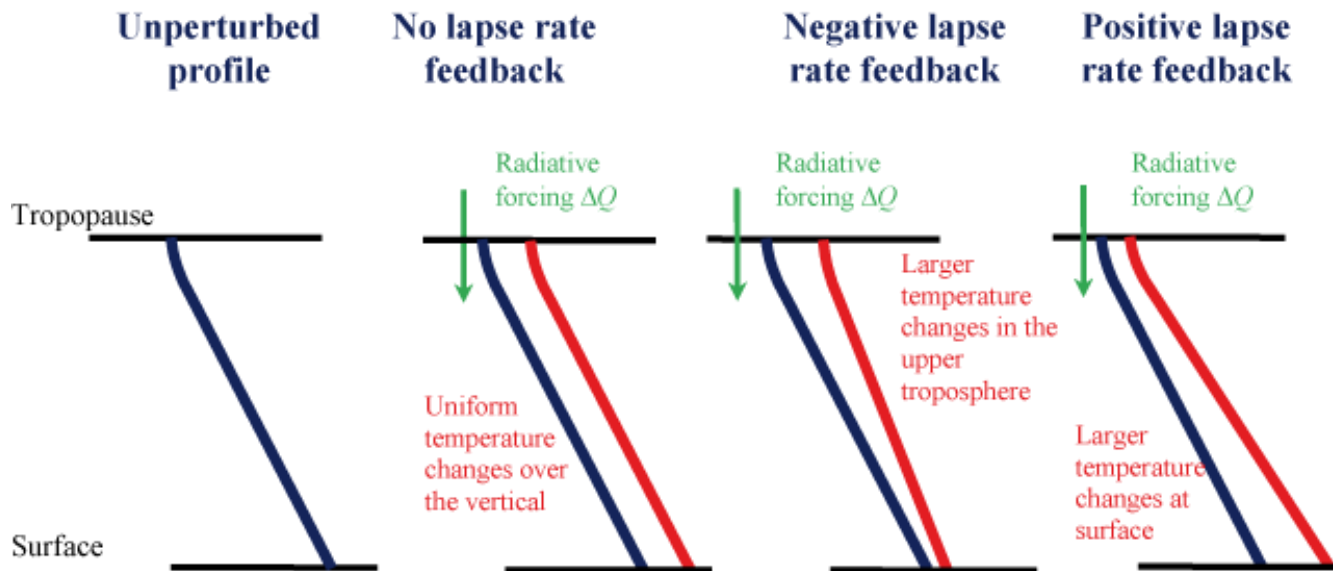
Stiprėjantis Žemės paviršiaus spinduliavimas.

Pagal Stefano-Bolcmano dėsnį kuo aukštesnė spinduliuojamo kūno temperatūra, tuo didesnis energijos kiekis išspinduliuojamas

$$B = \sigma T^4$$

Vertikalus temperatūros gradientas

Vertikalus temperatūros gradientas troposferoje sumažės tropikuose, todėl dides stiprės ilgabangis spinduliavimas (neigiamas grįžtamasis ryšys), o aukštosiose platumose gradientas dides, o ilgabangis spinduliavimas mažes (teigiamas grįžtamasis ryšys). Sumoje tai neigiamas grįžtamasis ryšys.



Didėjantis anglies dvideginio sugėrimas atmosferoje.

La Šatelje principas. Jeigu pusiausvyrinę sistemą veikia išoriniai veiksniai keisdami vieną iš sistemos komponentų, tai sistemoje stiprėja procesai nukreipti kompensuoti išorinį poveikį. Kuo daugiau į klimato sistemą patenka anglies dvideginio, tuo jo daugiau sistema stengiasi absorbuoti.

Augant anglies dvideginio koncentracijai atmosferoje nežymiai sumažėja vandenyno pH, dėl to šiek tiek intensyvėja CO₂ sugėrimas



Stiprėjantis cheminis dūlėjimas. Jo metu lietaus vanduo, praturtintas anglies dioksidu reaguoja su kalcio karbonatu ir sudaro kalcio bikarbonatą.



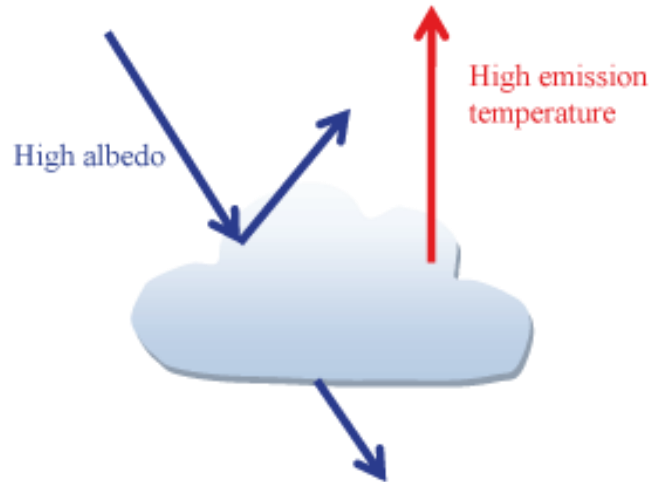
Stiprėjantis anglies surišimas biologinių procesų metu, (pvz. kriauklių formavimasis) bei fotosintezės stiprėjimas.



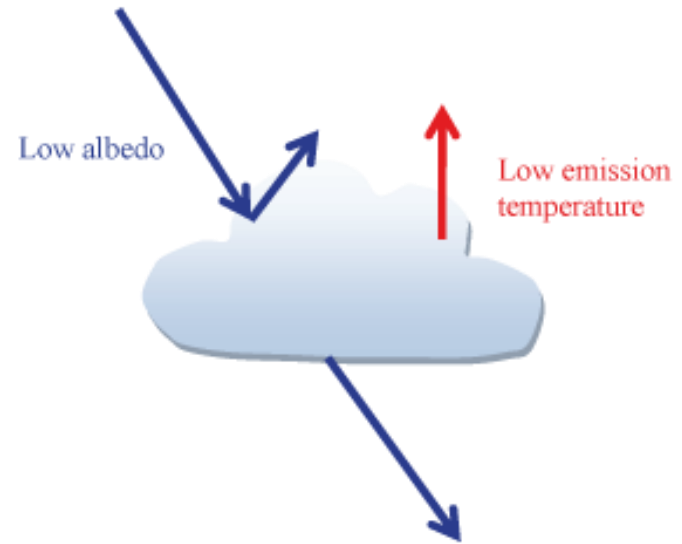
Debesuotumas

Warm low level cloud with a high albedo

Decrease in the net downward radiative flux at the top of the atmosphere

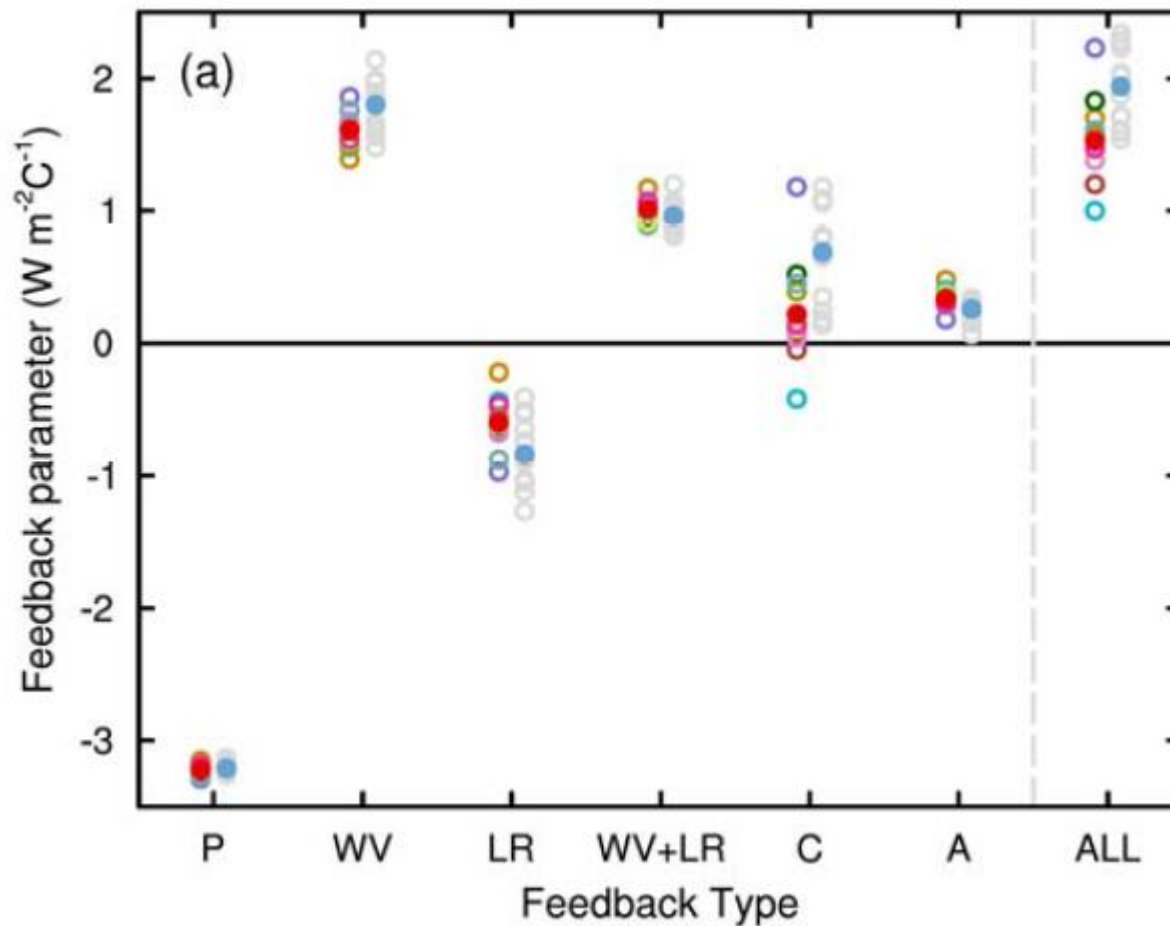


Cold upper level cloud with a low albedo

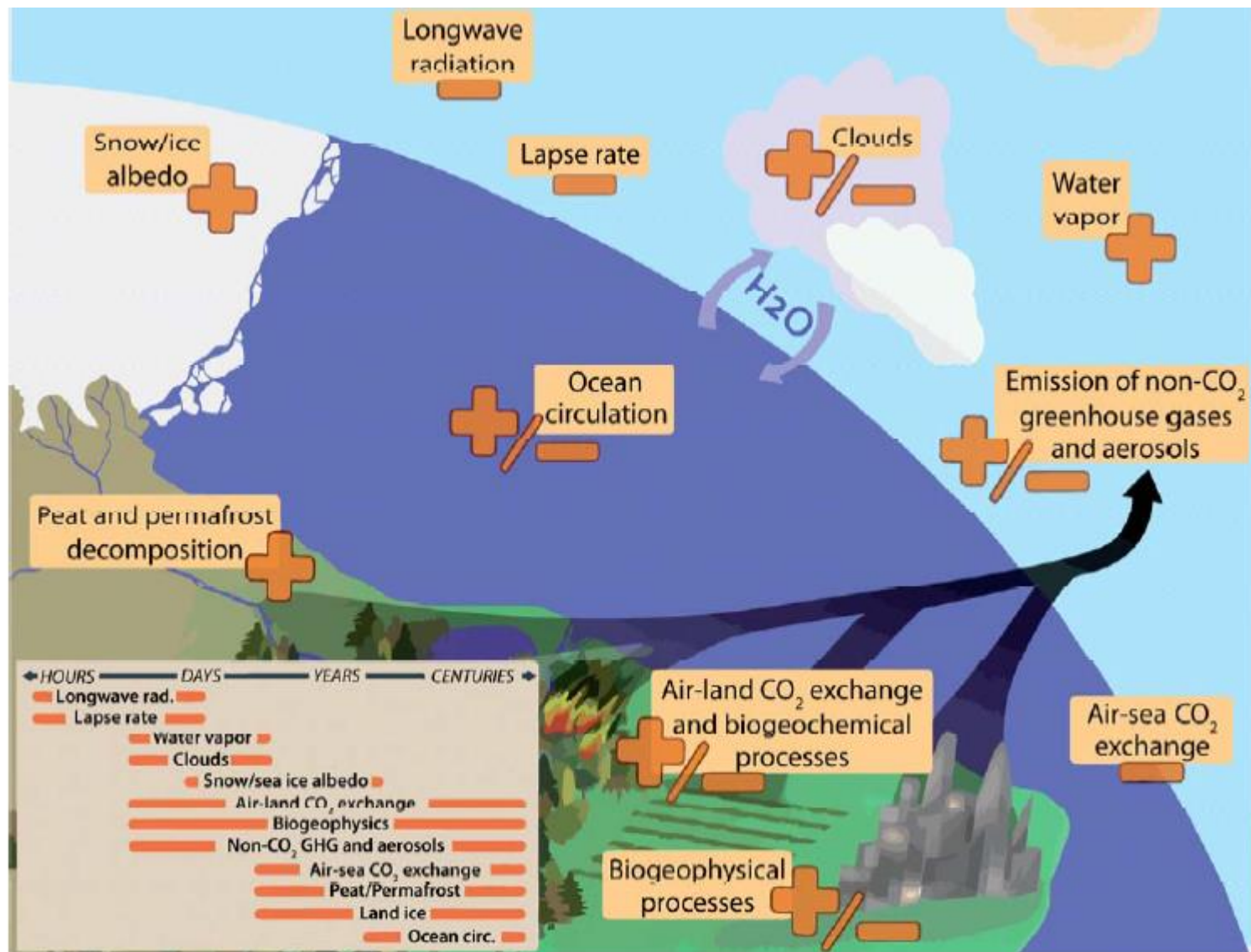


Increase in the net downward radiative flux at the top of the atmosphere

Surface



Kai kurių svarbiausių grįžtamųjų ryšių poveikis, pagal skirtingų modeliavimų rezultatus, P – paviršiaus spinduliavimas WV- vandens garai, C – debesys, A – albedas, LR – temperatūros gradientas, ALL – viskas išskyrus P (pagal AR5)



Teigiami ir neigiami grįžtamieji ryšiai



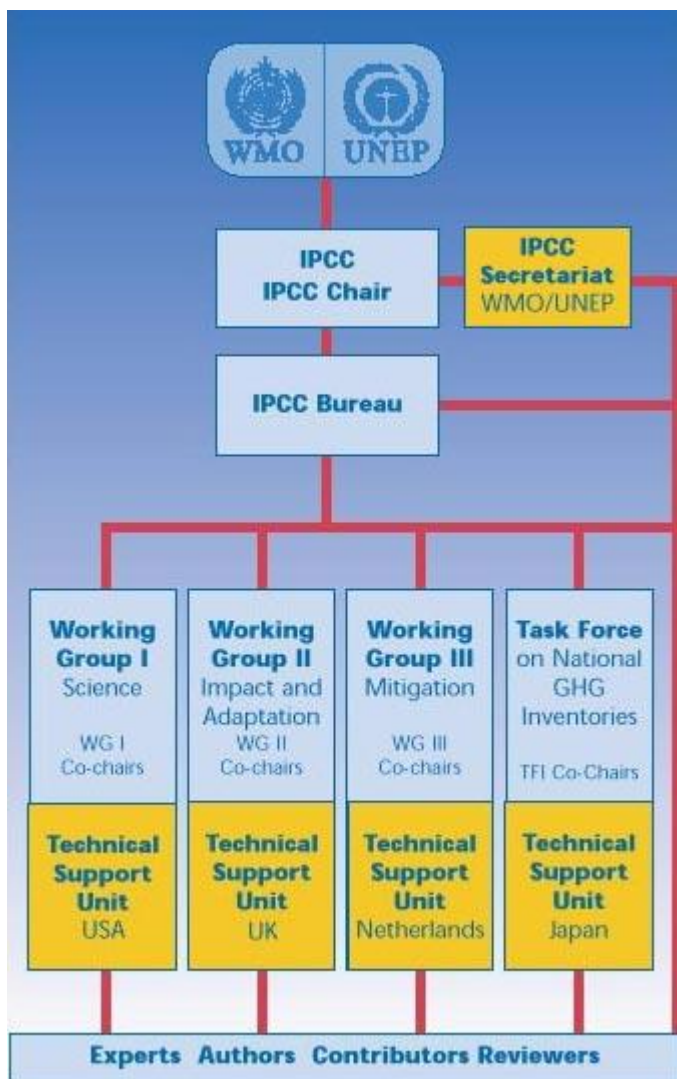
Tarpvyriausybė klimato kaitos komisija – TKKK
(Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC).

Įsteigta 1988 metais
<http://www.ipcc.ch/>

Tikslas – visapusiškai bei objektyviai įvertinti ir apibendrinti mokslinę, techninę bei socialinę ir ekonominę informaciją, susijusią su klimato pokyčiais, jų pavojingumu žmonijai, tų pokyčių sušvelninimu ir prisitaikymo prie jų priemonėmis.

Pagrindinės ataskaitos 1990, 1995, 2001, 2007, 2013.





- I darbo grupė vertina mokslinius klimato sistemos bei klimato pokyčių aspektus

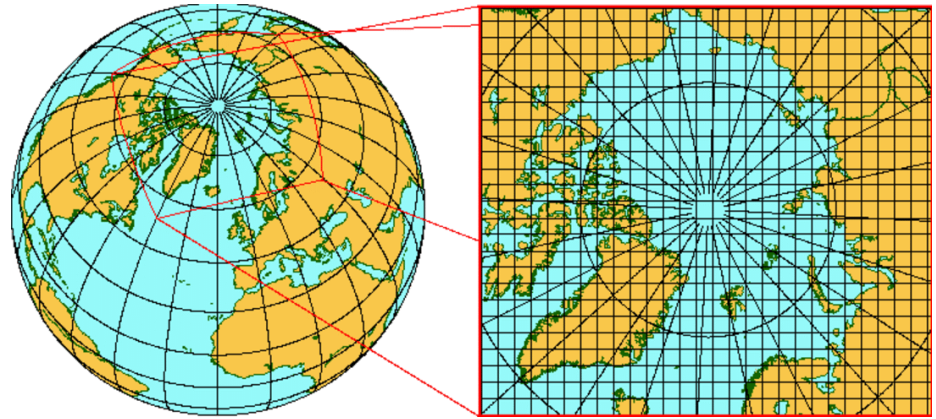
- II grupė – socialinių ir ekonominių bei gamtinių sistemų jautrumą klimato pokyčiams, teigiamas bei neigiamas šių pokyčių pasekmes bei galimas adaptacijos priemonės

- III grupė – galimus šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos ribojimo būdus bei kitas klimato kaitos švelninimo priemones

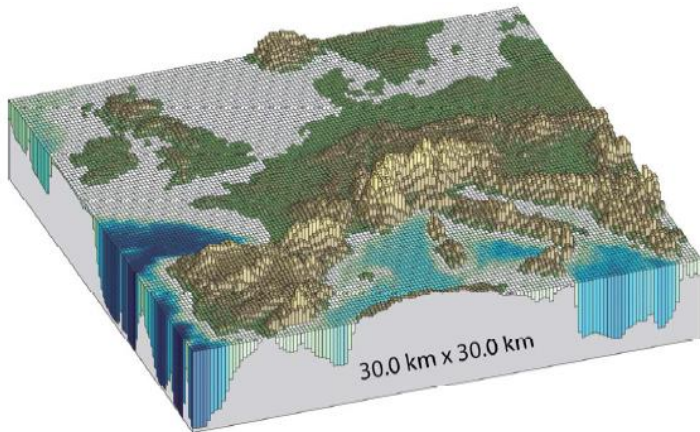
- Specialios paskirties padalinys skirtas vadinamųjų šiltnamio dujų inventorizacijos klausimams spręsti.

Klimato modeliai

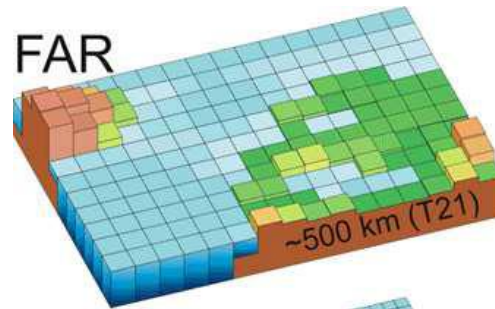
Sukūrus šiuolaikinius labai galingus kompiuterius, atsirado galimybė gerokai padidinti j klimato modeliavimą įtrauktų parametrizuotų procesų atmosferoje ir vandenyne skaičių bei sutankinti modelio horizontalųjį ir vertikalųjį erdvinį tinklą.



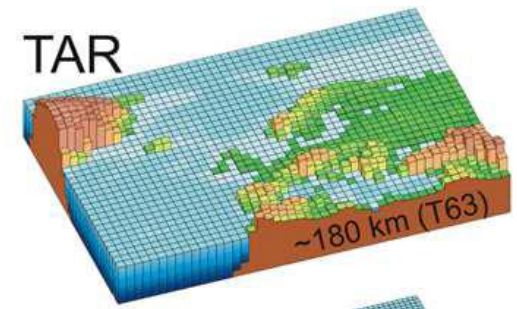
AR5



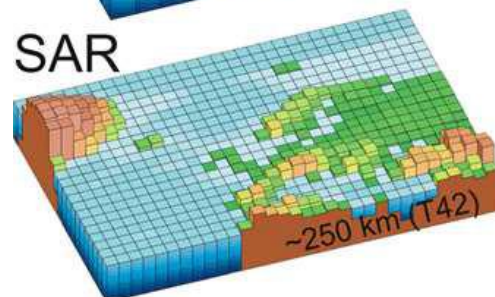
FAR



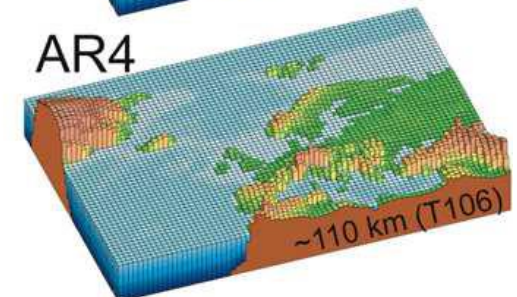
TAR



SAR



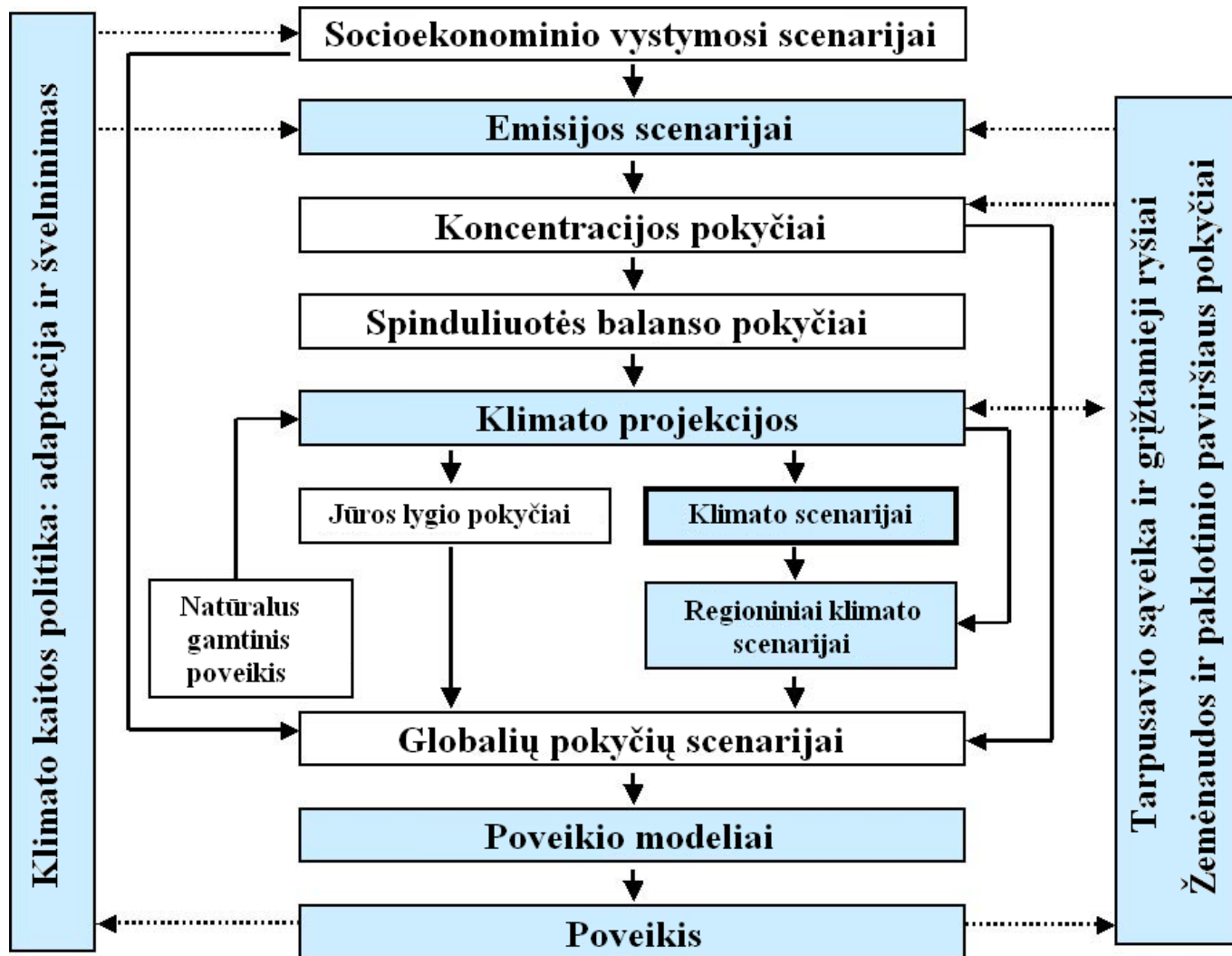
AR4



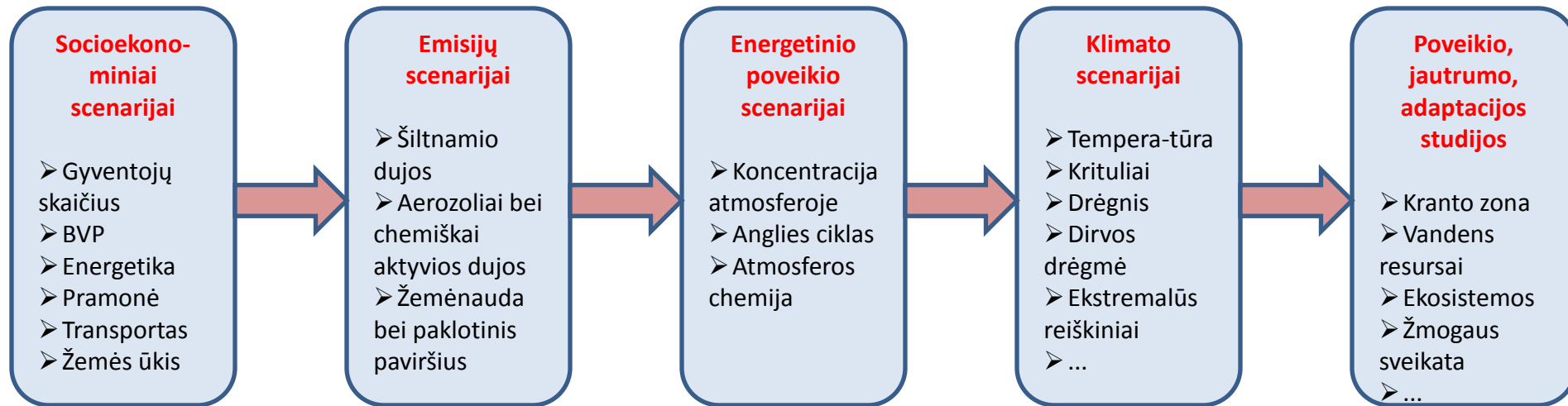
Svarbiausios klimato modeliavimo grupės

- BMRC: Bureau of Meteorology Research Center (Australia)
- COLA: Center for Ocean-Land Atmosphere Studies (USA)
- ECMWF: European Center for Medium Range Weather Forecasts
- GFDL: Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (USA)
- GISS: Goddard Institute for Space Studies (USA)
- GLA: Goddard Laboratory for Atmospheres (USA)
- LLNL: Lawrence Livermore National Laboratories (USA)
- MPI: Max Planck Institut (Germany)
- MRI: Meteorological Research Institute (Japan)
- NCAR: National Center for Atmospheric Research (USA)
- NMC: National Meteorological Center (USA)
- NTU: National Taiwan University
- UKMO: United Kingdom Meteorological Office (UK)
- UCLA: University of California Los Angeles (USA)

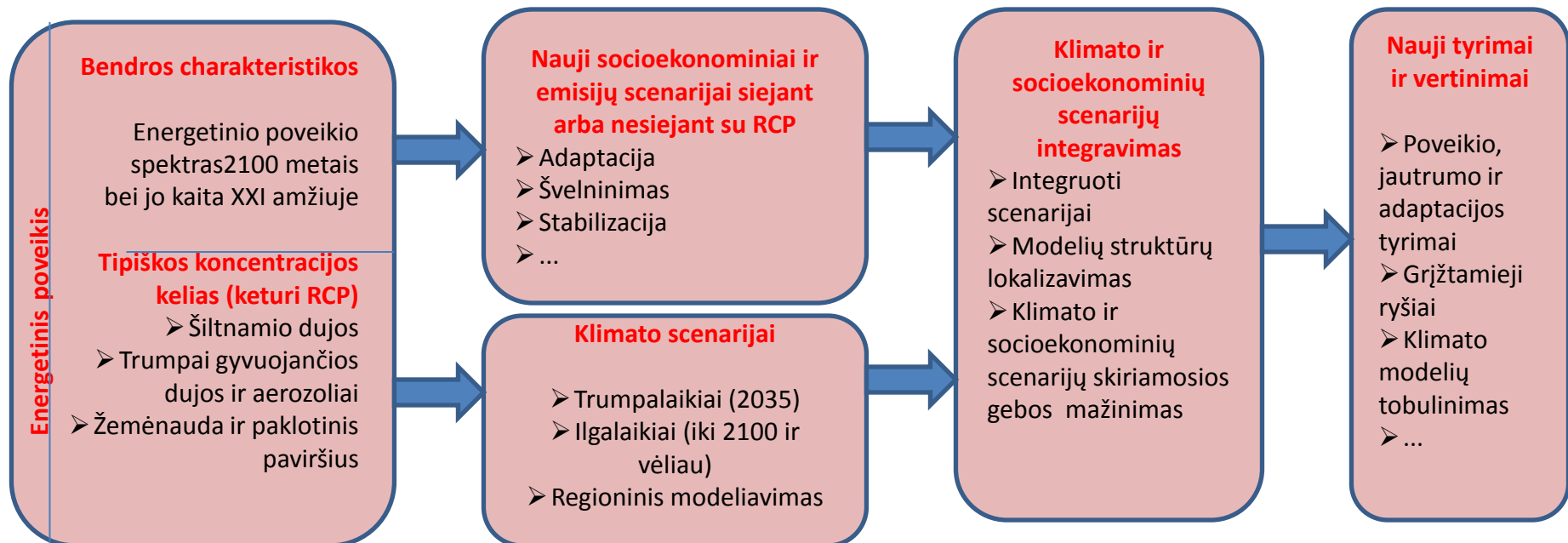
Teršalų emisijos scenarijai ir šiuolaikiniai klimato modeliai

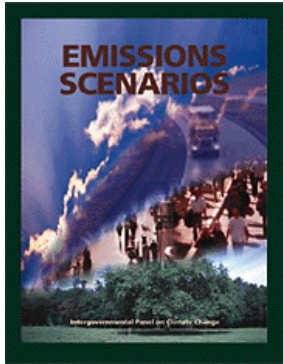


Sena klimato kaitos scenarijų karta (nuoseklus požiūris)



Nauja klimato kaitos scenarijų karta (paralelinis procesas)





Special Report on Emissions Scenarios, SRES 2000

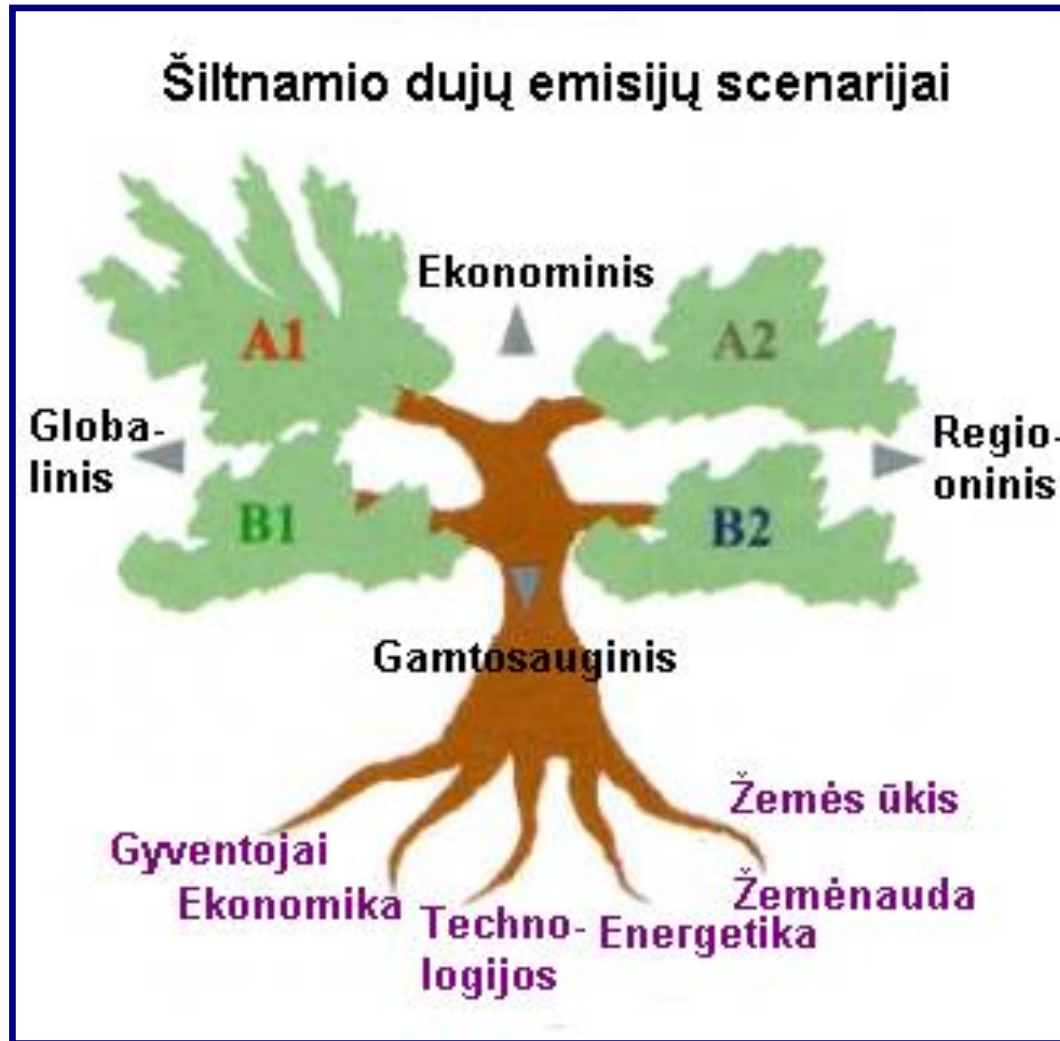
Emisijos scenarijai paremti socialinėmis ir ekonominės
žmonijos raidos prognozėmis.

Svarbiausieji veiksniai

- Gyventojų skaičiaus kaita
- Ekonominis bei socialinis vystymasis
- Energijos suvartojimas
- Technologijų raidos ypatybės
- Žemėnaudos pokyčiai
- Aplinkosaugos politikos įgyvendinimas



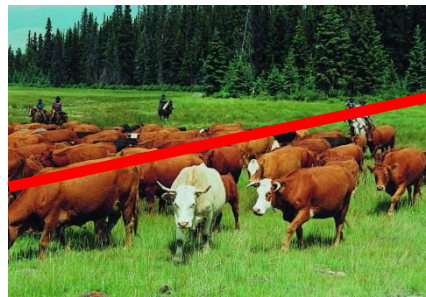
Keturios pagrindinės scenarijų grupės



Kai kurie socioekonominių vystymosi scenarijų rodikliai

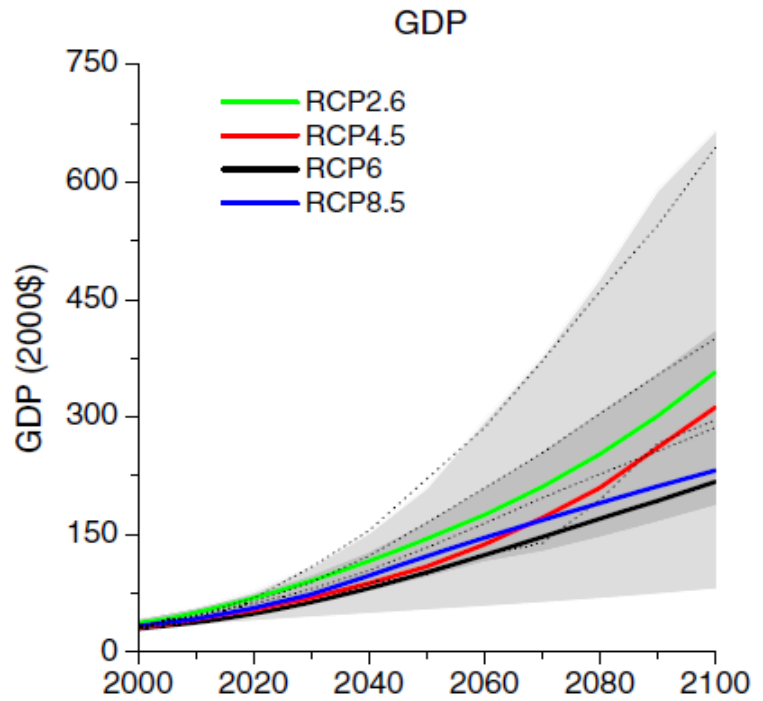
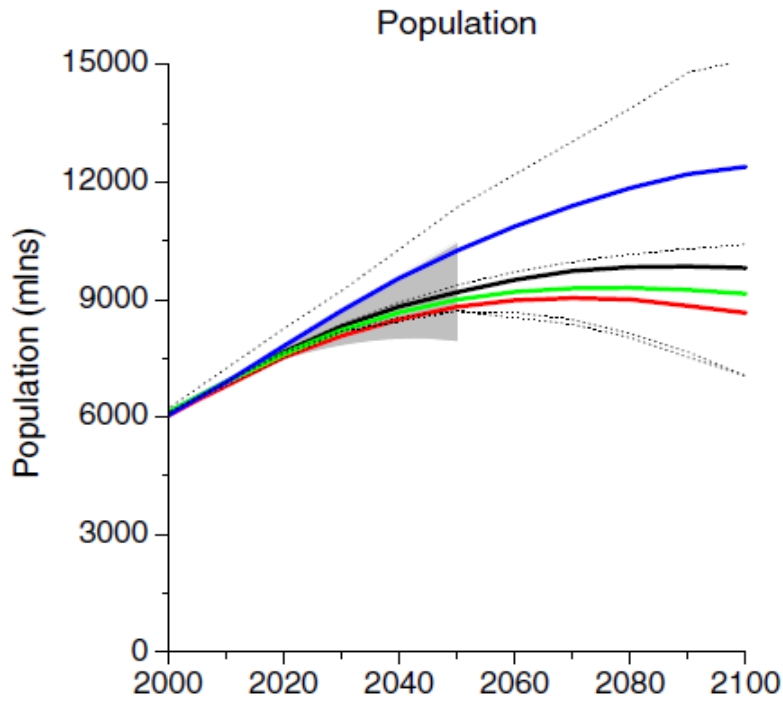
	A1				A2			
	1990	2020	2050	2080	1990	2020	2050	2080
Gyventojų skaičius, mln	5262	7493	8704	8030	5282	8206	11296	13828
Bendrasis produktas, trln. \$	20,9	56,5	181,3	377,4	20,1	40,5	81,6	159,3
Energijos suvartojimas, EJ	285	532	1002	1550	257	488	779	1120
Kumuliatyvinė CO ₂ emisija, GtC	0,0	287,2	730,6	1205,7	0,0	272,2	728,6	1332,2
	B1				B2			
	1990	2020	2050	2080	1990	2020	2050	2080
Gyventojų skaičius, mln	5280	7618	8708	8142	5262	7672	9367	10158
Bendrasis produktas, trln. \$	21,0	52,6	135,6	249,7	20,9	50,7	109,5	186,3
Energijos suvartojimas, EJ	289	462	608	544	275	429	654	848
Kumuliatyvinė CO ₂ emisija, GtC	0,0	261,1	599,0	868,0	0,0	248,3	554,5	901,4

Žemėnaudos pokyčiai XXI amžiuje

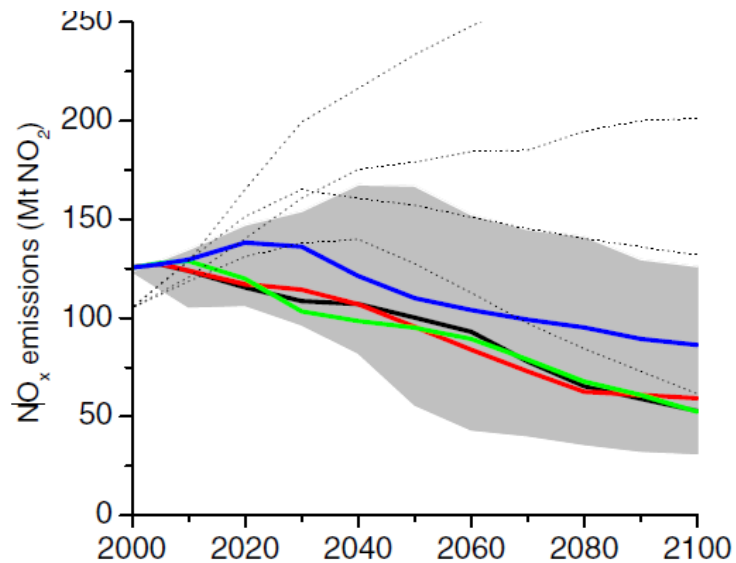
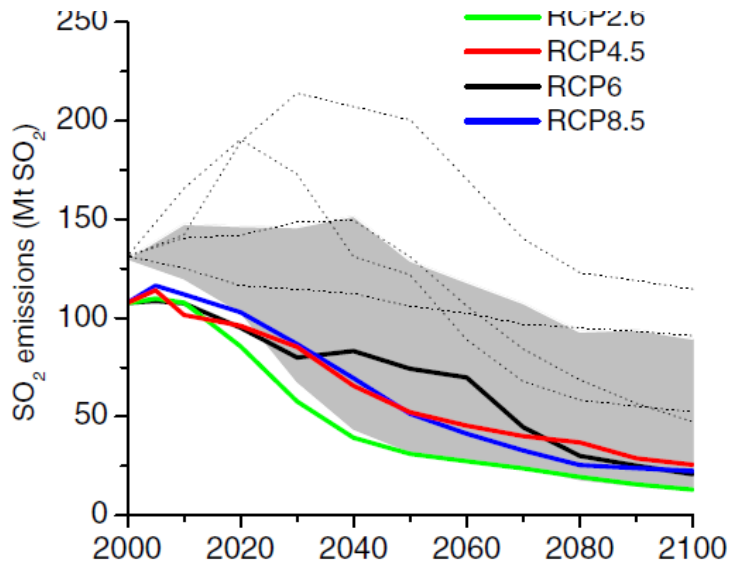
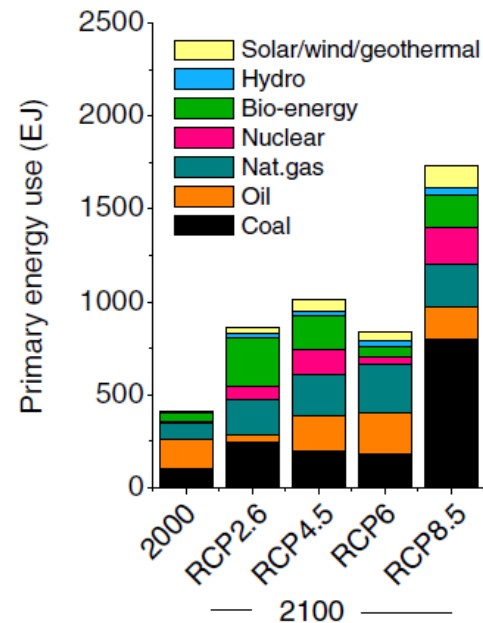
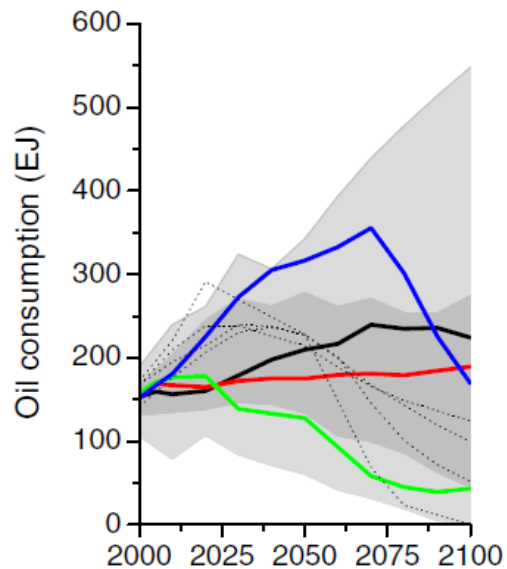
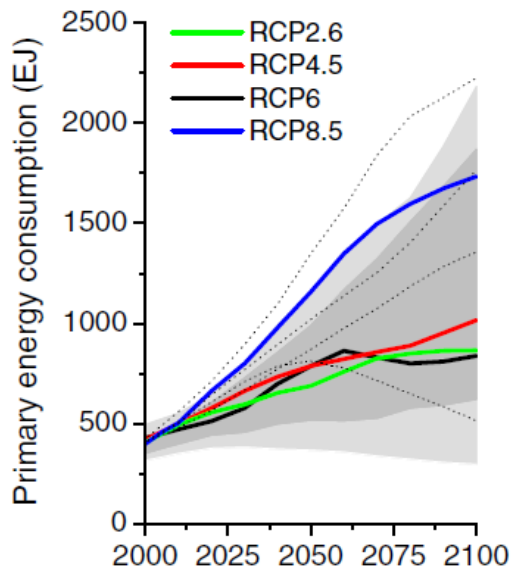


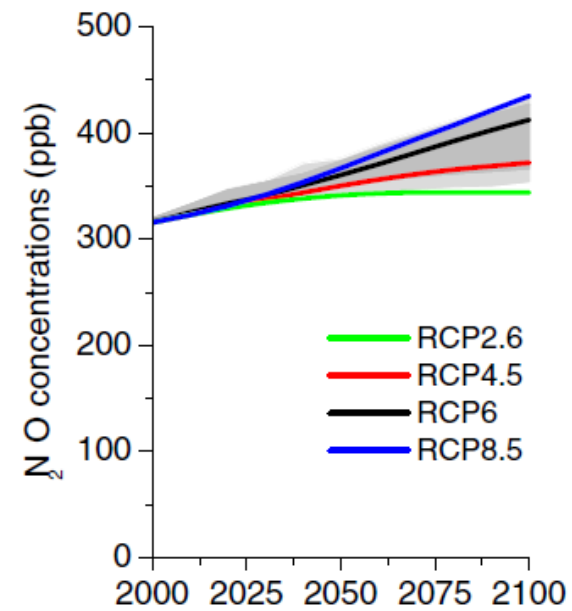
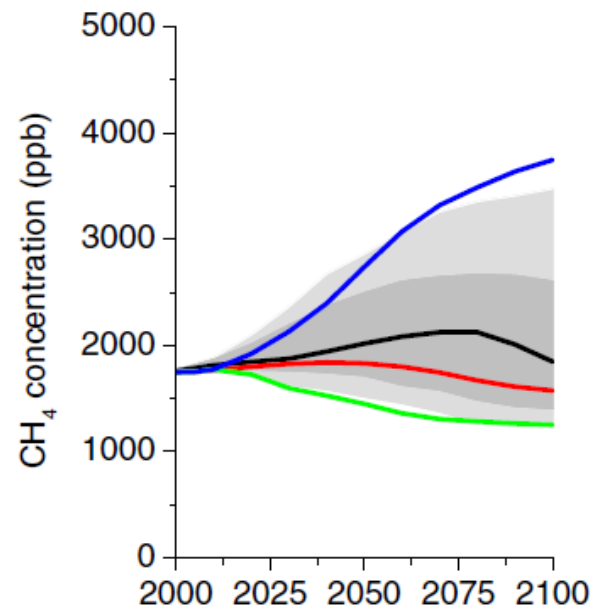
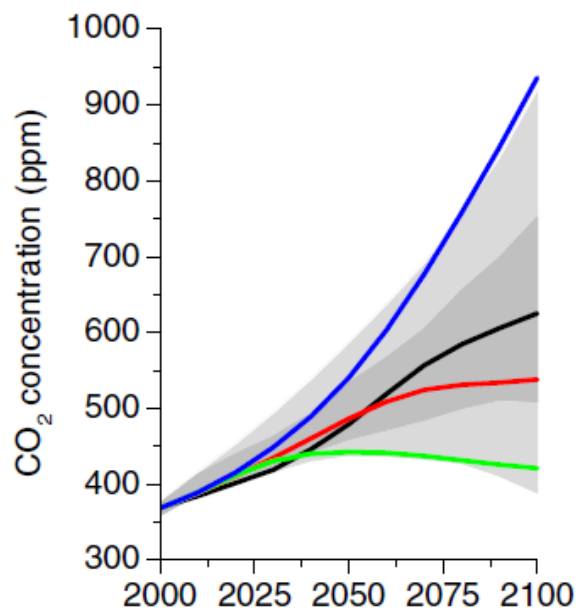
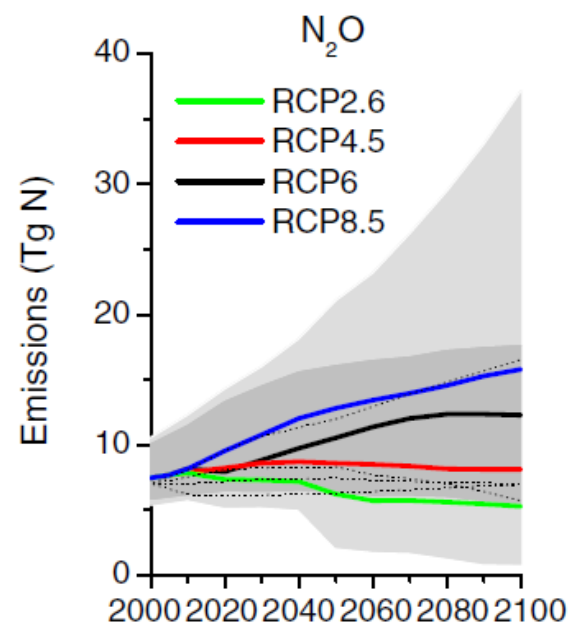
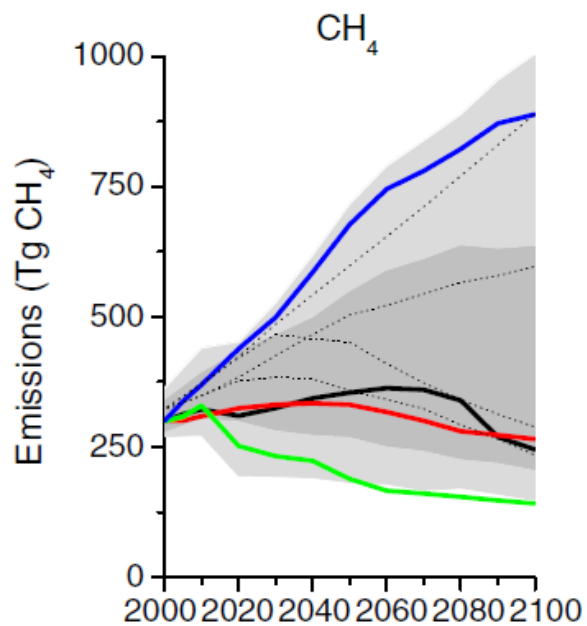
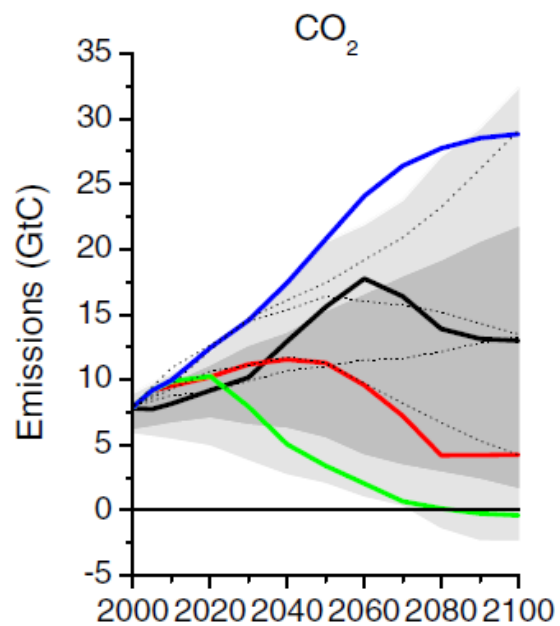
NAUJAS KELIAS

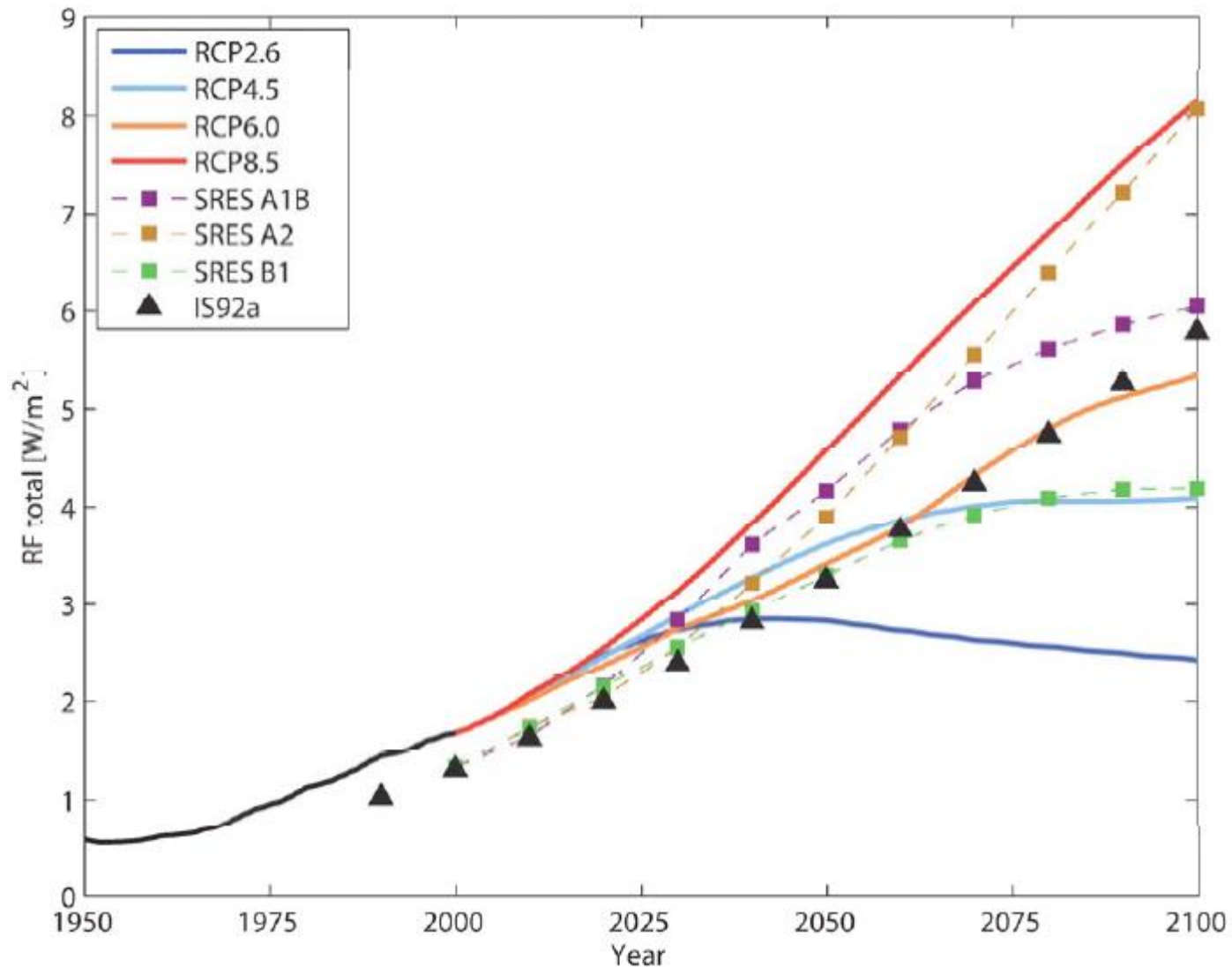
Tipiškos koncentracijos keliai (van Vuuren et al, 2011).



Visi paveikslai van Vuuren et al, 2011



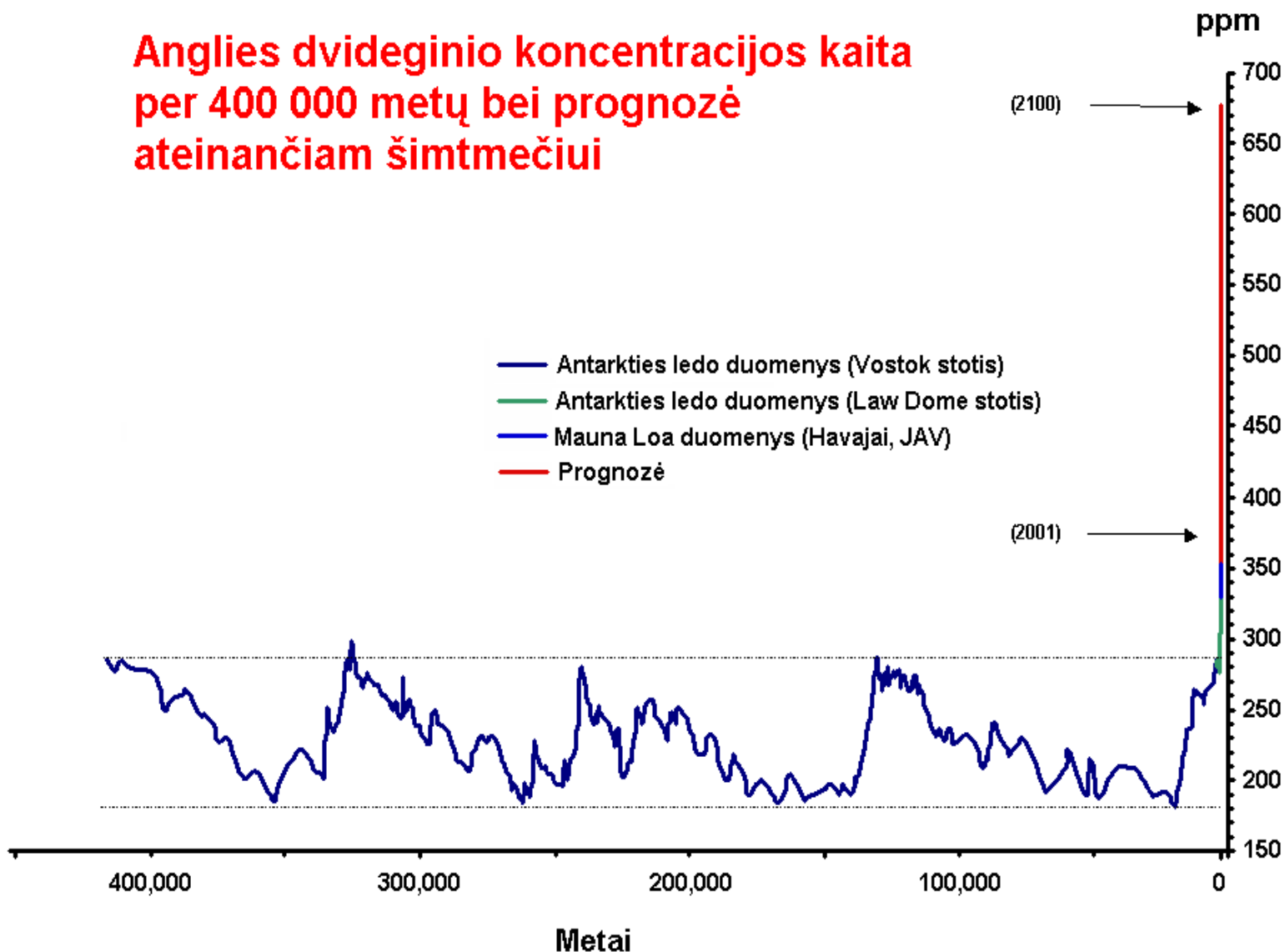




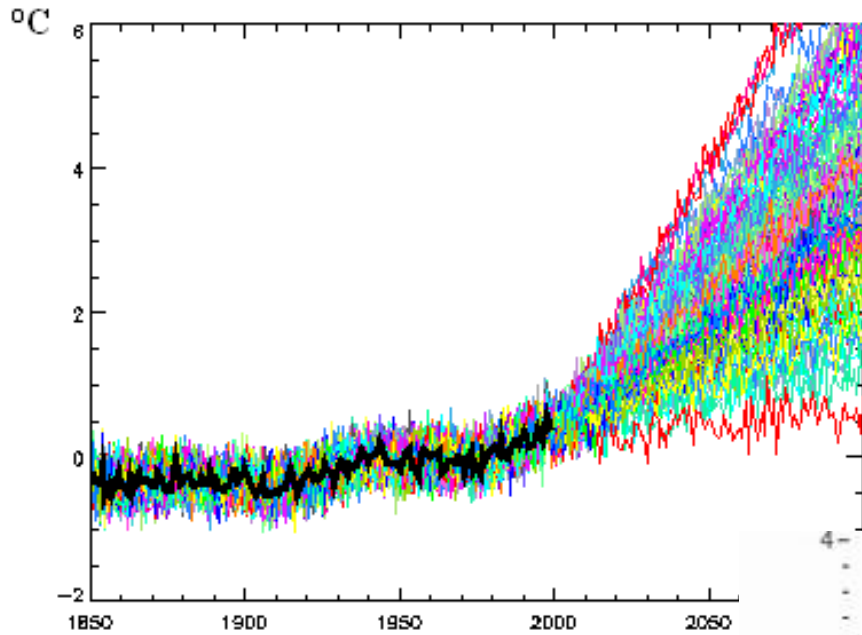
AR4 ir AR5 scenarijų palyginimas

AR5 pabrėžiama, jog vertinant prognostinių nepibrėžtumų dydį didelio progreso nuo AR4 laikų nėra

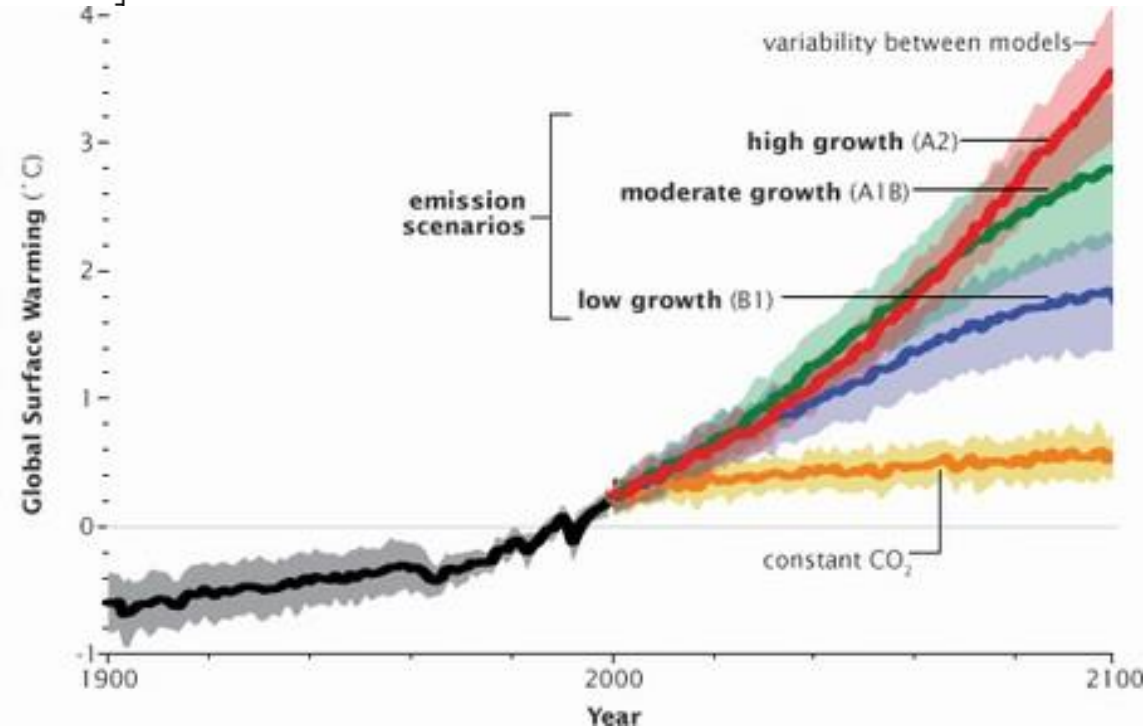
Anglies dvideginio koncentracijos kaita per 400 000 metų bei prognozė ateinančiam šimtmečiui



Globalios temperatūros prognozės

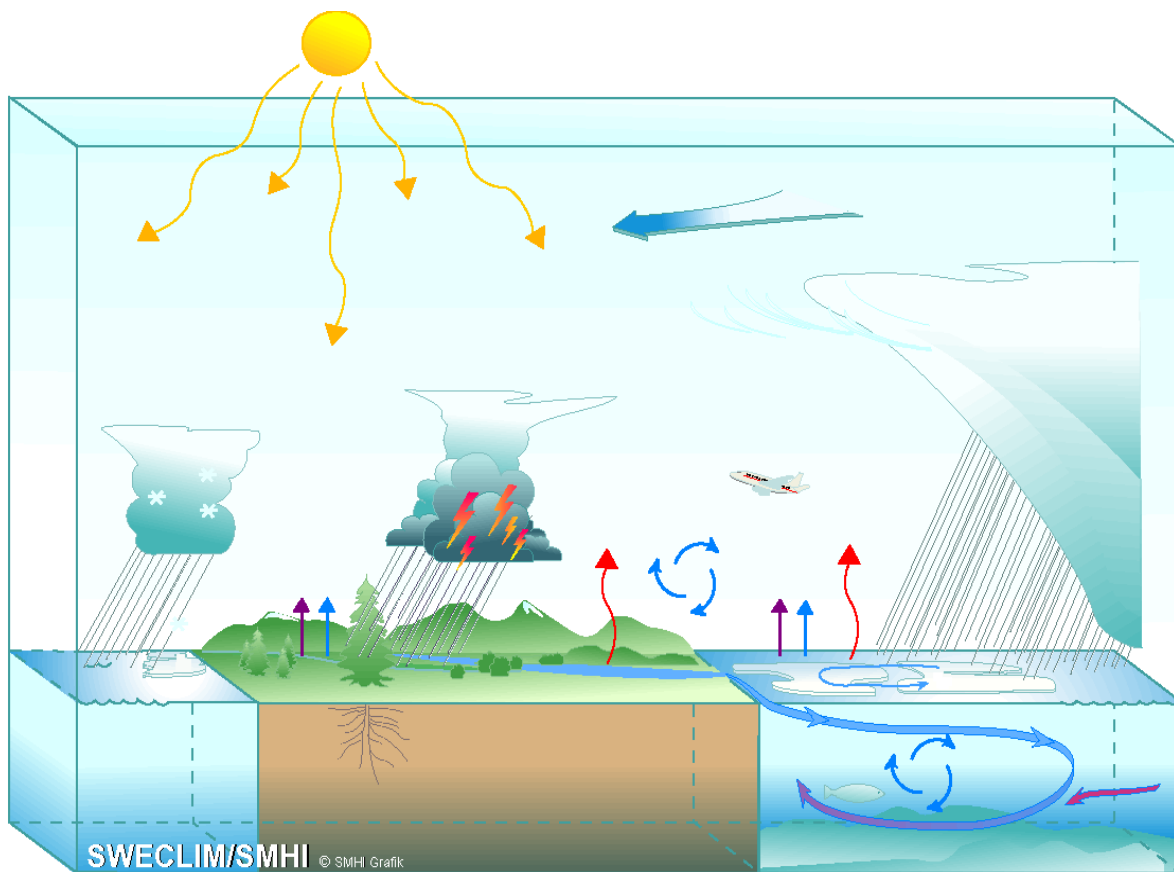


Ansamblinės prognozės



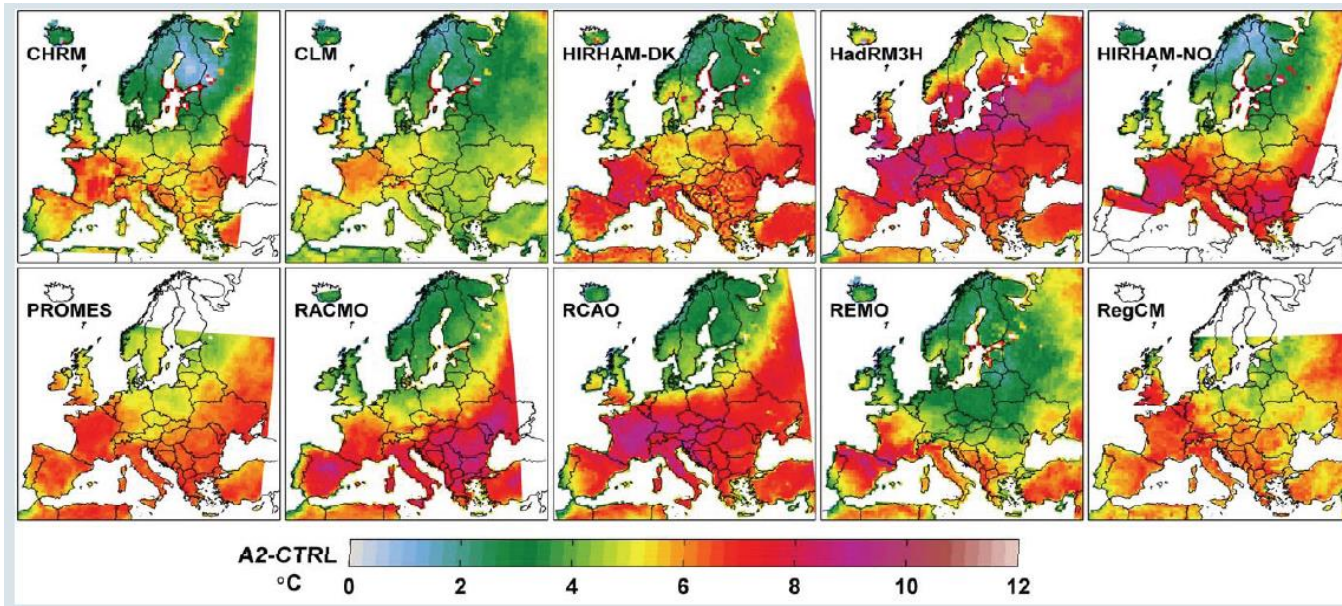
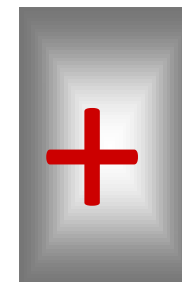
Regioniniai klimato modeliai

Klimatologijoje regioniniais laikomi tie modeliai, kurių dengiama teritorija kinta nuo 10^4 iki 10^7 km².



Juose bendrosios cirkuliacijos ypatybės turi būti derinamos su vietos topografija, žemėnauda, vandens telkinių pasiskirstymu ir kt.

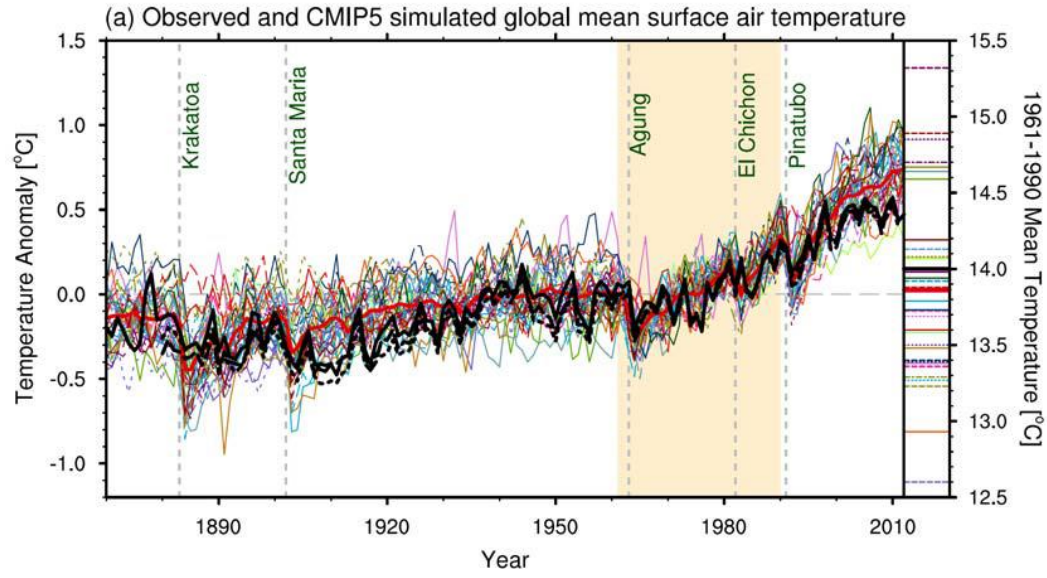
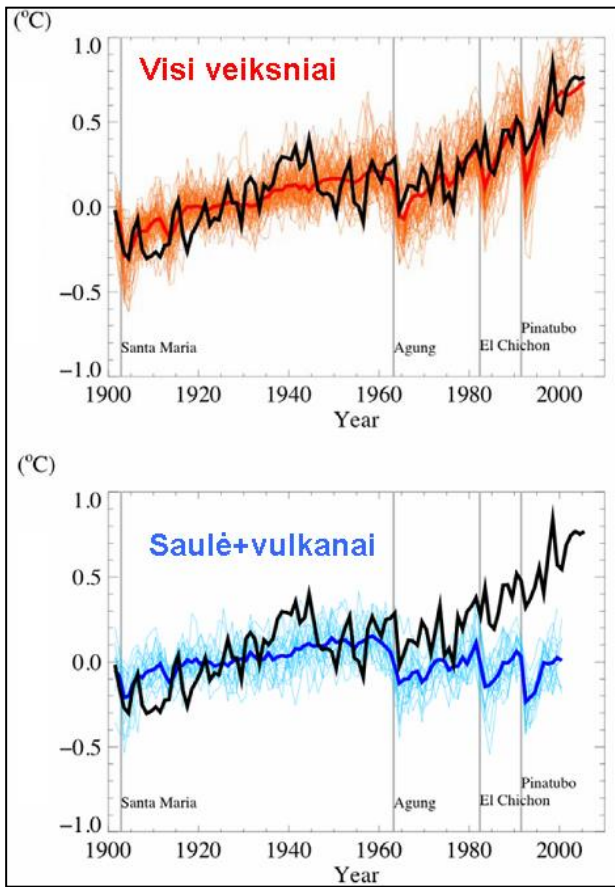
- ❖ Kai kuriuose modeliuose tinklelio gardelės kraštinė sumažėja iki keliasdešimt ar net keliolikos kilometrų.
- ❖ Galima daug tikslesnė prognozė konkrečiai vietai.
- ❖ Dydžiai prognozuojami įvertinant vietinius faktorius.



Regioniniai klimato modeliai
HIRHAM
HadRM
CHRM
CLM
REMO
RCAO
PROMES
RegCM
RACMO
Arpege

- ❖ Bendrosios cirkuliacijos modeliuose padarytos klaidos dar labiau išryškėja
- ❖ Nėra grįžtamojo ryšio, vertinančio modeliuotų regioninių pokyčių įtaką globaliems procesams ir padedančio palaipsniui keisti RKM įvesties sąlygas.

Tik tie klimato modeliai, kuriais pakankamai tiksliai sumodeliuotas praeities klimatas, gali būti tinkami ir ateities klimato pokyčiams prognozuoti

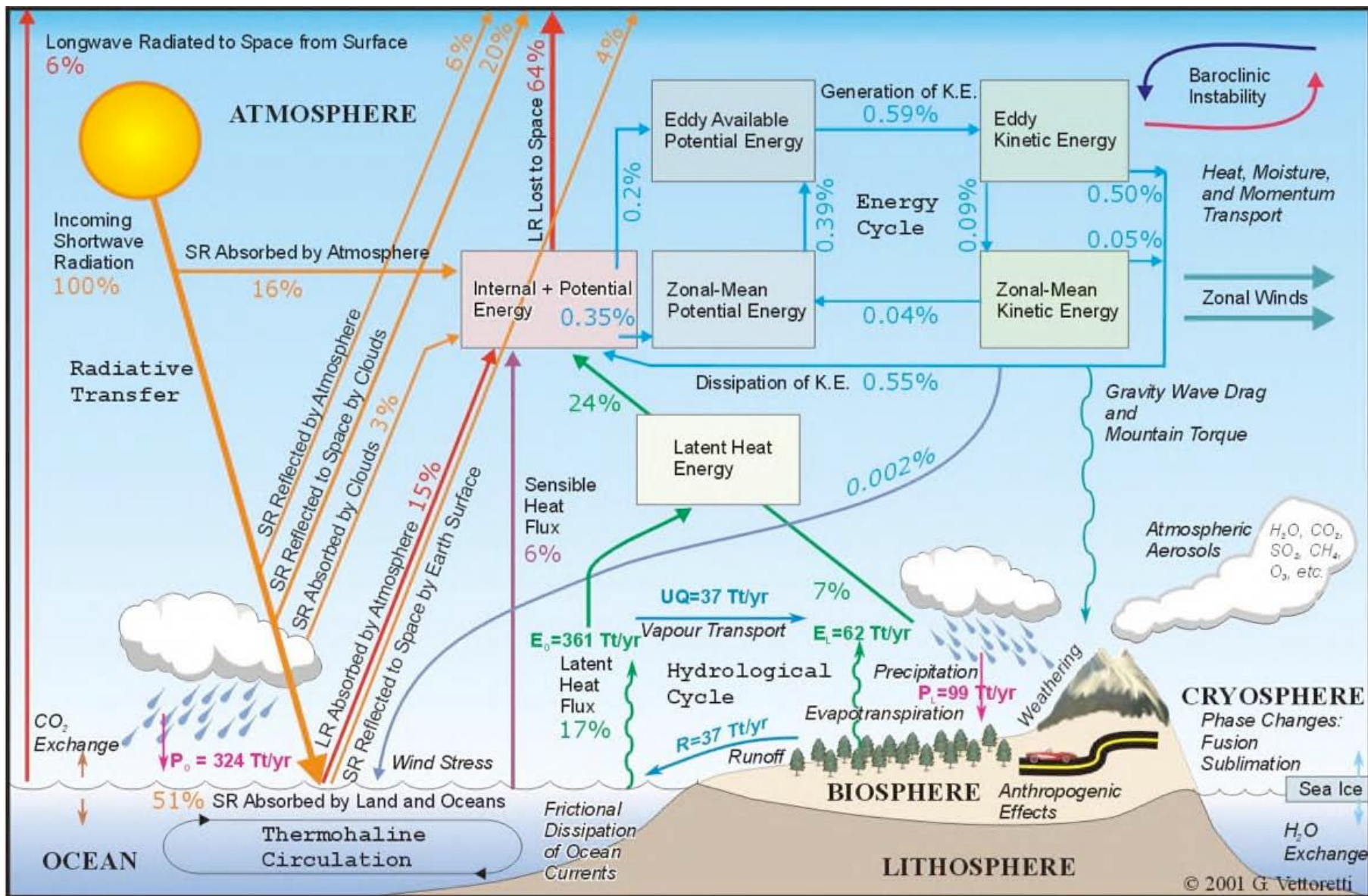


2013

2007

Globalios temperatūros modeliavimo rezultatų palyginimas su matavimo duomenimis

Klaikiai įdomu, bet komplikuoti



Klimato prognozės

Globalinės ir regioninės prognozės pateikiamos pagal IPCC AR5 bei BACC ataskaitas

**"On the Influence of Carbon Acid in the Air upon the Temperature of the Ground"
Philosophical Magazine 41, 237-276 (1896)**

Padvigubėjus anglies dvideginiui atmosferoje



Svante August
Arrhenius

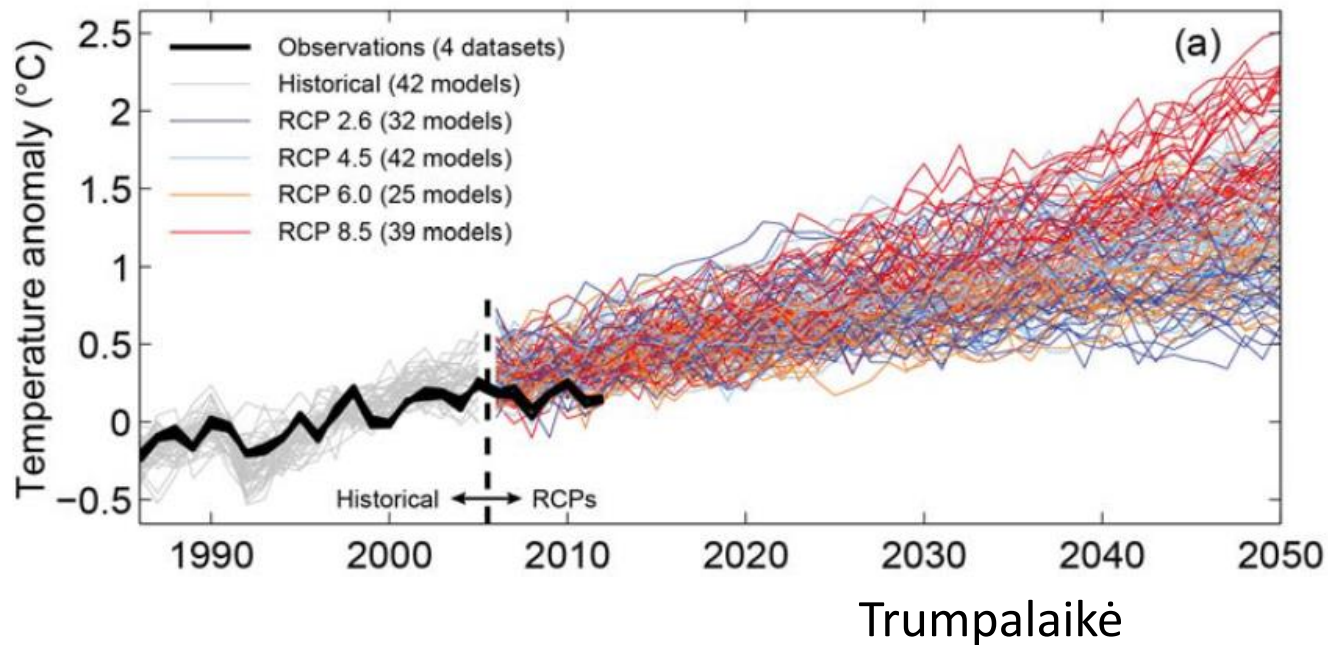
1859-1927

Platuma	XII-II	III-V	VI-VIII	IX-XI	Metinė
60 to 70	6.0	6.1	6.0	6.1	6.05
50 to 60	6.1	6.1	5.8	6.1	6.02
40 to 50	6.1	6.1	5.5	6.0	5.92
30 to 40	6.0	5.8	5.4	5.6	5.7
20 to 30	5.6	5.4	5.0	5.2	5.3
10 to 20	5.2	5.0	4.9	5.0	5.02
0 to 10	5.0	5.0	4.9	4.9	4.95
-10 to 0	4.9	4.0	5.0	5.0	4.97
-10 to -20	5.0	5.0	5.2	5.1	5.07
-20 to -30	5.2	5.3	5.5	5.4	5.35
-30 to -40	5.5	5.6	5.8	5.6	5.62
-40 to -50	5.8	6.0	6.0	6.0	5.95
-50 to -60	6.0	6.1	--	--	--

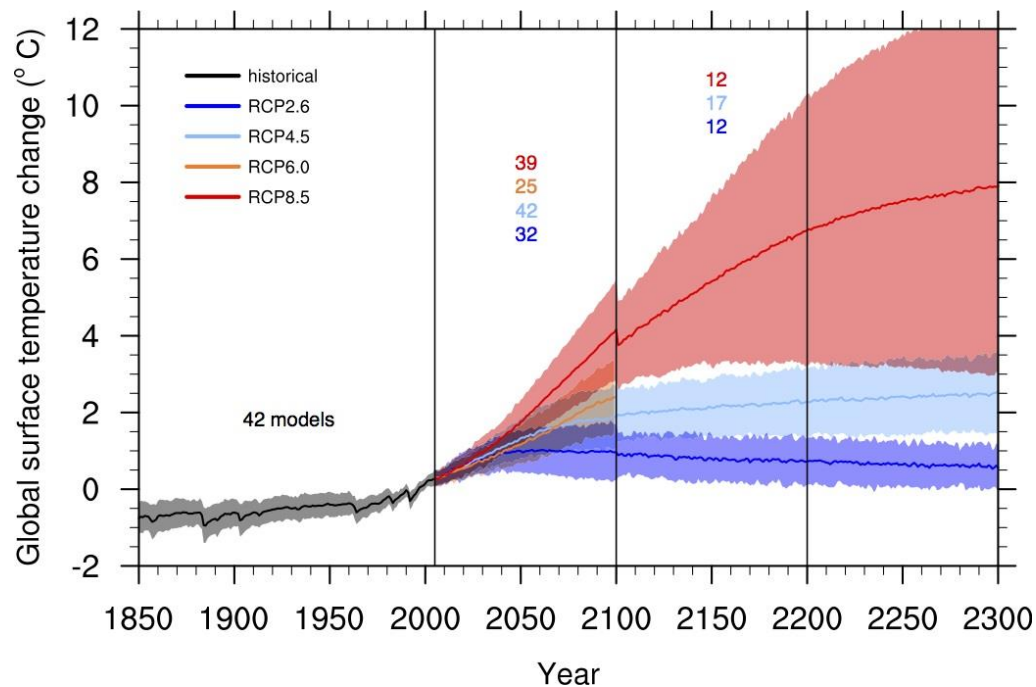
AR 5 prognozės skirstomos į trumpalaikę „*near-term*“ (iki 2035 metų) ir ilgalaikę „*long-term*“ (iki amžiaus pabaigos).

Sudarant trumpalaikės prognozes ypač svarbu tiksliai įvertinti pradinės sąlygas (*initial conditions*) bei jų natūralius svyravimus (sezoninius, metinius ar daugiamečius), tuo tarpu ilgalaikėse prognozėse lemiamą įtaką įgauna išorinis poveikis (toks kaip šiltnamio dujų poveikis), o pradinės sąlygos ne tokios svarbios.





AR 5 globalios oro temperatūros kaitos prognozės pagal skirtingus scenarijus



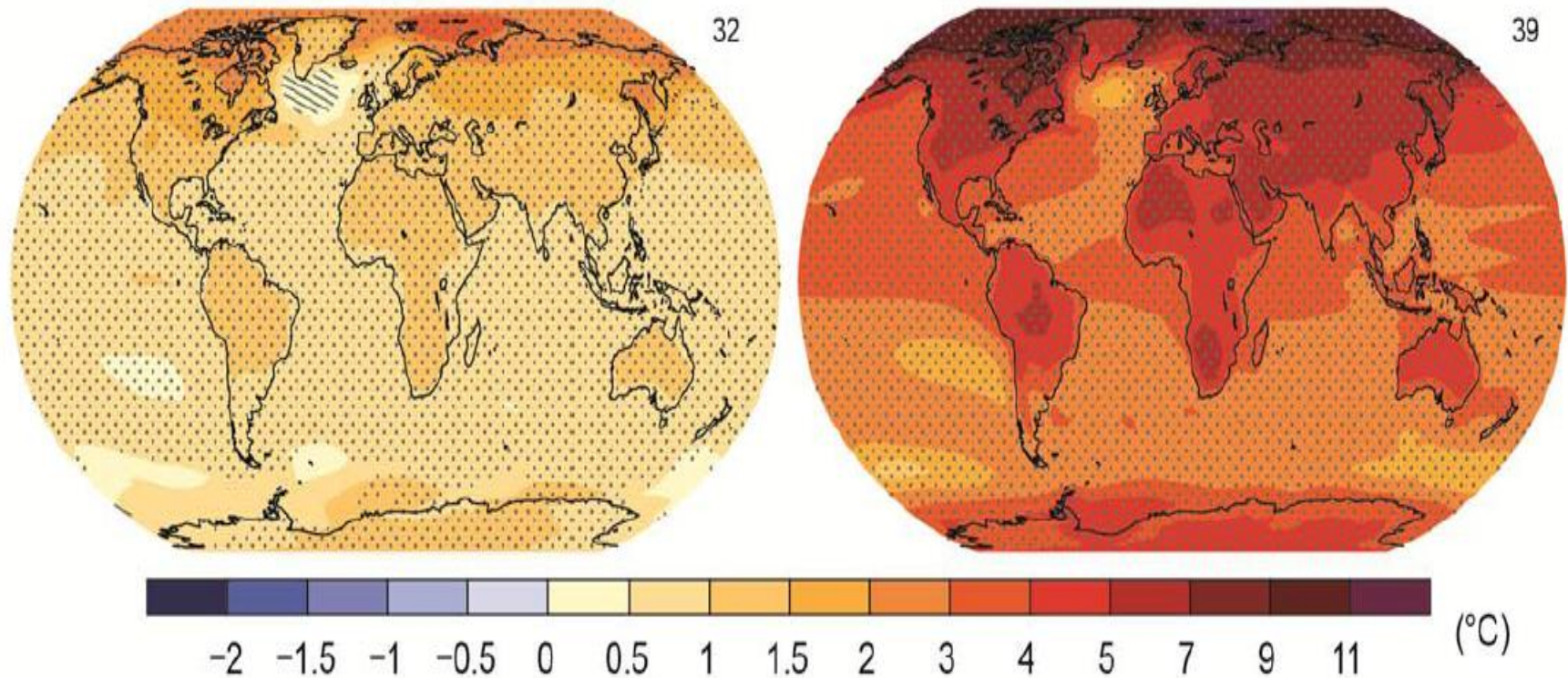
Ilgalaikė (skaičiai rodo panaudotų modelių skaičių)

RCP 2.6

RCP 8.5

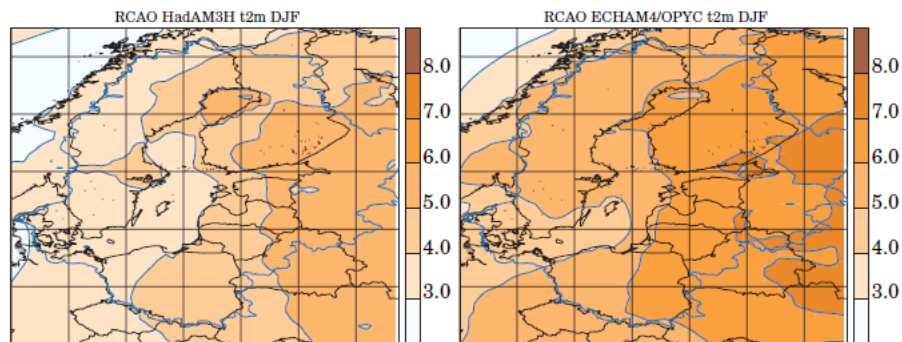
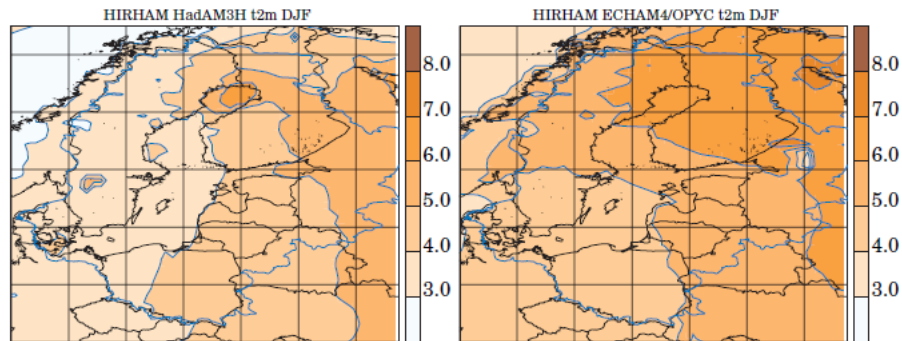
(a)

Change in average surface temperature (1986–2005 to 2081–2100)



Vidutinė metinės temperatūros (°C) kaita XXI amžiuje

<https://www.youtube.com/watch?v=d-nI8MByIL8>



Žiema

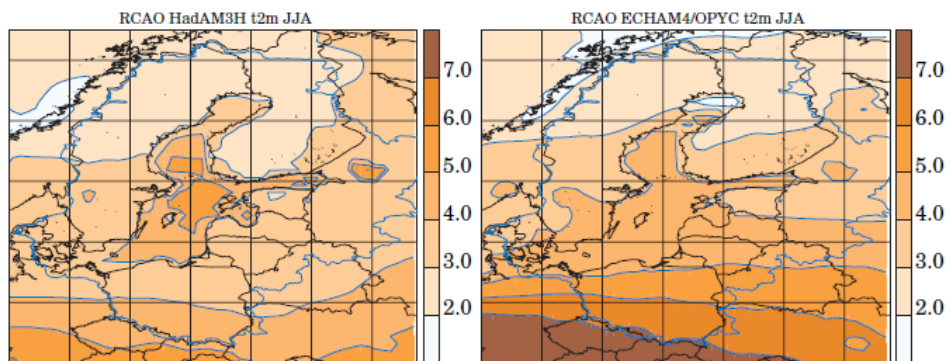
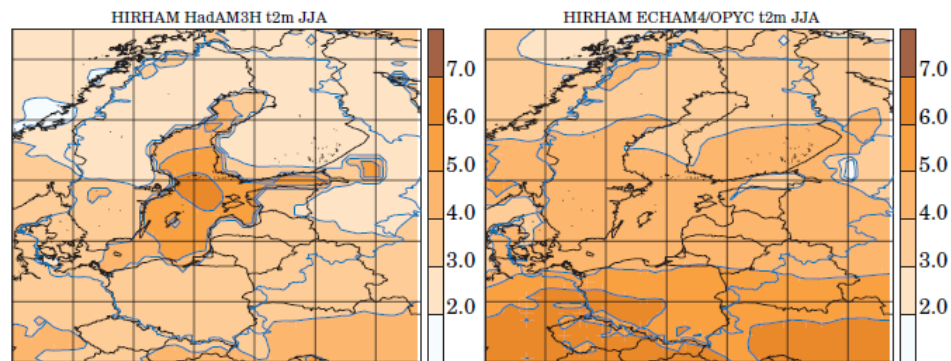
A2 emisiju scenarijus

Du globalūs modeliai: HadAM3,
ECHAM4/OPYC3

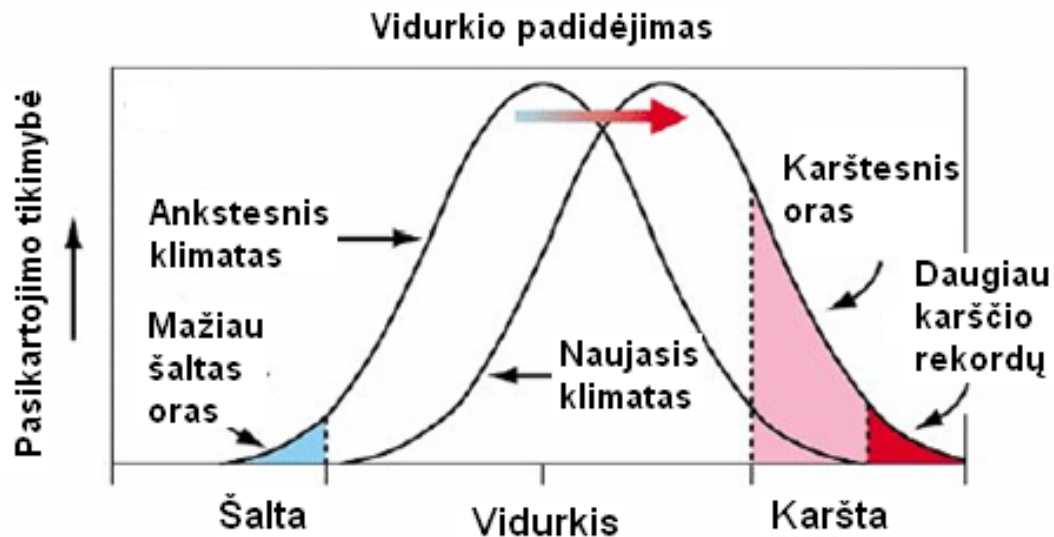
Du regioniniai modeliai: HIRHAM ir
RCAO

Oro temperatūros kaitos
prognozės
Baltijos jūros regionui XXI
amžiui

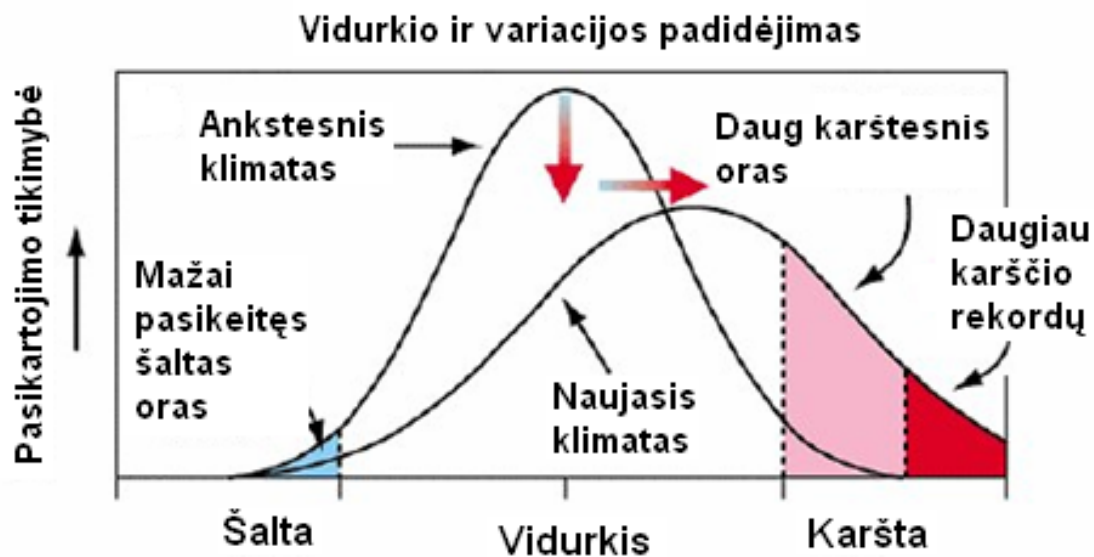
Vasara

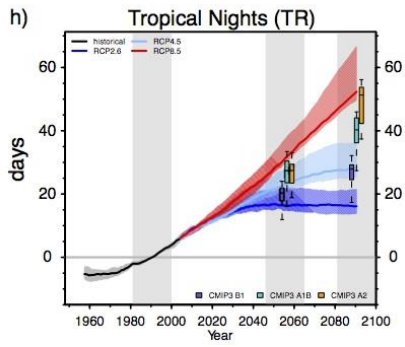
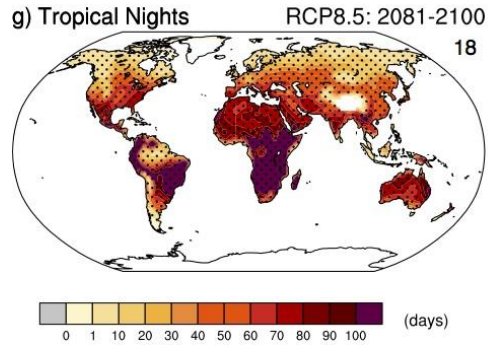
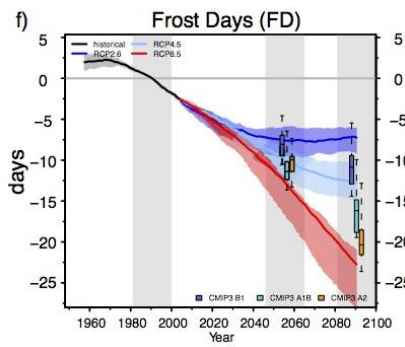
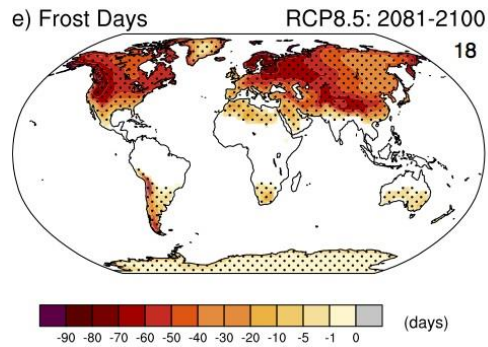
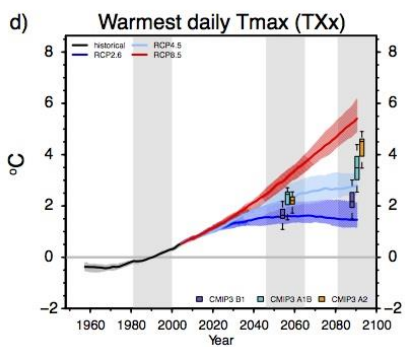
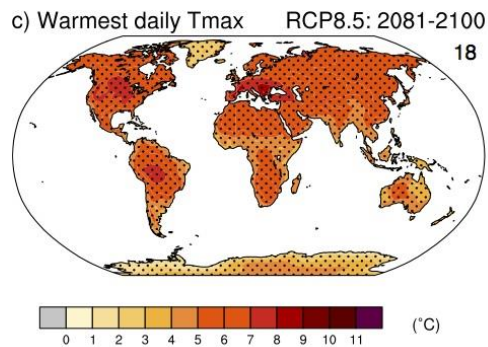
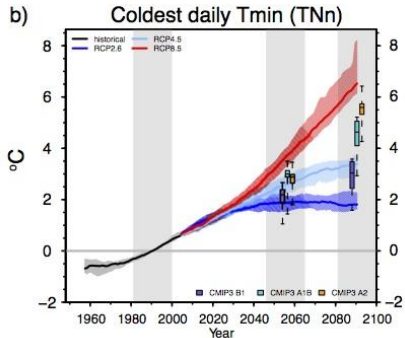
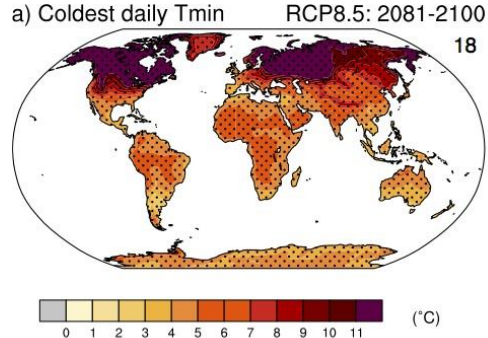


Ekstremalumo pokyčiai



Oro temperatūra



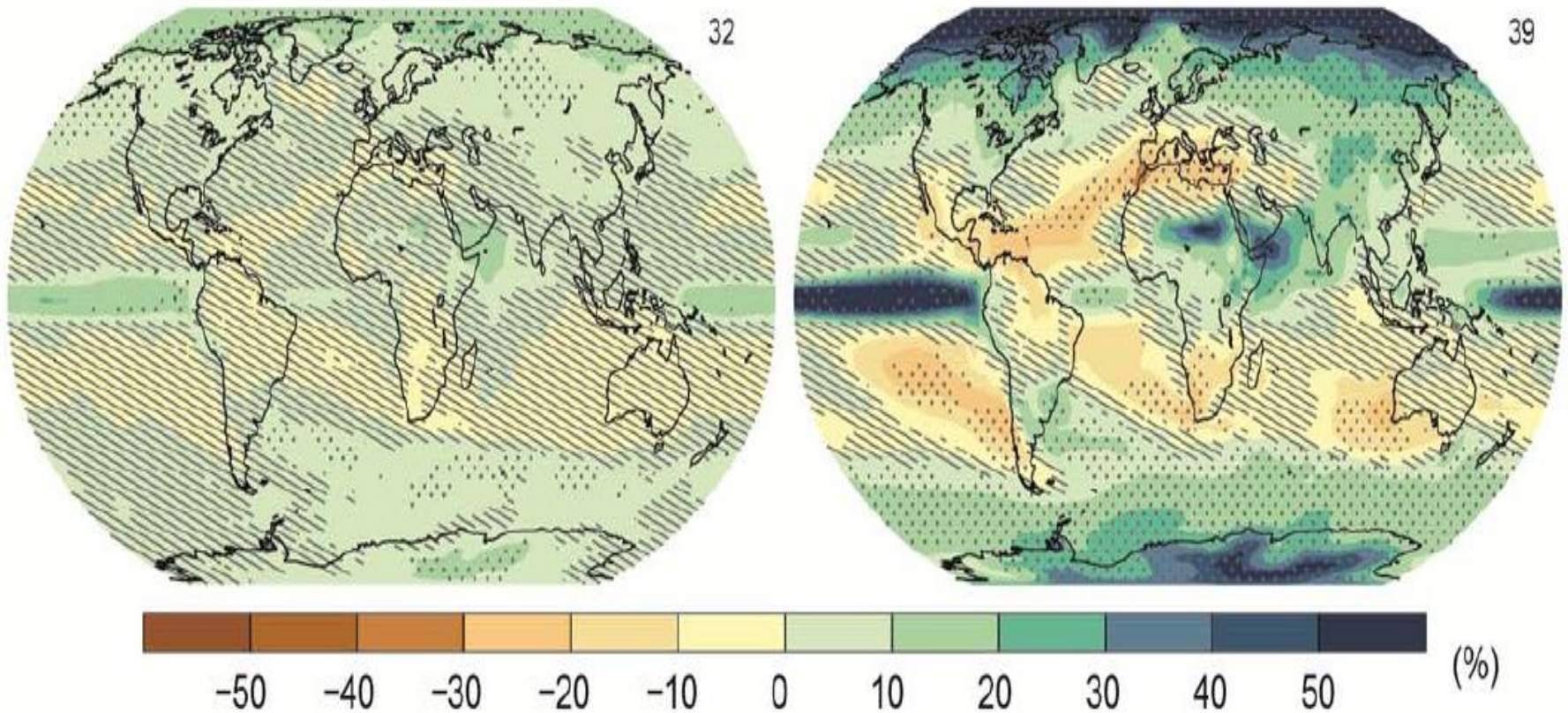


Numatoma, jog karščio ekstremumų skaičius, trukmė bei dydis auga, tačiau šalčio ekstremumų tikimybė vis dar išliks gan aukšta.

RCP2.6

RCP8,5

Change in average precipitation (1986–2005 to 2081–2100)



Pagal AR5 numatoma kritulių kiekio kaita

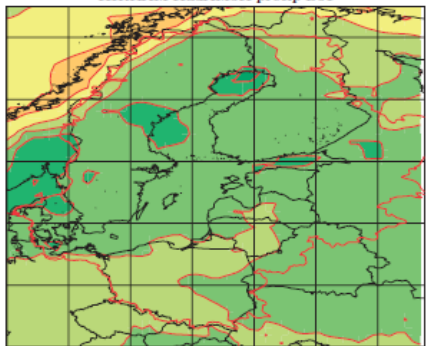
Kritulių kiekio kaitos (%) prognozės Baltijos jūros regione XXI amžiui

A2 emisijų scenarijus

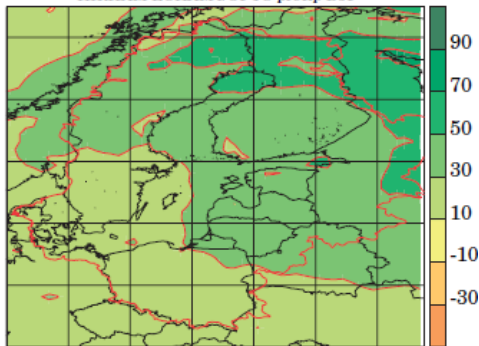
Žiema

Vasara

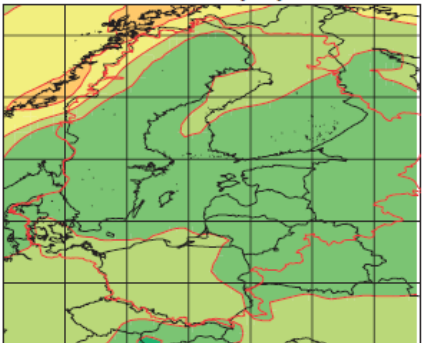
HIRHAM HadAM3H precip DJF



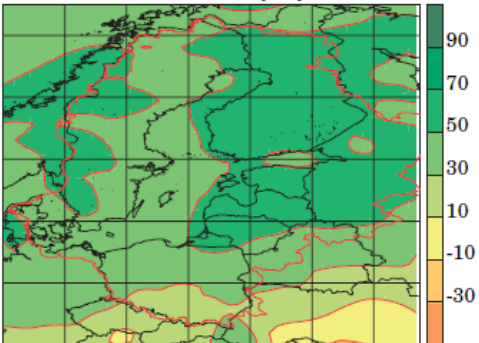
HIRHAM ECHAM4/OPYC precip DJF



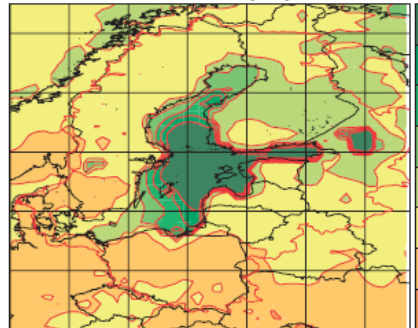
RCAO HadAM3H precip DJF



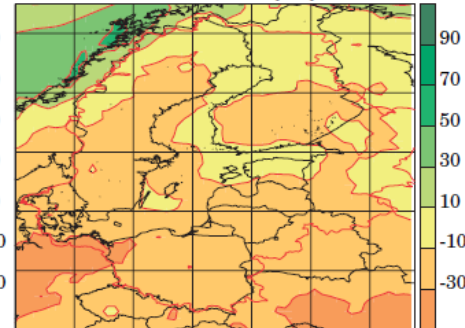
RCAO ECHAM4/OPYC precip DJF



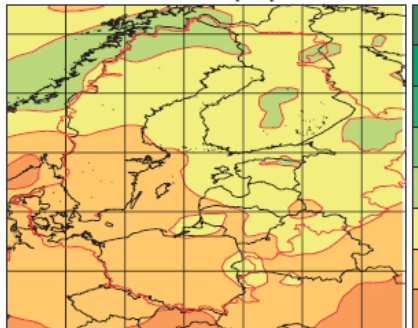
HIRHAM HadAM3H precip JJA



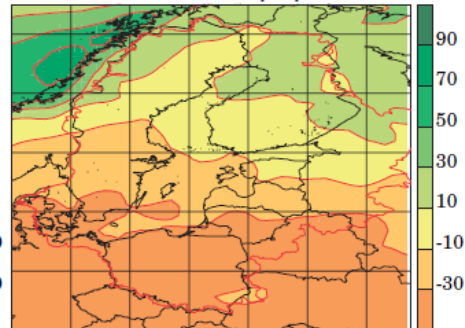
HIRHAM ECHAM4/OPYC precip JJA



RCAO HadAM3H precip JJA



RCAO ECHAM4/OPYC precip JJA



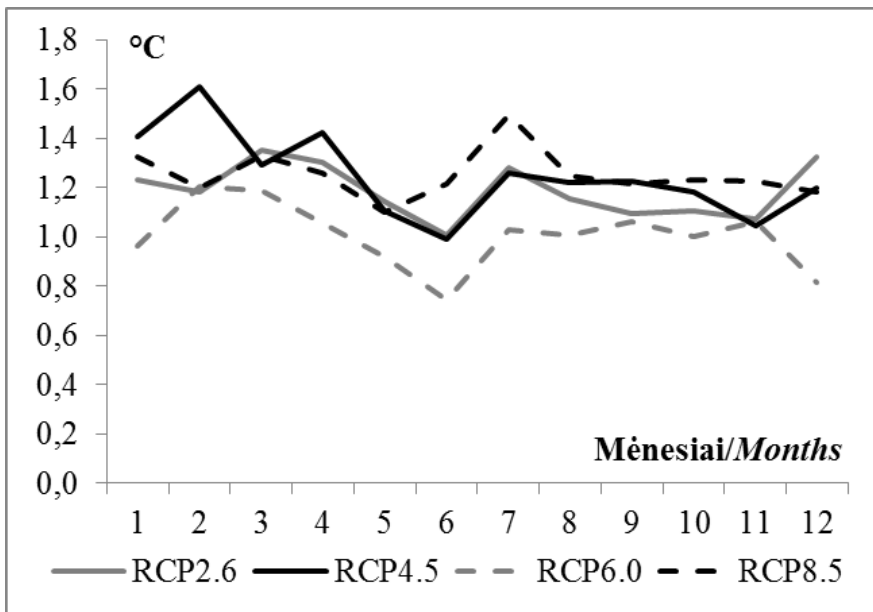
Svarbiausi numatomi atmosferos ir okeano cirkuliacijos kaitos bruožai

- Labai tikėtina, jog termohalininės cirkuliacijos greitis Šiaurės Atlante sulėtės XXI amžiuje (20 RCP4.5 - 44% RCP8.5). Nepaisant to, dėl kitų poveikių oro temperatūra Šiaurės Atlante bei Europoje augs. Visiškas termohalininės cirkuliacijos nutrūkimas yra labai mažai tikėtinas.
- Tikėtina, jog maksimalus vėjo greitis bei kritulių kiekis tropiniuose ciklonuose augs. Tačiau numatoma, jog bendras tropinių ciklonų skaičius gali mažėti arba išliks nepakitęs.
- Tikėtina, jog audrų vidutinėse abiejų pusrutulių platumose mažės.
- XXI amžiuje galimi ENSO pasikeitimai yra neaiškūs ir skirtinguose modeliuose labai skiriasi.

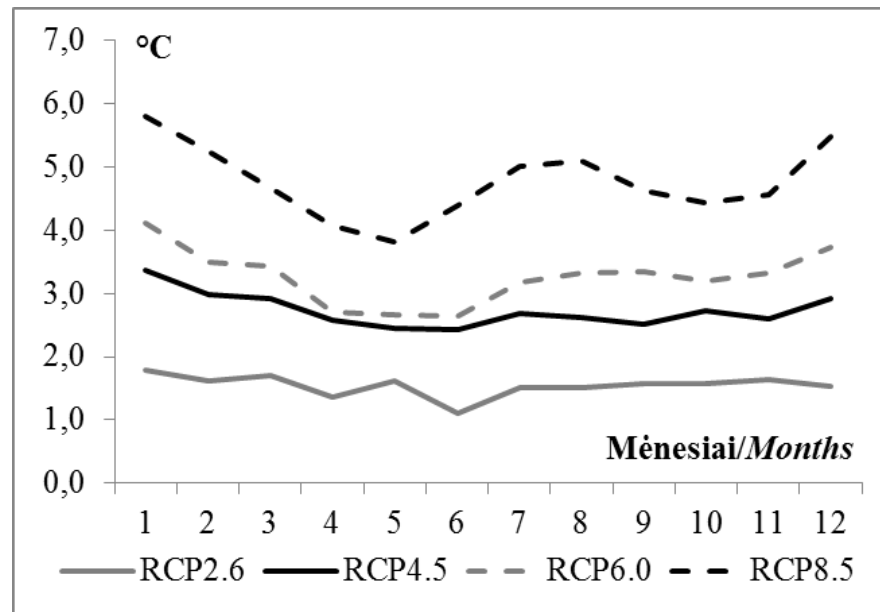


Lietuvos klimato prognozės

A

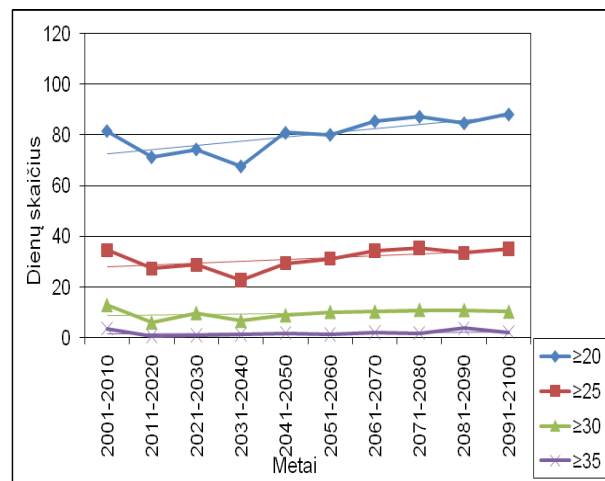
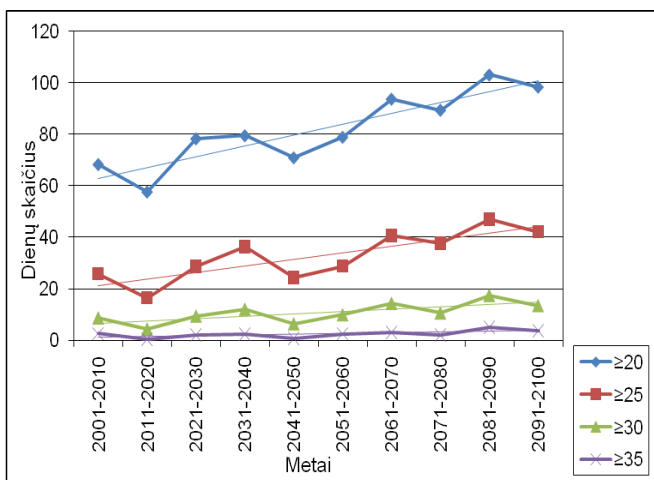


B

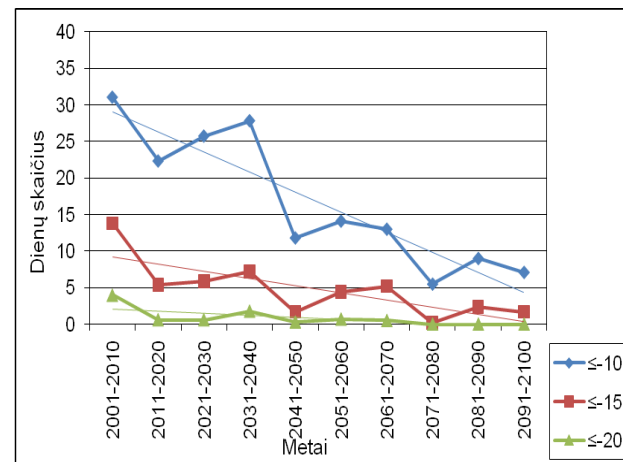
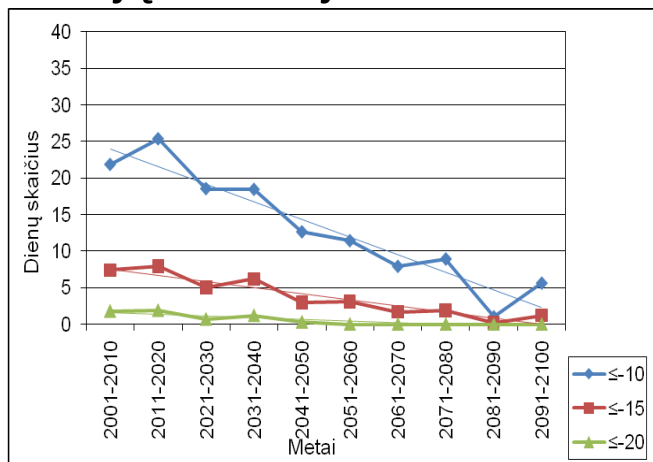


Numatomi oro temperatūros pokyčiai Lietuvoje iki 2035 m. (A) ir iki 2100 m. (B) remiantis RCP scenarijais.

Ekstremalios temperatūros pagal CCLM modelį (Margelytė, 2011)

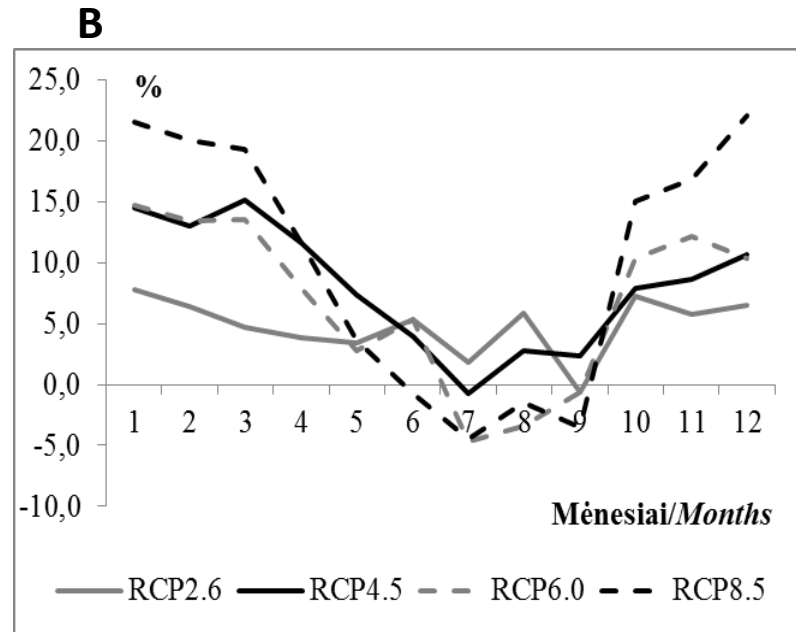
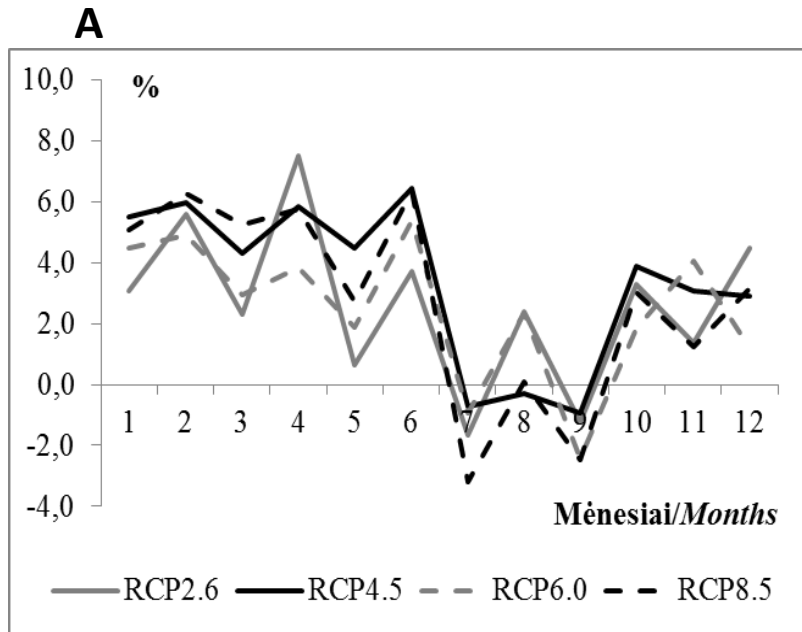


Dienų skaičius per metus su skirtinga šiltojo sezono maksimalia oro temperatūra 2001-2100 m. laikotarpiu Vilniuje remiantis A1B (kairėje) ir B1 (dešinėje) šiltnamio dujų emisijų scenarijais

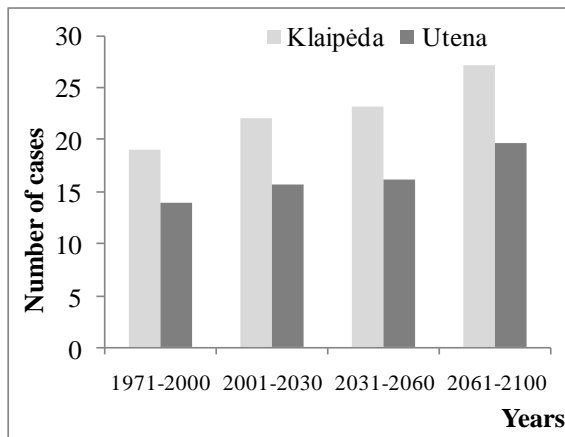


Dienų skaičius per metus su skirtinga šalčio sezono minimalia oro temperatūra 2001-2100 m. laikotarpiu Vilniuje remiantis A1B (kairėje) ir B1 (dešinėje) šiltnamio dujų emisijų scenarijais

Krituliai



Numatomi oro temperatūros pokyčiai Lietuvoje iki 2035 m. (A) ir iki 2100 m. (B) remiantis RCP scenarijais.



Atvejų skaičius, kai vienos dienos kritulių suma viršija 10 mm prognozė

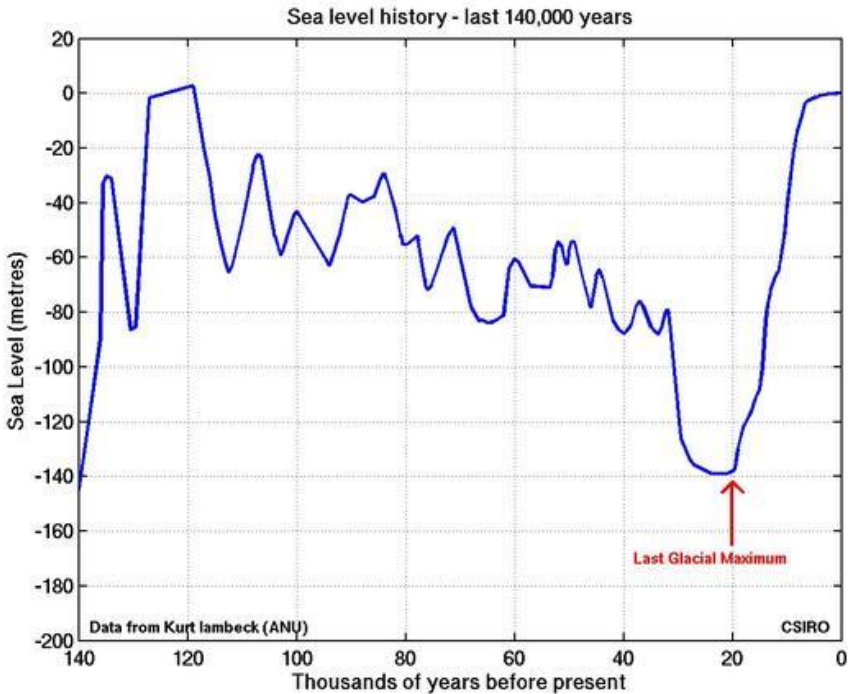


Hidrosferos pokyčiai matavimų laikotarpiu

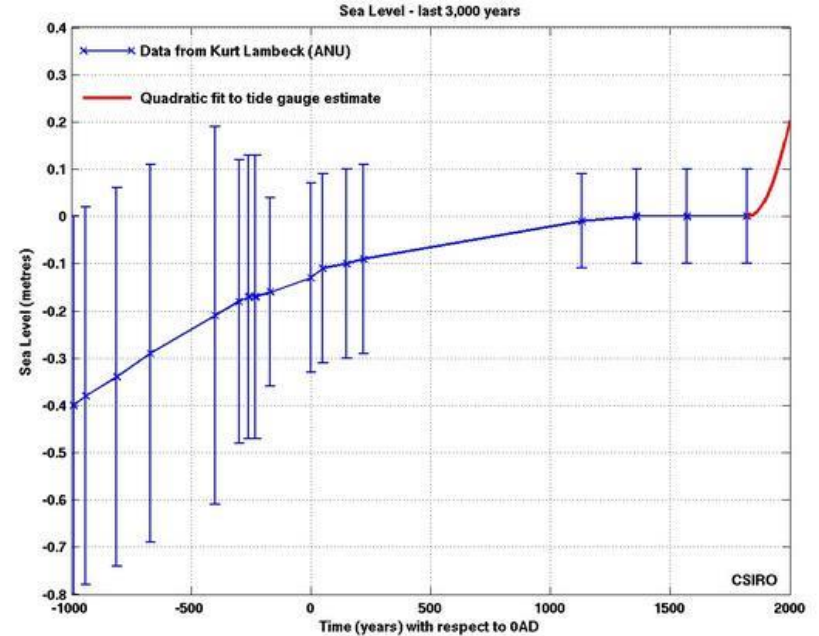


Pasaulinio vandenyno lygio kaita

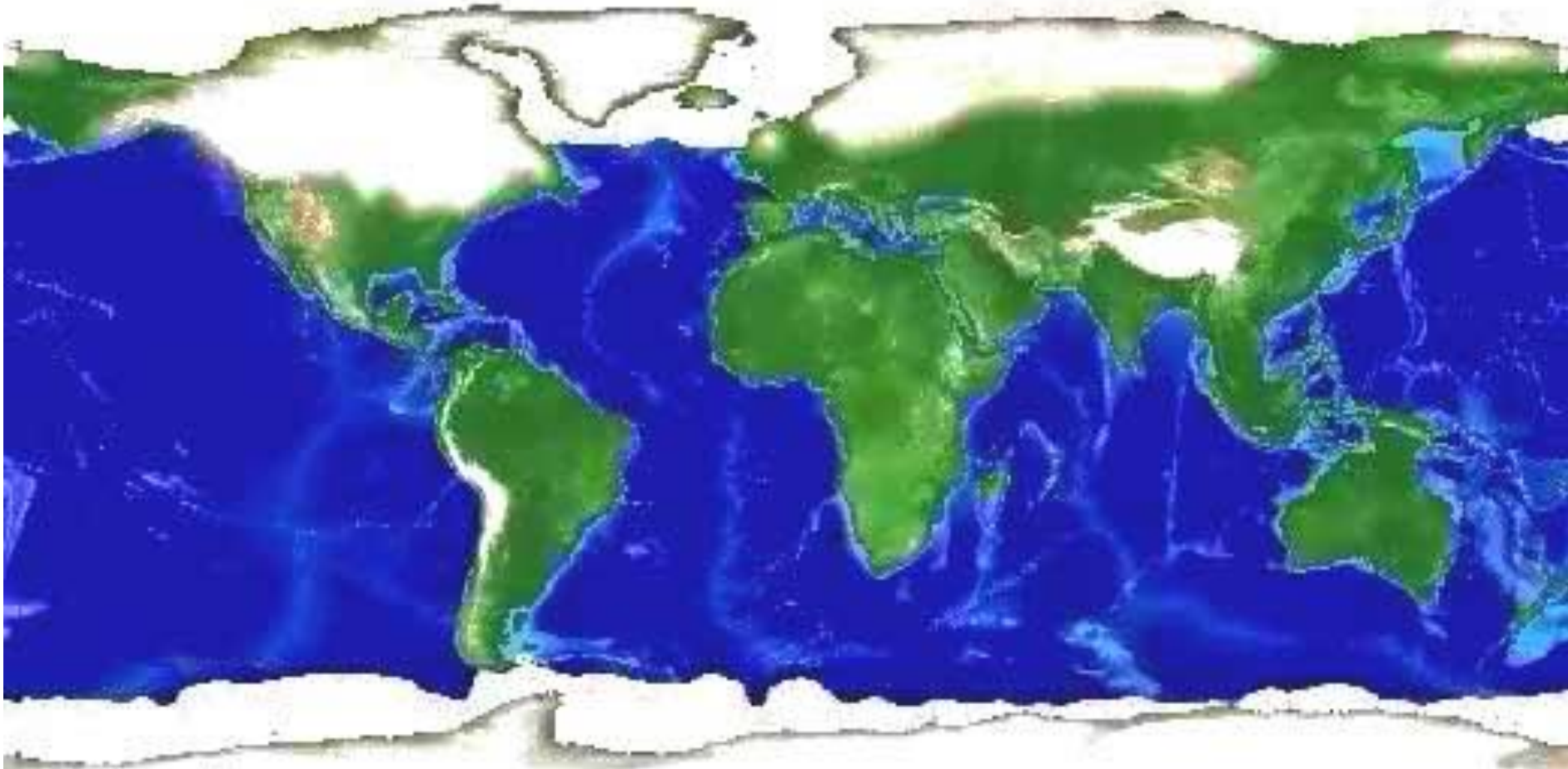
- Per paskutinius 140 000 metų jūros lygis svyravo 120 metrų diapazone. Jūros lygis išaugo 120 metrų nuo paskutinio ledynmečio pabaigos.
- Jūros lygis stabilizavosi per kelis pastaruosius tūkstantmečius.
- Jūros lygis vėl pradėjo augti XIX amžiuje, o XX amžiuje augimo tempas padidėjo.
- Remiantis palydovine informacija nuo XX amžiaus paskutinio dešimtmečio pradžios vandens lygis auga apie 3 mm/per metus.



Pasaulinio vandenyno lygio kaita per 140000 metų

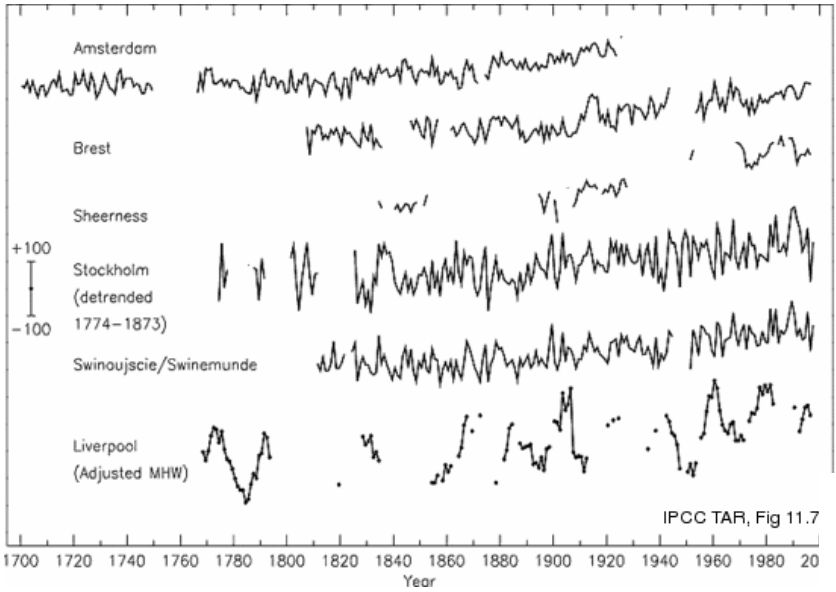


Pasaulinio vandenyno lygio kaita per 3000 metų

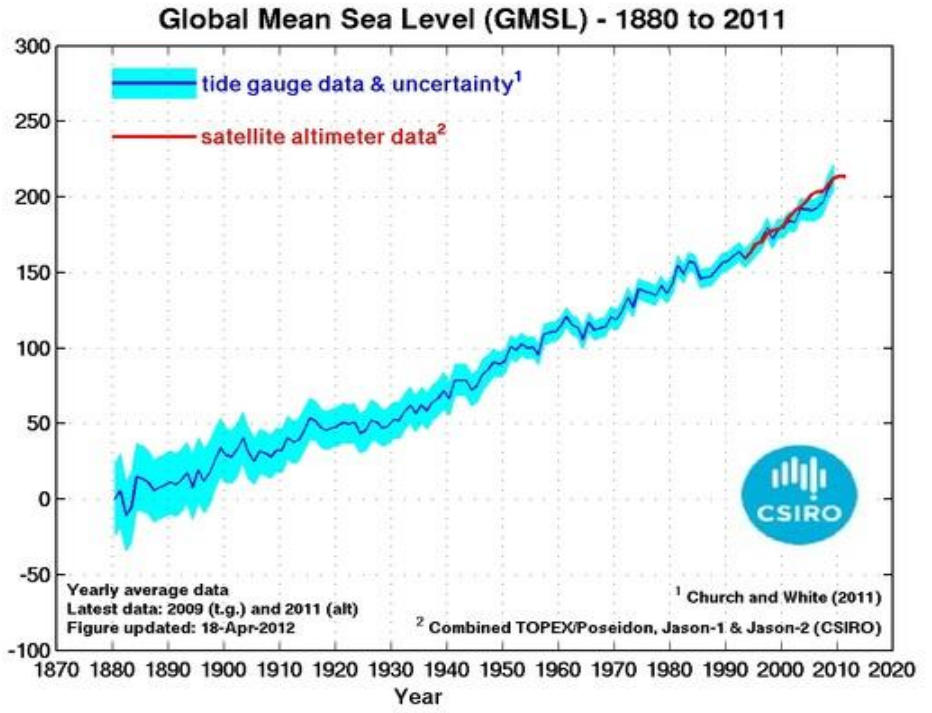


Rice University

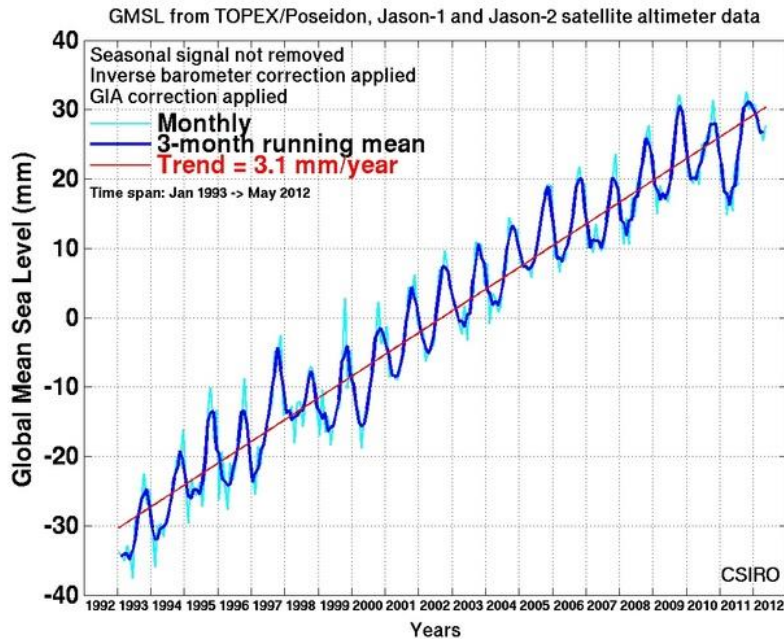
Maksimalus ledo dangos išplitimas paskutinio ledynmečio Šiaurės pusrutulyje metu



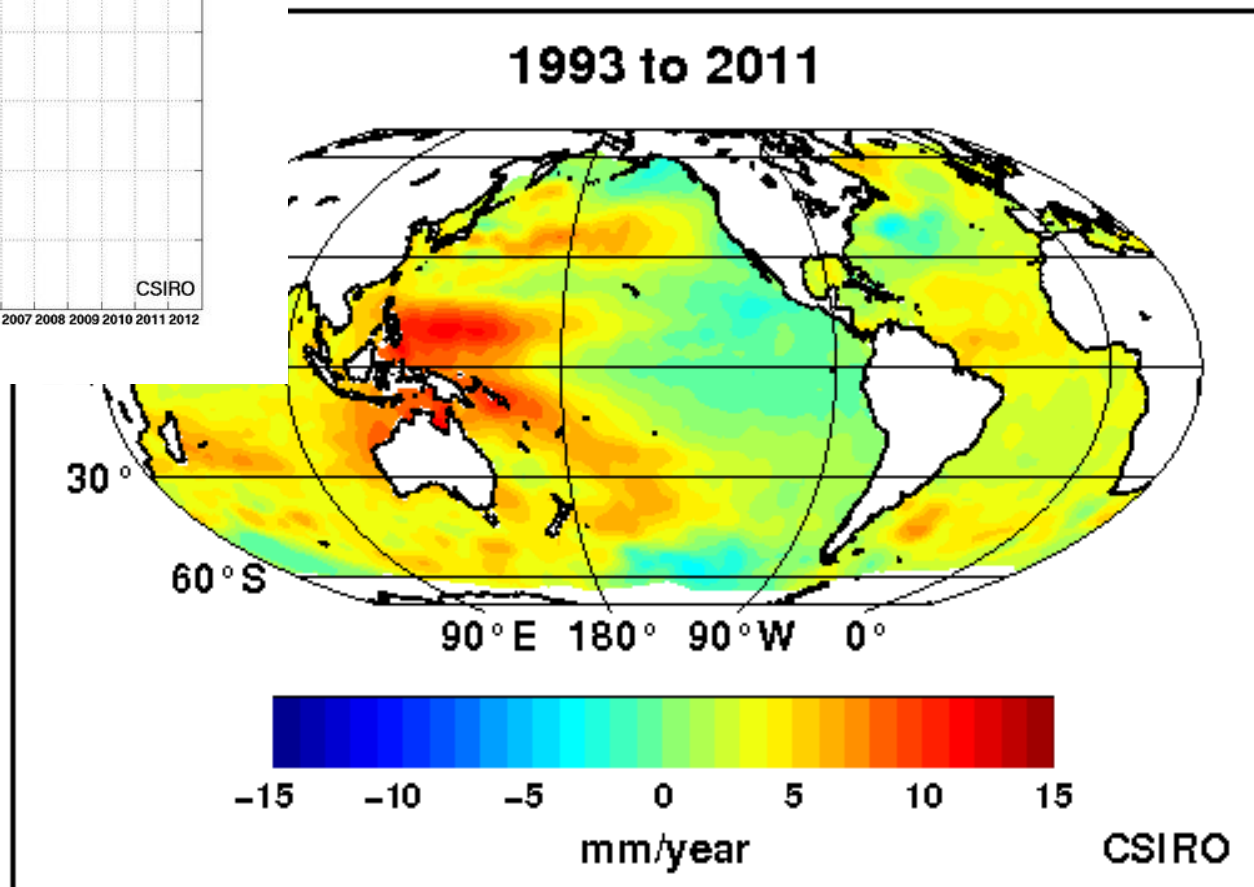
GMSL (mm)



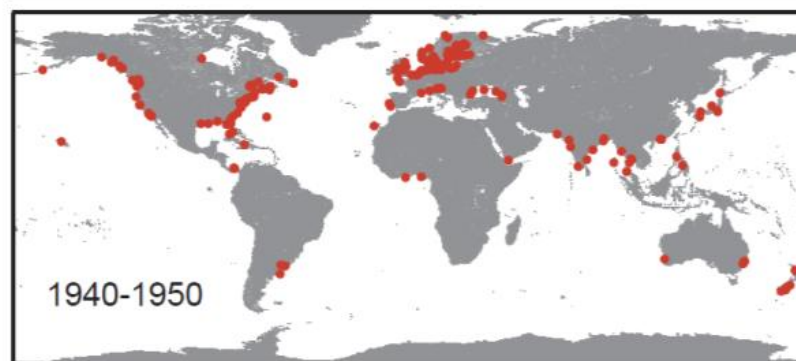
XX amžiuje jūros lygis vidutiniškai kilo 1,7 mm/metus (pokytis statistiškai reikšmingas). O 1901-2010 metais išaugo 19 cm.



XX amžiaus pabaigoje jūros lygio kilimas sustiprėjo. 1993-2012 metais pokytis siekė 3,1 mm/metus.



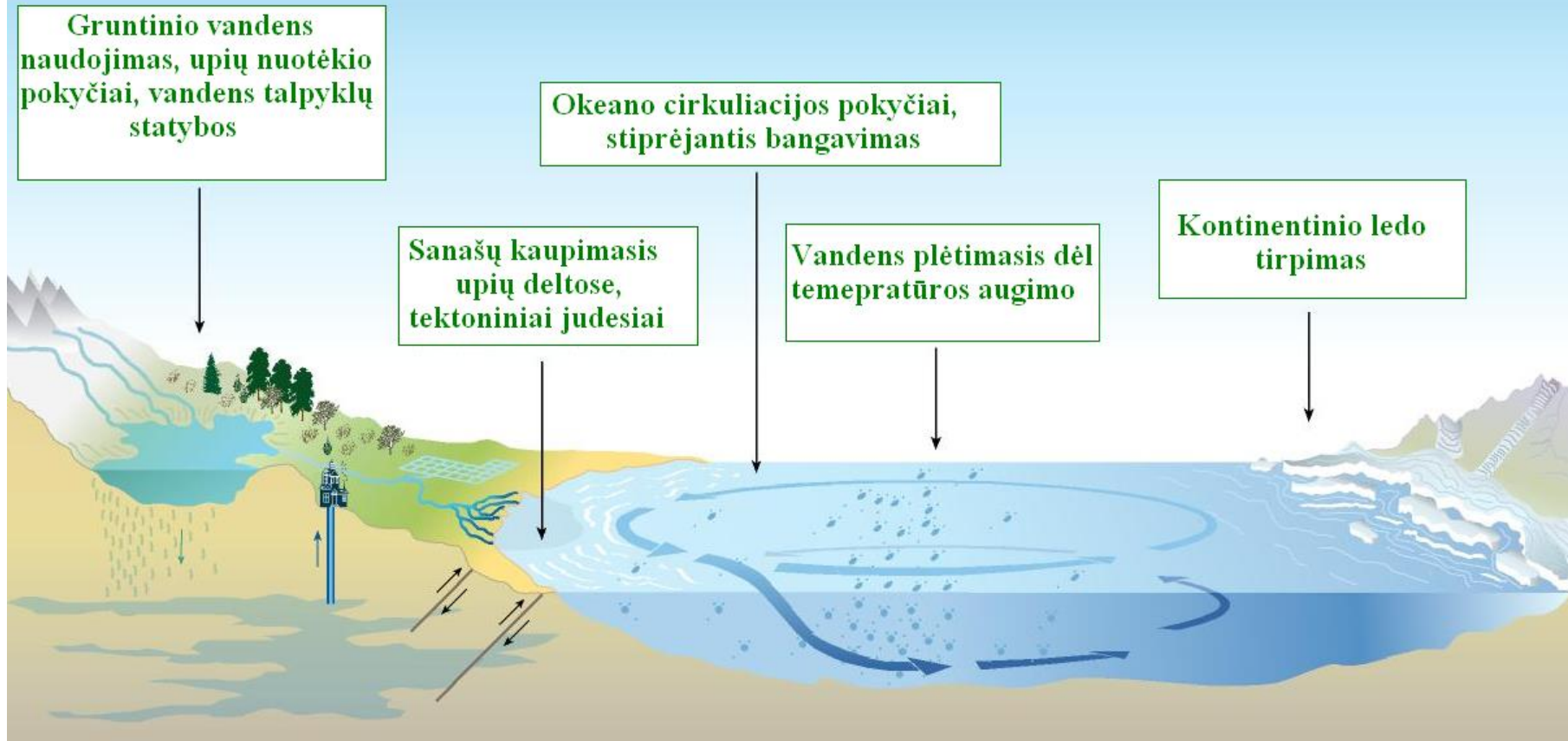
Jūros žemės rutulyje lygis kinta nevienodai. Priklauso nuo temperatūros kaitos bei vėjų režimo



Jūros lygio matavimo postų skaičiaus kaita pagal AR5

Ilgalaikių svyravimų priežastys

Kodėl keičiasi pasaulinio vandenyno lygis



Trumpalaikiai jūros lygio svyravimų priežastys

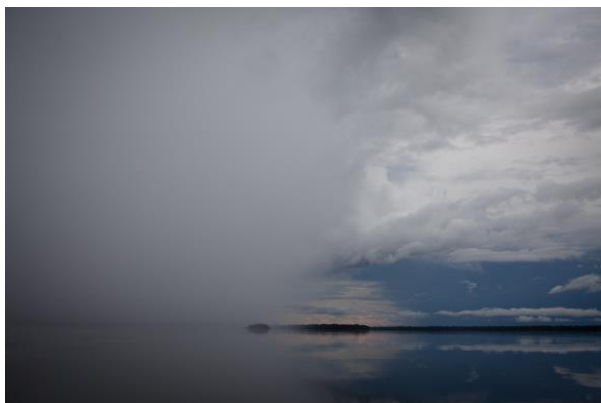
Potvyniai ir atoslūgiai



Vėjo (audrų) patvankos



Krituliai ir garavimas



Seišos

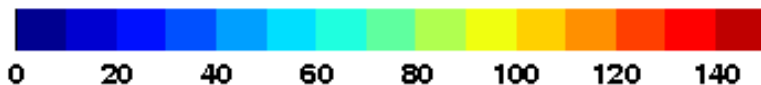
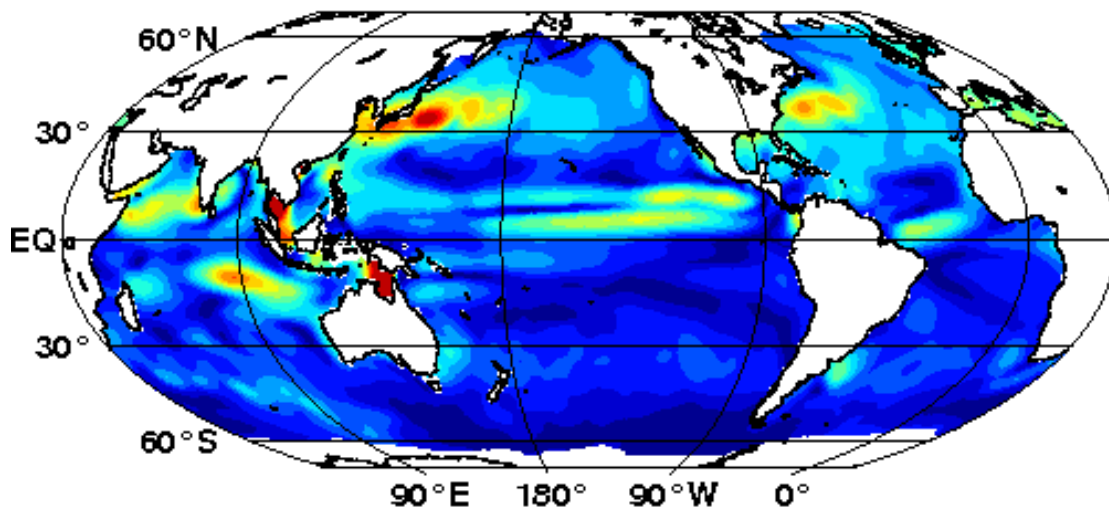


Cunamis



Sezoninių jūros lygio svyravimų priežastys

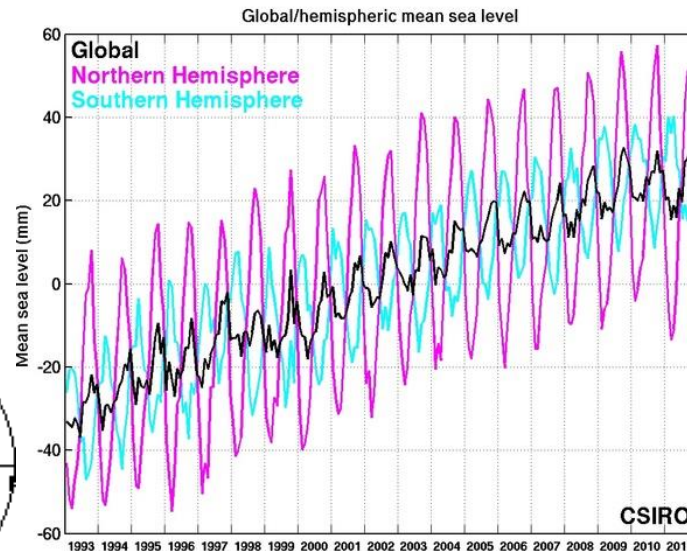
Amplitude of the annual signal



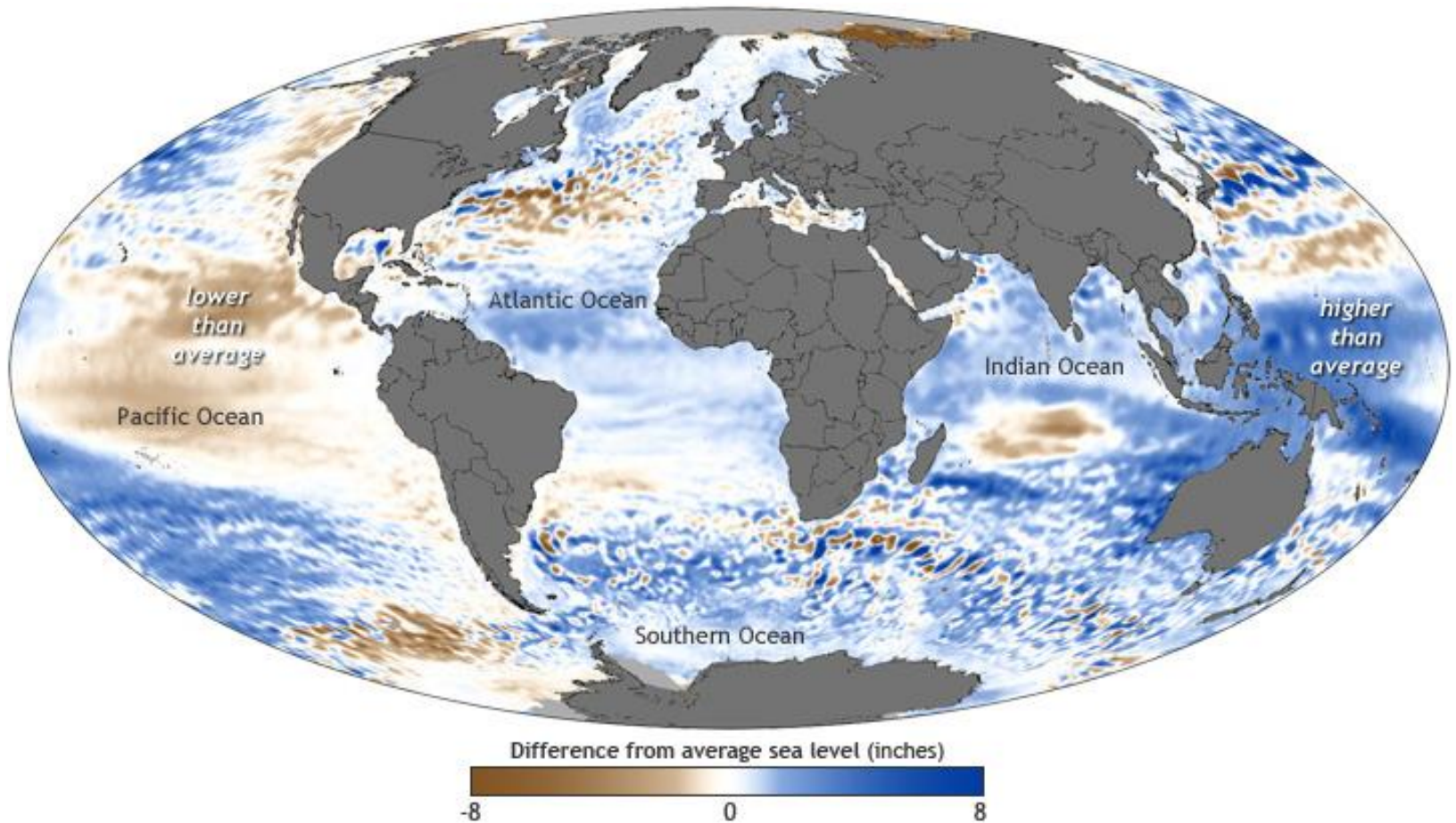
millimetres

CSIRO

Vidutinė metinė vandens lygio svyravimo amplitudė



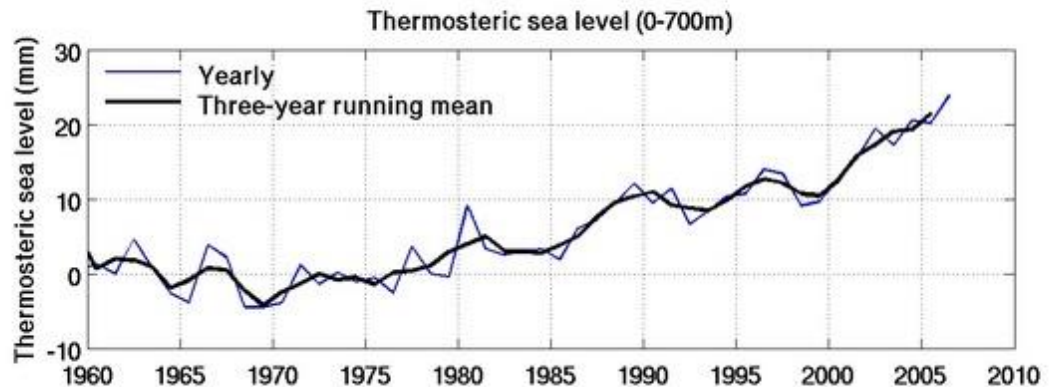
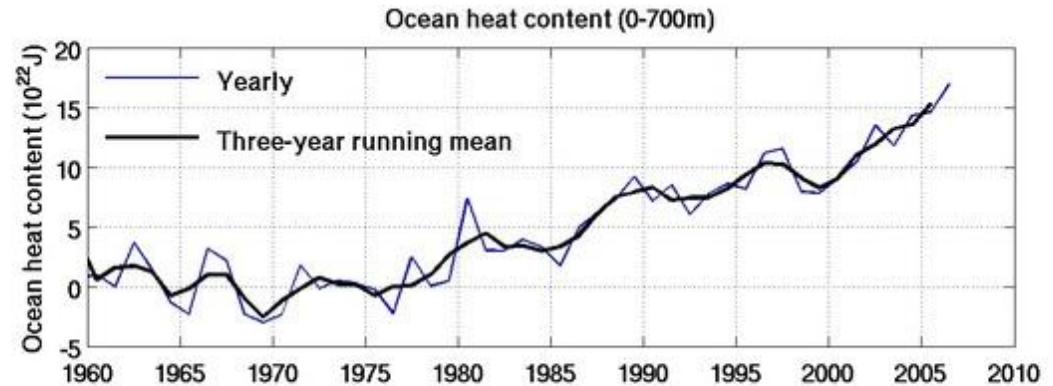
Jūros lygis ne visur yra vienodas. Paveiksle vidutinis jūros lygis 2011 metais.



Ilgalaikiai pokyčiai

Terminis plėtimasis

Šildamas vanduo plečiasi.

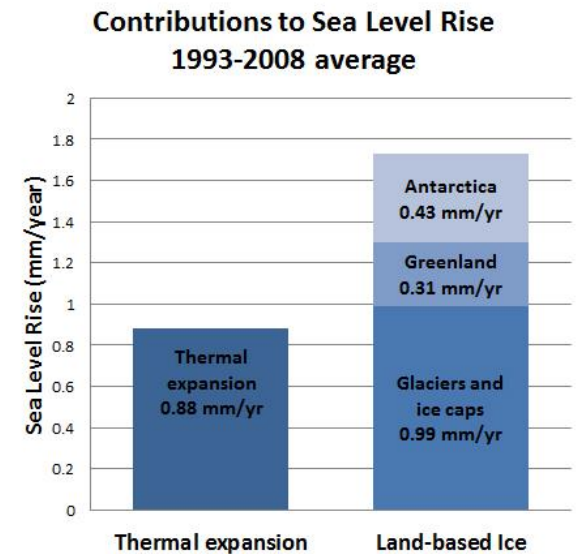


Šilumos atsargų kaita viršutiniame 700 metrų vandenyno sluoksnyje bei nuo to priklausanti jūros lygio kaita (Domingues et al., 2008).

Įvairiais skaičiavimai terminis plėtimasis gali paaiškinti nuo ketvirčio iki daugiau nei pusės viso stebėta globalaus jūros lygio kilimo.

Vandens masė pokyčiai dėl ledo skydų, ledynų bei ledo kepurių kaitos

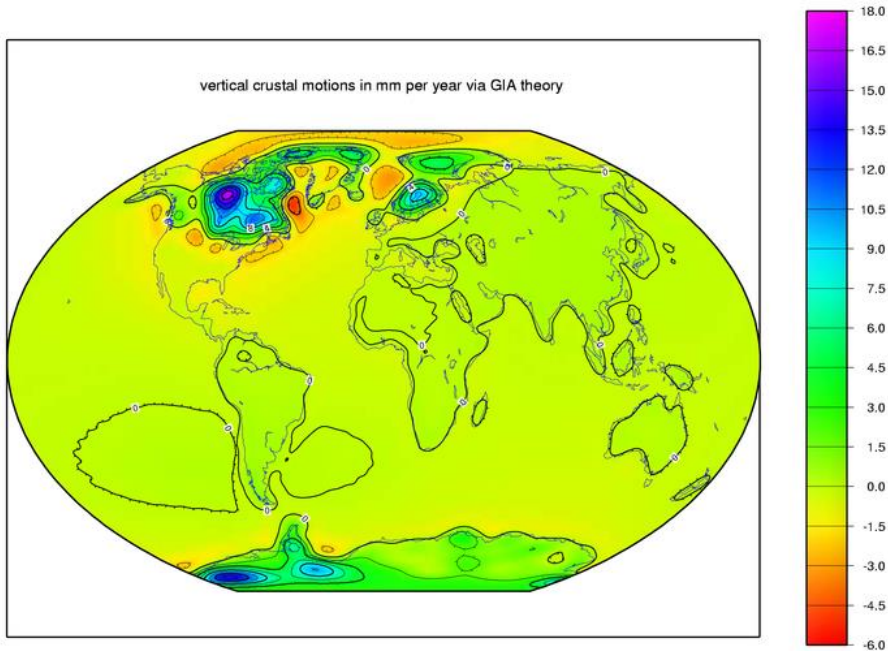
Indėlis į jūros lygio augimą 1993-2008 metais (Church et al., 2011)



Atskirų komponentų indėlis į jūros lygio augimą pagal AR5

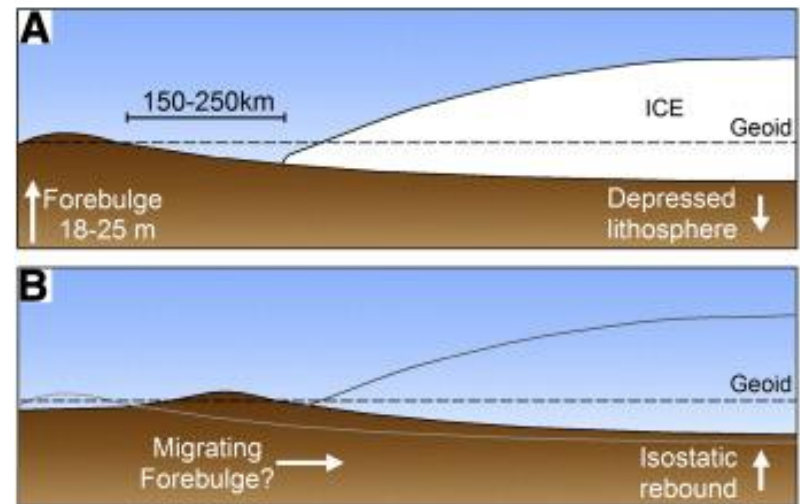
Source	1901–1990	1971–2010	1993–2010
Observed contributions to GMSLR			
Thermal expansion		0.8 [0.5 to 1.1]	1.1 [0.8 to 1.4]
Glaciers except in Greenland and Antarctica	0.54 [0.48 to 0.61]	0.62 [0.25 to 1.00]	0.76 [0.39 to 1.13]
Glaciers in Greenland ^a	0.15 [0.10 to 0.19]	0.06 [0.03 to 0.09]	0.10 [0.07 to 0.13]
Greenland ice sheet			0.33 [0.25 to 0.41]
Antarctic ice sheet			0.27 [0.16 to 0.38]
Land water storage	-0.11 [-0.16 to -0.06]	0.12 [0.03 to 0.22]	0.38 [0.26 to 0.49]
Total of contributions			2.8 [2.3 to 3.4]
Observed GMSLR	1.5 [1.3 to 1.7]	2.0 [1.7 to 2.3]	3.2 [2.8 to 3.6]
Modelled contributions to GMSLR			
Thermal expansion	0.37 [0.06 to 0.67]	0.96 [0.51 to 1.41]	1.49 [0.97 to 2.02]
Glaciers except in Greenland and Antarctica	0.63 [0.37 to 0.89]	0.62 [0.41 to 0.84]	0.78 [0.43 to 1.13]
Glaciers in Greenland	0.07 [-0.02 to 0.16]	0.10 [0.05 to 0.15]	0.14 [0.06 to 0.23]
Total including land water storage	1.0 [0.5 to 1.4]	1.8 [1.3 to 2.3]	2.8 [2.1 to 3.5]
Residual^b	0.5 [0.1 to 1.0]	0.2 [-0.4 to 0.8]	0.4 [-0.4 to 1.2]

Tektoniniai judesiai



GM7 2010 Oct 26 18:37:27 deg ord 70 Paulson GIA appx. uplift rates in mm per yr

Izostazinio kilimo greitis



Ar arkties jūros ledo tirpimas veikia pasaulinio vandenyno lygį?



Dažniausiai teigiama.

Tirpstantys jūrų ledai tiesiogiai nelemia pasaulinio vandenyno lygio pokyčių, kadangi toks ledas plūduriuoja vandenyje ir jam ištirpus vandens lygis nepasikeistų.

Gėlo vandens tankis (4 °C) – 1000 kg/m^3
Ledo tankis – $916,7 \text{ kg/m}^3$

Tai ne visa tiesa!

Minėtas teiginys pilnai tinka gėlam vandeniui, tačiau druskingame pasauliniame vandenyne tirpstant ledui nesikeičia tik vandens masė, bet ne tūris!



Gėlo vandens tankis (4 °C) – 1000 kg/m^3
Vidutinis pasaulinio vandenyno vandens tankis – 1026 kg/m^3
Artimo 0 °C vandenyno vandens tankis apie 1028 kg/m^3

Kadangi ledas yra gėlas, o susidaręs vandens tūris yra apie 2,8% didesnis nei vandens tūris kurį išstumia plūduriuojantis ledas.

Ar tai daro įtaką globaliems vandens lygio pokyčiams?

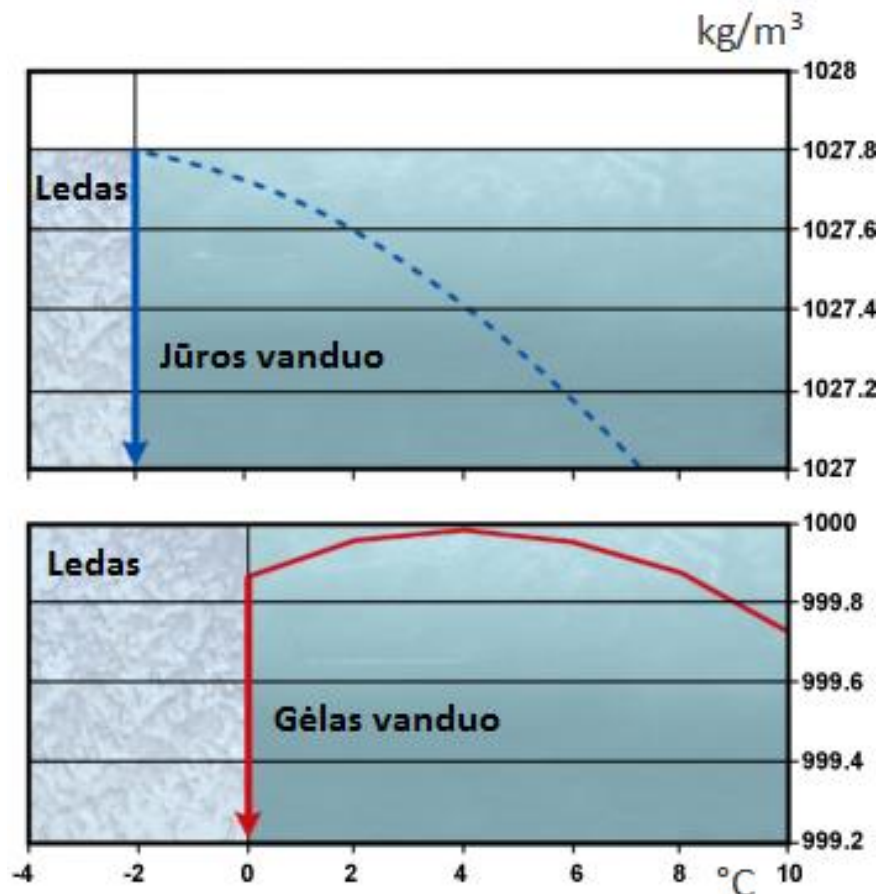
Poveikį mažinantis efektas.

Kadangi jūros ledas pasižymi dideliu albedu (saulės spinduliai jį menkai tirpdo), tai ledo tirpsmui daugiausia naudojama aplinkinio vandens vidinė energija. Vanduo vėsta. Tankis didėja (jūros vandens tankio maksimumas yra ne 4 °C). Vandens lygis mažėja.

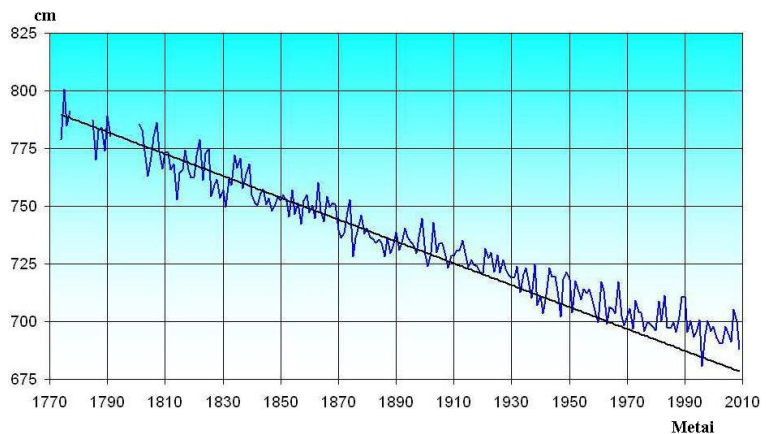
Summa Summarum.

Taigi poveikis egzistuoja tačiau jis labai nedidelis. Didžiosios Britanijos mokslininkų grupė nustatė, jog laikotarpiu nuo 1994 iki 2004 metų jūros ledo tirpimas lėmė vos 1,6% nuo viso (3,1 mm/per metus) jūros lygio kilimo. Taigi apie 0,049mm/per metus (Shepherd et al, 2010).

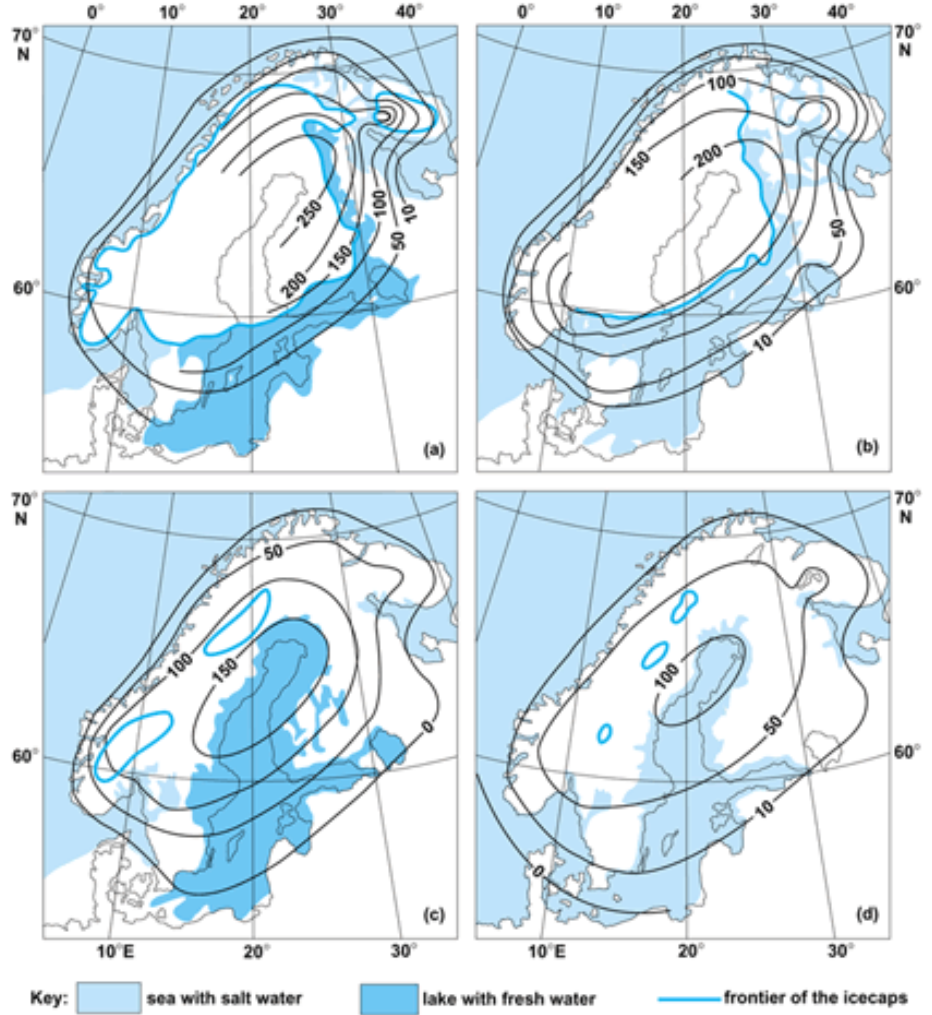
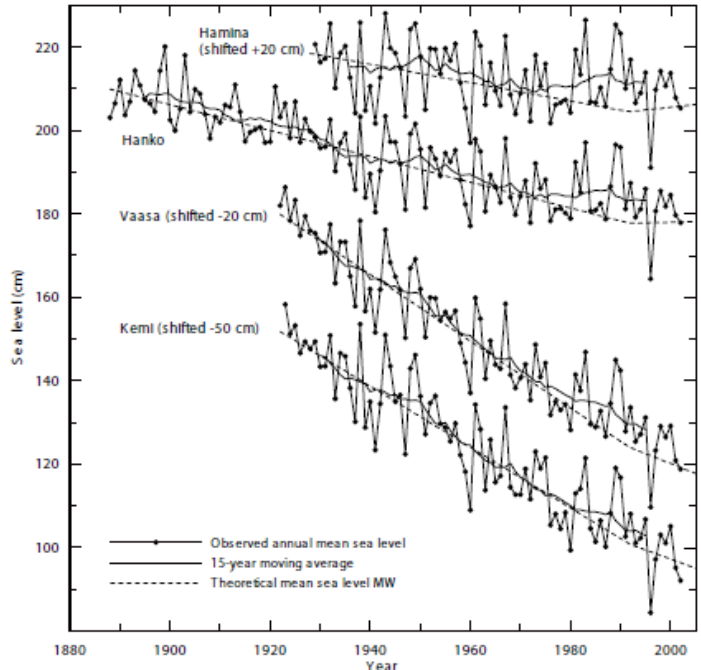
Jūros (druskingumas 35‰) ir gėlo vandens tankio ryšys su



Baltijos jūros lygio kaita



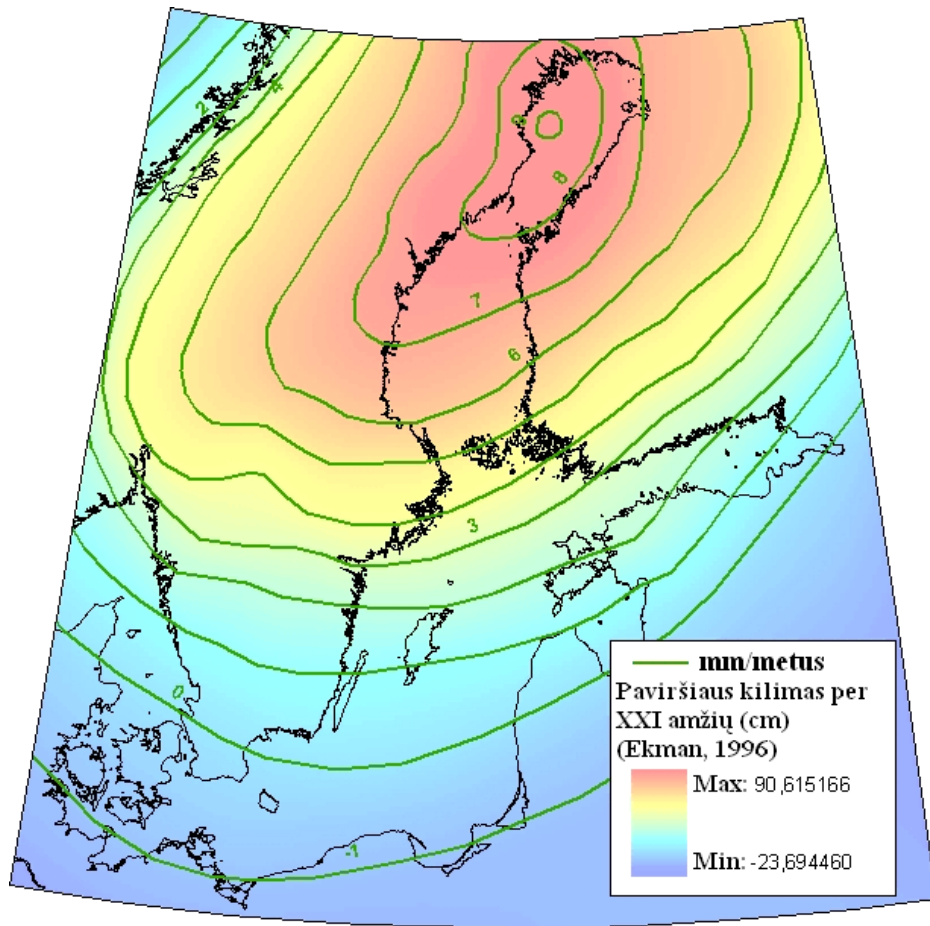
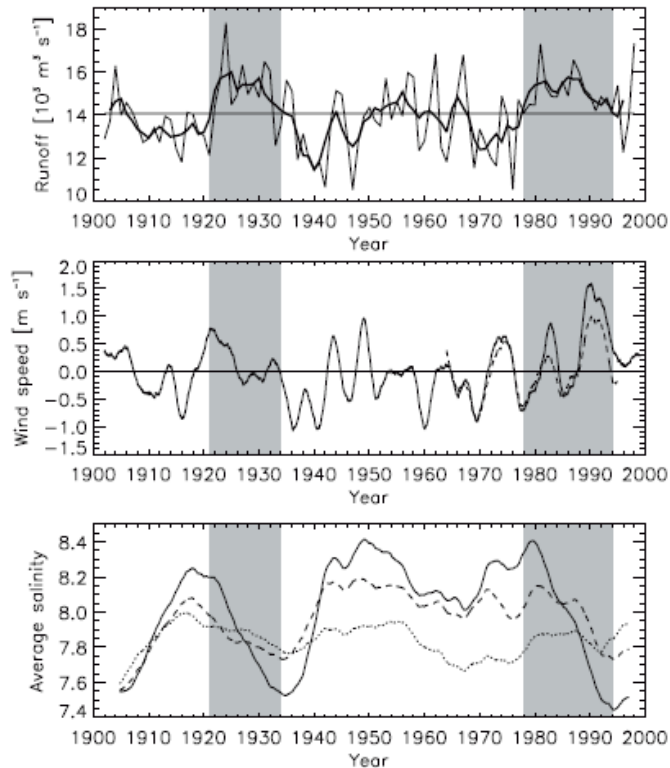
Jūros lygio kaita Stokholme 1770-2009 (Hammarklint, 2009) bei keturiose Suomijos stotyse (Johansson et al. 2004)



Poledynmetinis Baltijos jūros vystymasis:
 (a) Baltijos ledyninis ežeras, 12000–8000 B.C.;
 (b) Joldijos jūra 8000–7250 B.C.;
 (c) Ancyliaus ežeras 7250–2000 B.C.;
 (d) Litorinos jūra 2000–A.D. 500.

Baltijos jūros lygio kitimo priežastys

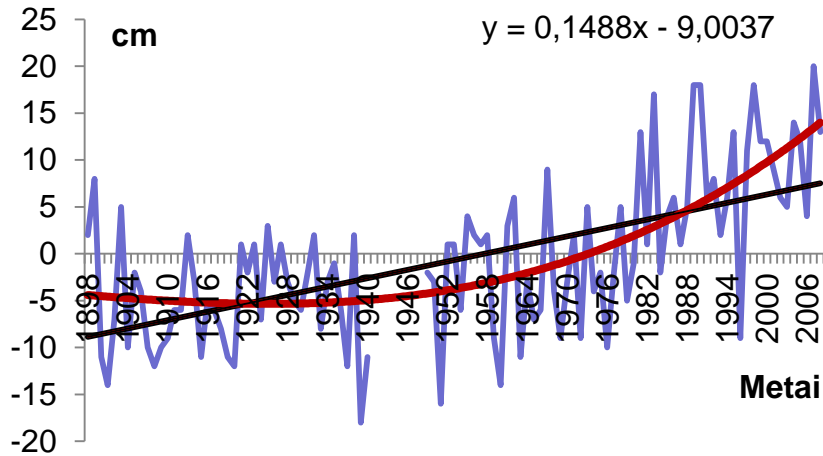
1. Eustatiniai jūros lygio pokyčiai
 - a) Dėl terminio plėtimosi
 - b) Dėl kontinentinių ledynų tūrio keitimosi
 - c) Dėl sausumos nuotėkio svyravimų
2. Tektoniniai judesiai
3. Vėjo greičio ir krypties pokyčiai



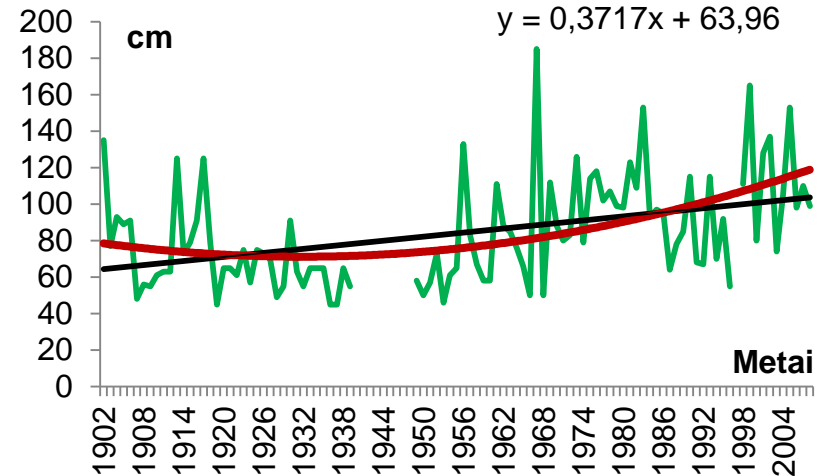
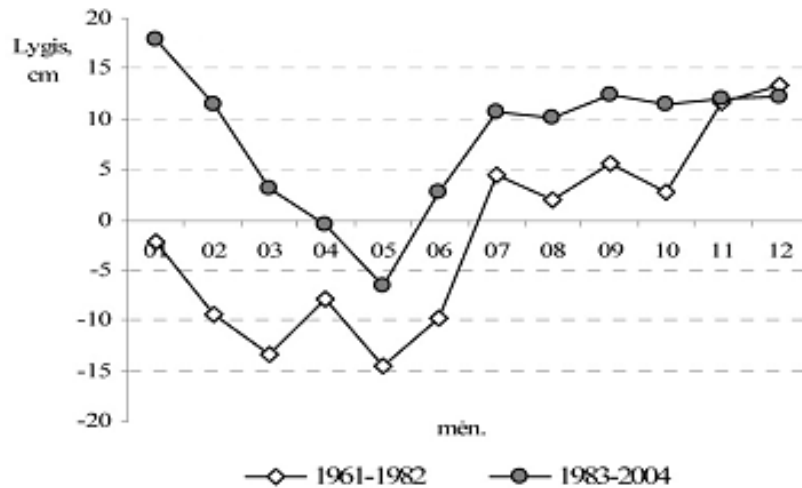
Numatomas paviršiaus kilimas ar leidimasis
Baltijos jūros regione XXI amžiuje

Vidutiniai upių nuotėkio, vėjo greičio ir druskingumo svyravimai
Baltijos jūroje XX amžiuje (Meier, Kauker 2003)

Baltijos jūros lygio kaita Klaipėdoje



Vidutinio jūros lygio kaita Klaipėdoje
1898-2008 metais

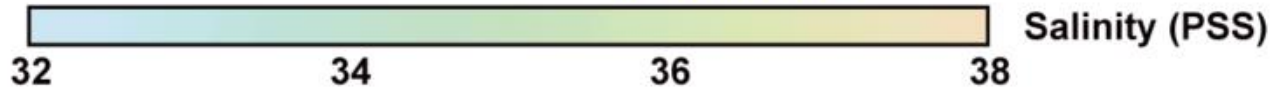
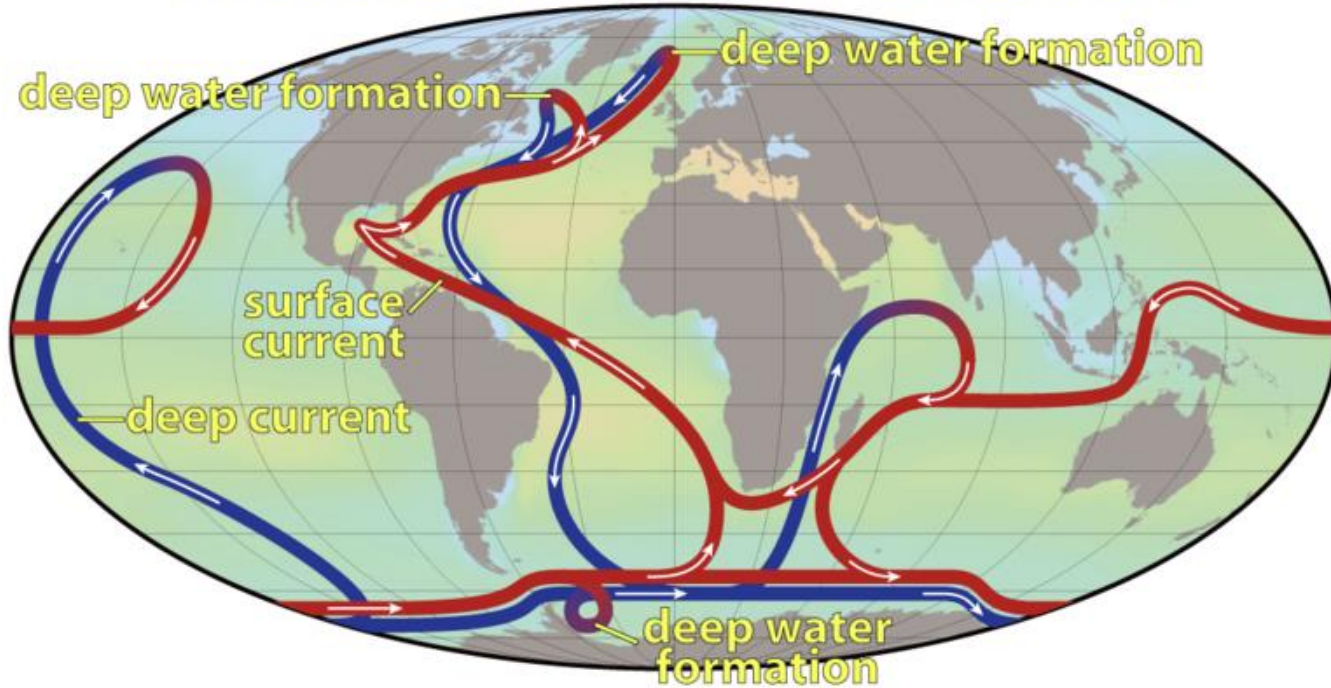


Maksimalaus jūros lygio kaita
Klaipėdoje 1902-2008 metais



Vandens lygio kaita per metus Klaipėdos sąsiauryje 1961-1982 ir 1983-2004 metais (Dailidienė, Tilickis, 2006)

Thermohaline Circulation



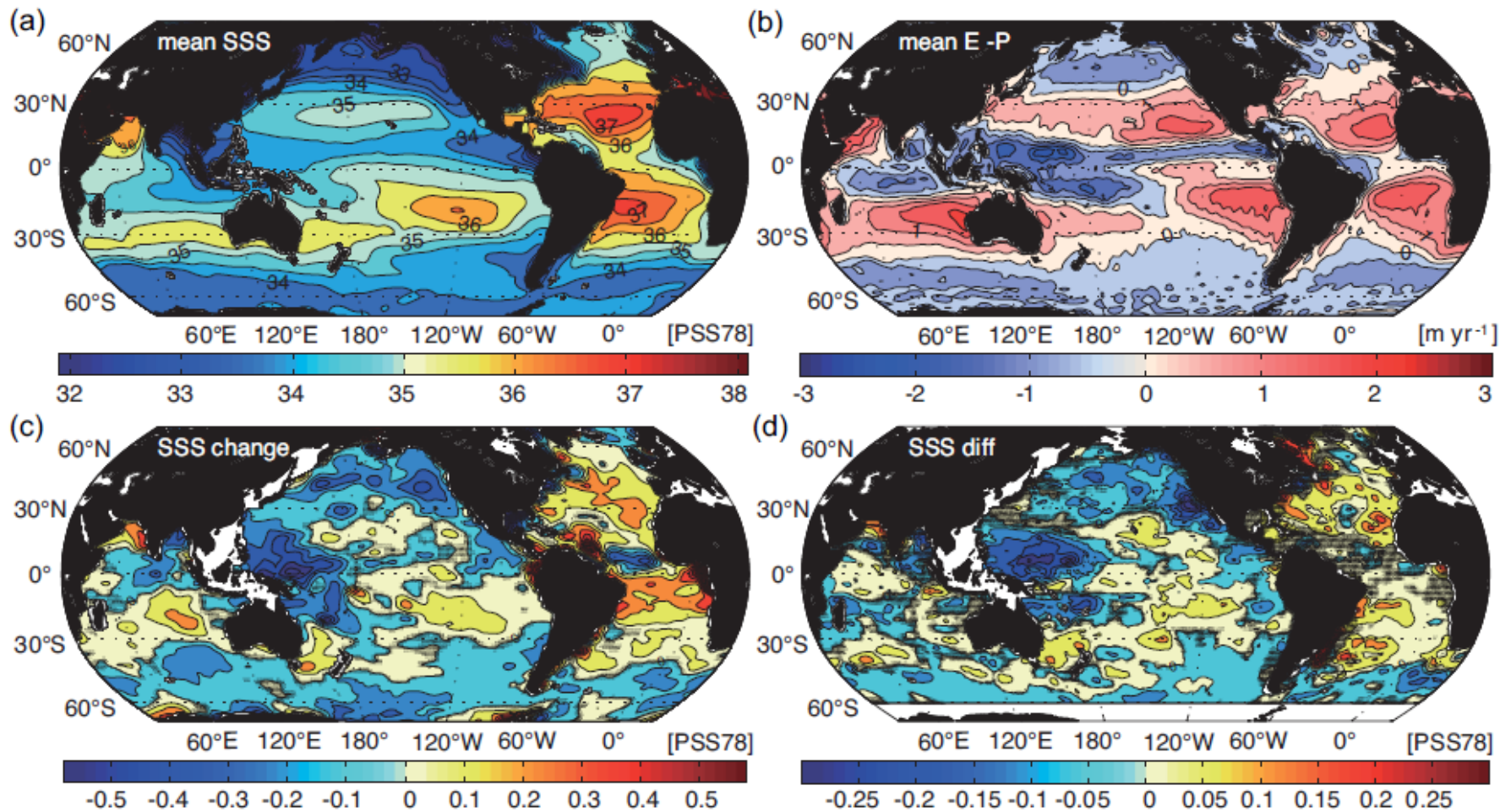
Termohalininė cirkuliacija

<http://www.youtube.com/watch?v=LkRQjTdTvFE>

<https://www.youtube.com/watch?v=UuGrBhK2c7U>



Globali vandenyno druskingumo kaita.



Vandenyno paviršiaus druskingumas 1955 -2005 metais ir jo kaita pagal AR5

Sausumos vandenys

Svarbiausi sausumos vandenų režimą lemiantys veiksniai (pagal IPCC AR4)

Gamtiniai veiksniai

Svarbiausi klimato veiksniai lemiantys upių, ežerų, pelkių bei požeminio vandens režimą yra krituliai, temperatūra ir garavimas.

Fizinės geografinės baseino charakteristikos (ežeringumas, miškingumas ir kt.)

Hidrogeologinės baseino charakteristikos

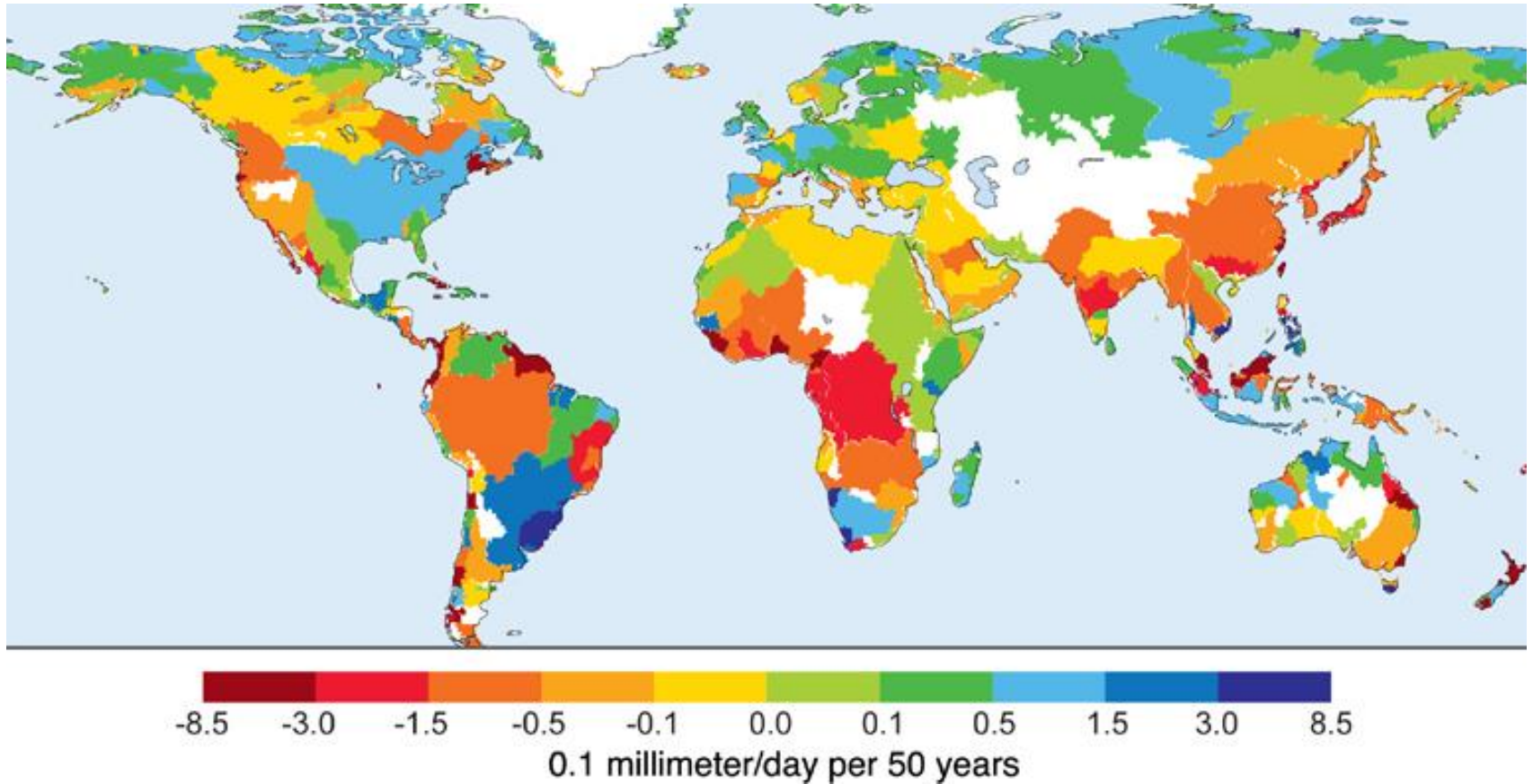


Antropogeniniai veiksniai

- Žemėnaudos pokyčiai
- Tvenkinių įrengimas bei valdymas;
- Vandens sunaudojimas;
- Teršalų emisija bei vandenvėlos priemonės.
- Upių vagų tinklo performavimas

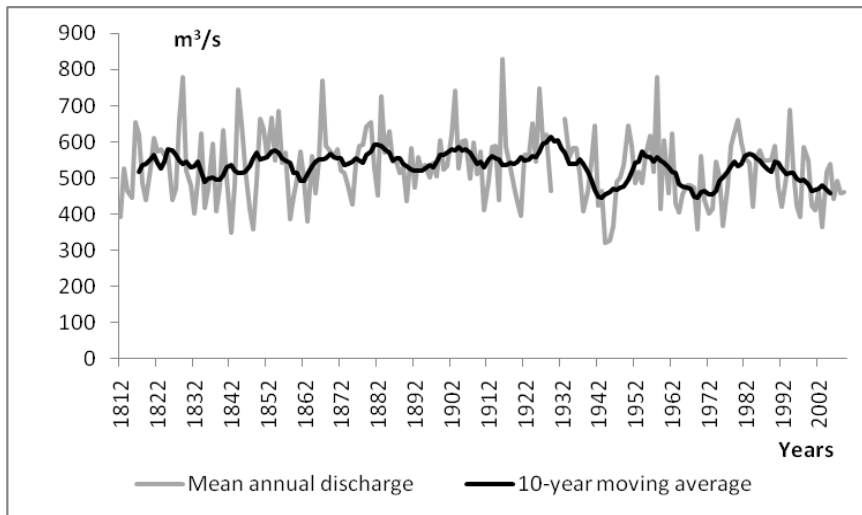
Upės

Didžiausi pokyčiai užfiksuoti upėse kuriose didelę dalį maitinimo sudaro ledynų ar sniego tirpsmo vanduo.



Upių nuotėkio kaita 1948 -2004 metais (UCAR paveikslas)

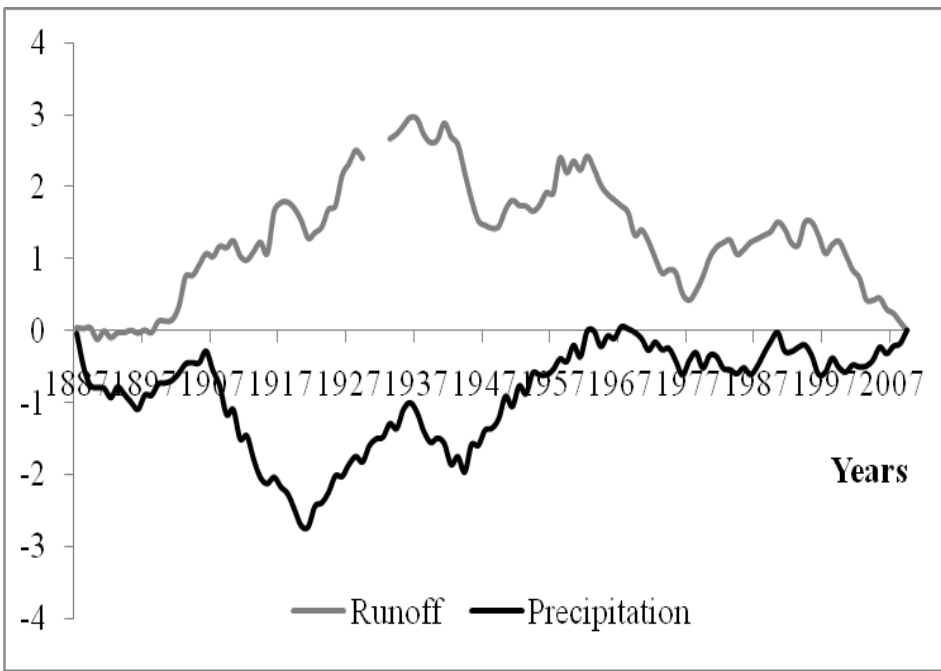
Lietuvos upių nuotėkio kaita



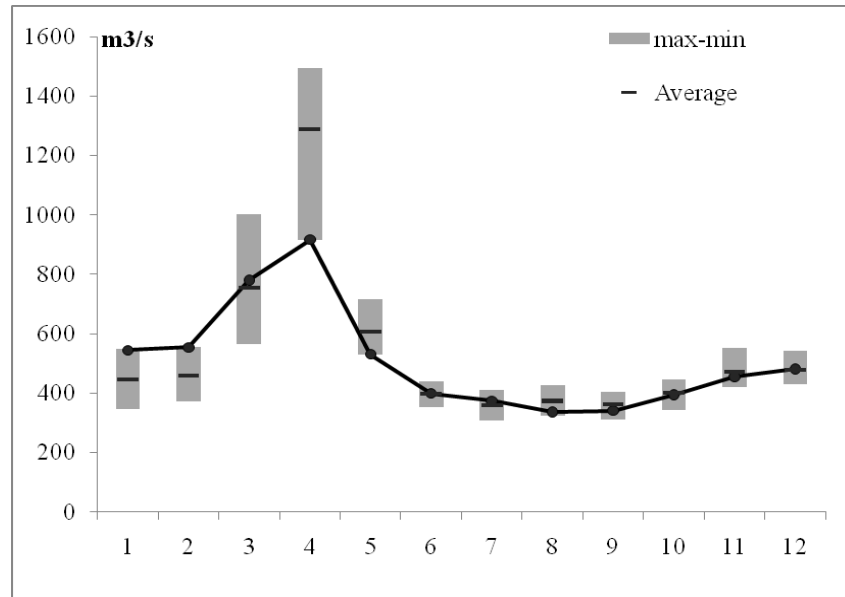
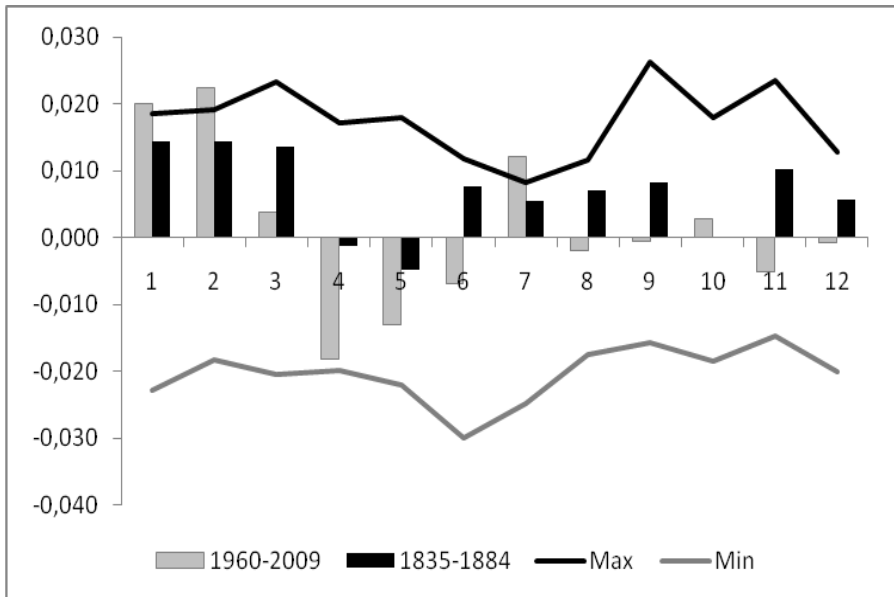
Vidutinio metinio Nemuno debito kaita ties Smalininkais 1812-2009 metais



Smalininkų vandens matavimo stotis (nuo 1811)



Nemuno ties Smalininkais vidutinio metinio debito ir metinio kritulių kiekio Vilniaus MS integralinės kreivės.

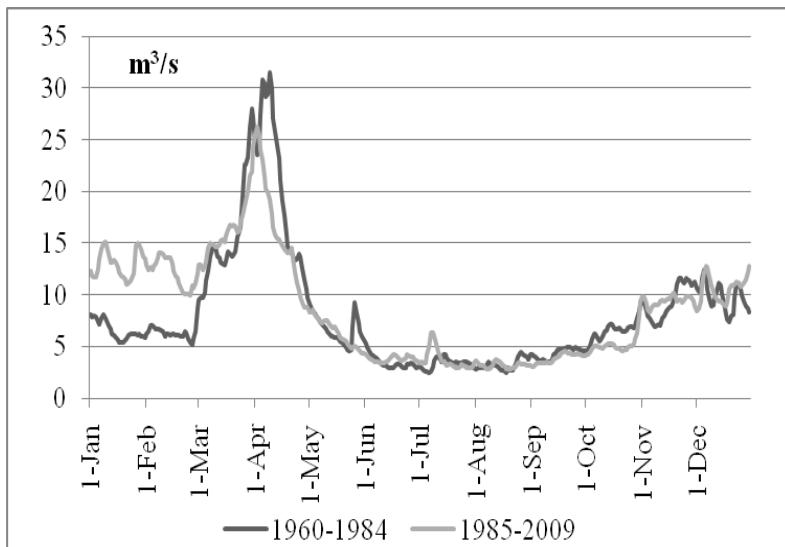


Nemuno ties Smalininkais skirtingų mėnesių standartizuoto vidutinio nuotėkio daugiametę kaitą atspindintys 50 m. laikotarpio regresijos koeficientai: ekstremalūs 1812-1960 m. periodo dydžiai, 1835-1884 m. ir 1960-2009 m. laikotarpio reikšmės (kairėje) bei 1980-2009 metų slankiųjų trisdešimtmečių vidurkių palyginimas su ankstesnėmis trisdešimtmečių reikšmėmis (dešinėje).

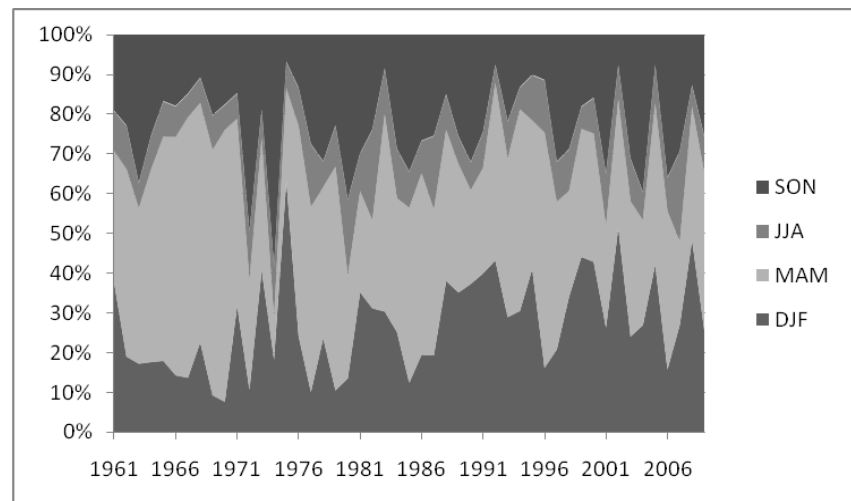
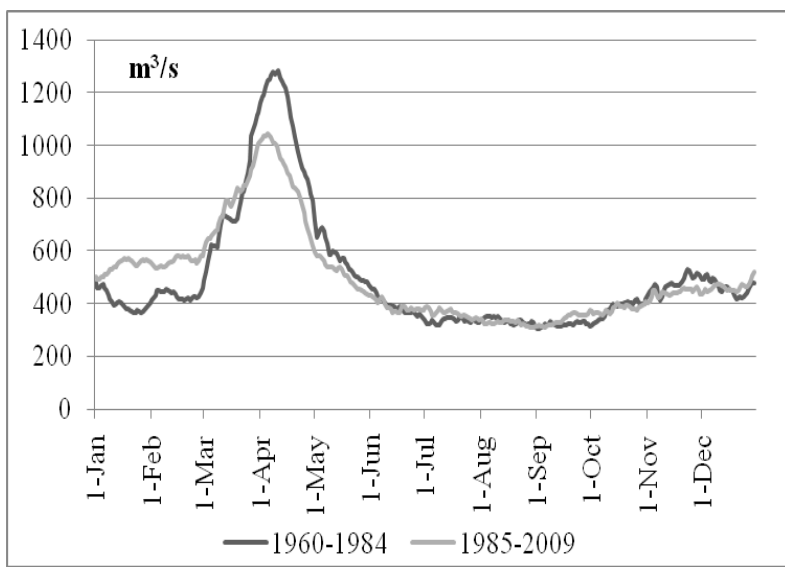


Pagrindinių hidrologinių charakteristikų pokyčių tendencijos analizuotose Lietuvos upėse 1960-2009 m. Paryškintos – statistiškai reikšmingos ($\alpha < 0,05$) Mann-Kendall testo reikšmės.

Upė (HS)	Rodiklio kaitos tendencijos statistinis reikšmingumas pagal Mann-Kendall testą						Reiškinių datos persislinkimas 1960-2009 m. laikotarpiu, dienomis	
	Vidutinis debitas	Maks. 7 d. pavasario potvynio debitas	Min. 10 d. šaltojo sezono debitas	Min. 30 d. šiltojo sezono debitas	Pavasario potvynio data	Min. 10 d. šaltojo sezono debito data	Pavasario potvynio data	Min. 10 d. šaltojo sezono debito data
Dubysa (Lyduvėnai)	1,03	-2,10	3,86	0,49	-1,21	-2,00	-17	-28
Jūra (Tauragė)	1,00	-0,01	3,82	2,06	-2,11	-1,04	-27	-33
Merkys (Puvočiai)	1,53	-2,02	2,22	0,88	-0,54	-0,97	-3	-15
Minija (Kartena)	1,08	-0,66	2,97	-0,75	-2,45	-2,17	-23	-16
Mūša (Ustukiai)	1,16	-2,27	3,89	0,84	-1,92	-1,77	-26	-36
Šventoji (Ukmergė)	2,13	-1,85	2,87	2,06	-1,49	-1,79	-9	-31
Žeimena (Pabradė)	0,26	-1,56	0,80	-0,86	-0,36	-1,62	-10	-38
Nemunas (Smalininkai)	-0,44	-2,59	3,00	0,76	-1,89	-0,43	-23	-27



Hidrografo formos kaitos Dubysoje ties Lyduvėnais (viršuje) ir Nemune ties Smalininkais (apačioje) palyginimas 1960-1984 ir 1985-2009 metų laikotarpiams.

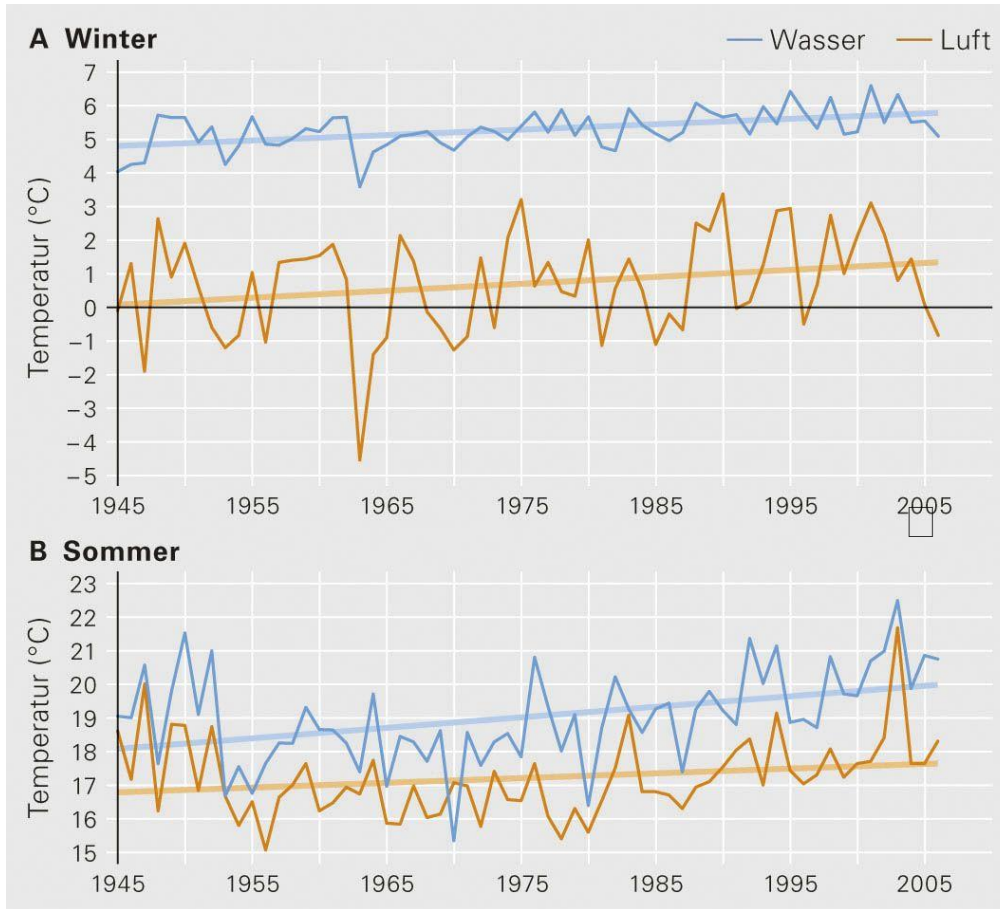


Sezoninis nuotėkio pasiskirstymas Dubysoje ties Lyduvėnais 1960-2009 metais.



Dubysa ties Lyduvėnais

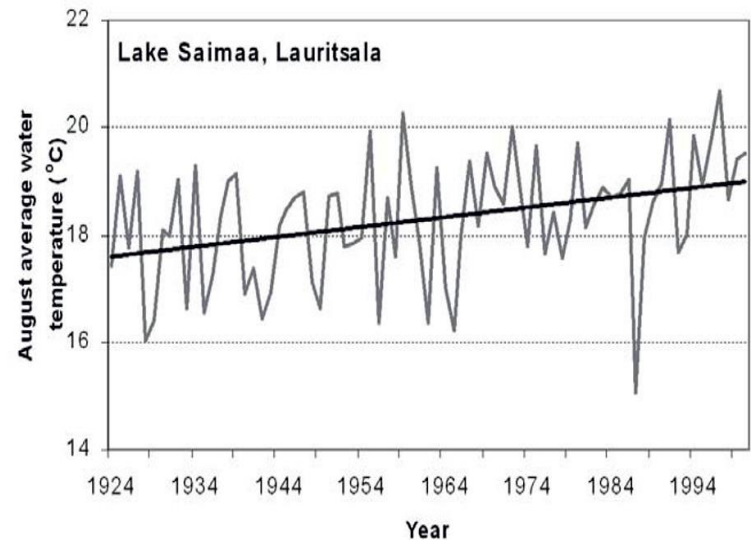
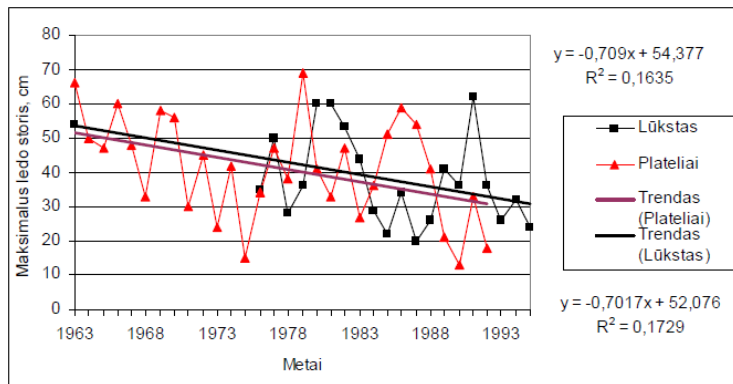
Ežerai



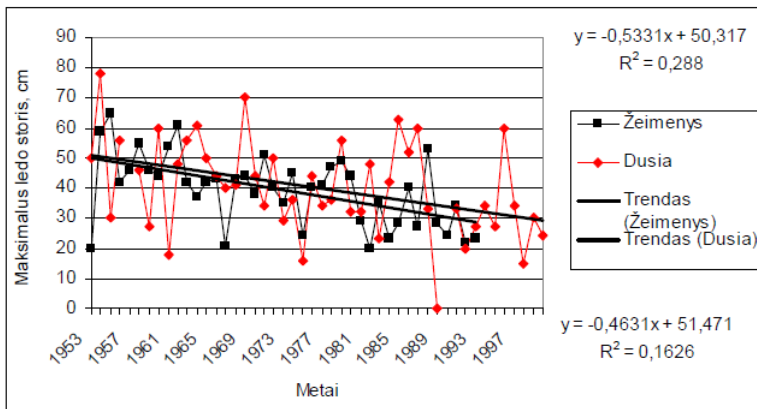
Vandens temperatūros kaita
Ciuricho ežere

Ežeruose pastaraisiais dešimtmečiais užfiksuotas vandens temperatūros augimas, kai kur statistiškai reikšmingi lygio pokyčiai bei ledo dangos trukmės mažėjimas.

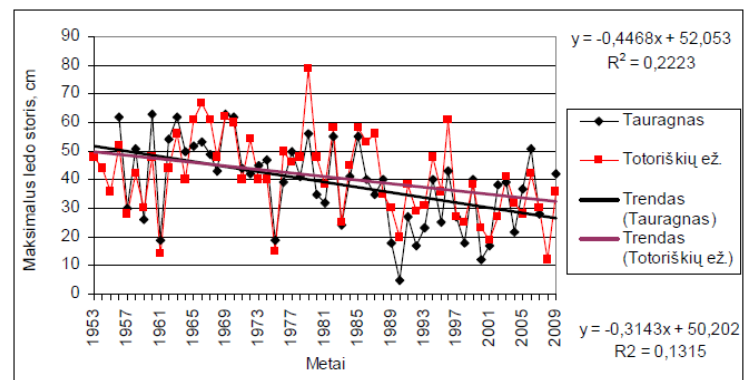




Vidutinė vandens temperatūra rugpjūtį Saimaa ežere (Suomija) 1924–2000 (Korhonen, 2002)

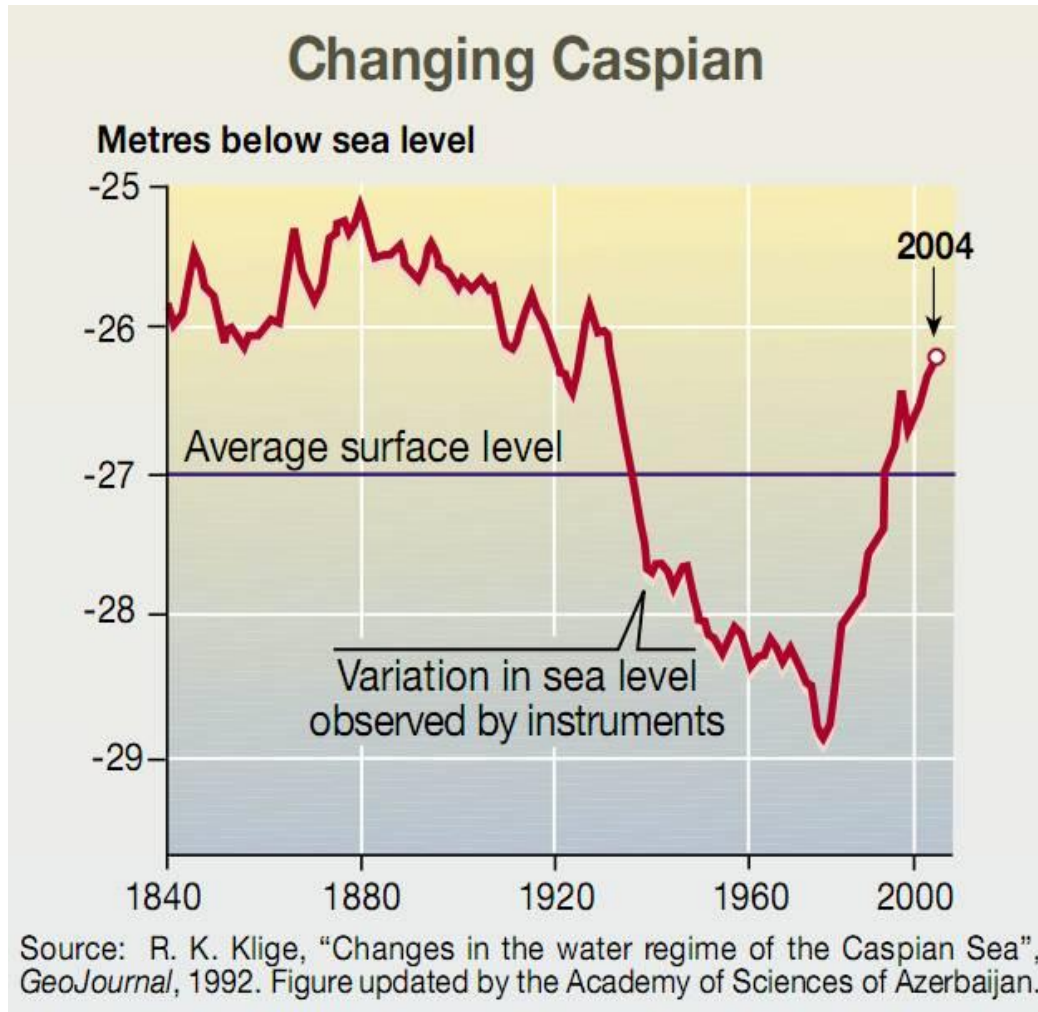


Ledo dangos storio dinamika Lietuvoje (Vikelytė, 2010).

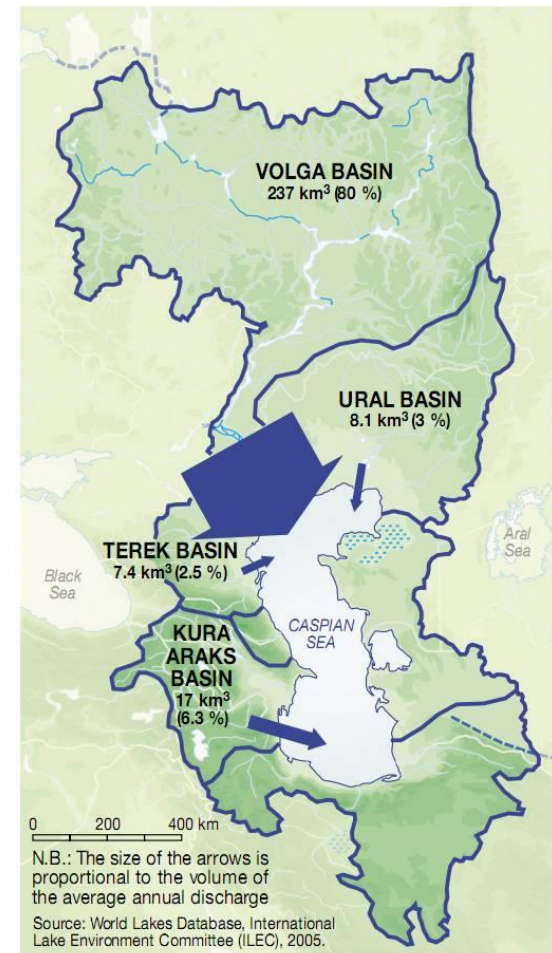


Kaspijos jūra

Kaspijos jūra didžiausias pasaulio ežeras, pasižymintis vandens lygio svyravimų cikliškumu.



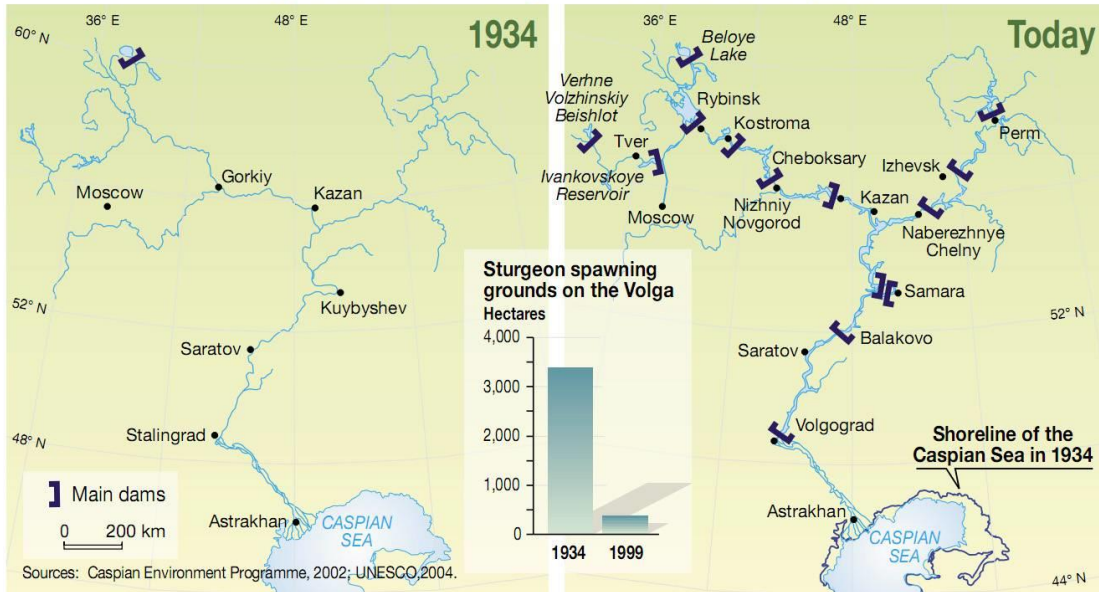
Annual discharge into the Caspian Sea



Vandens lygio svyravimai Kaspijoje

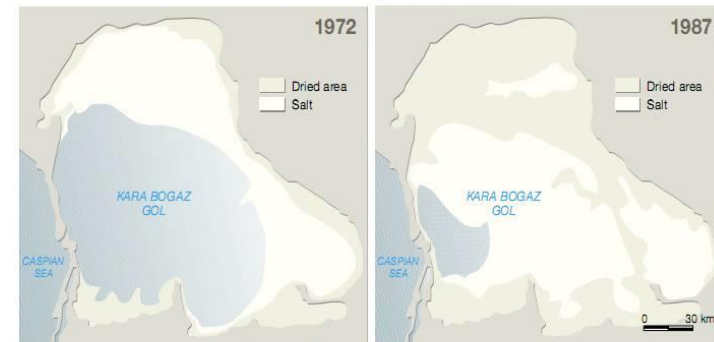
UNEP paveikslai Metinis nuotėkis į Kaspijos jūrą

Fragmentation of the Volga river over the last 60 years



Pylimų gausėjimas Volgos upėje

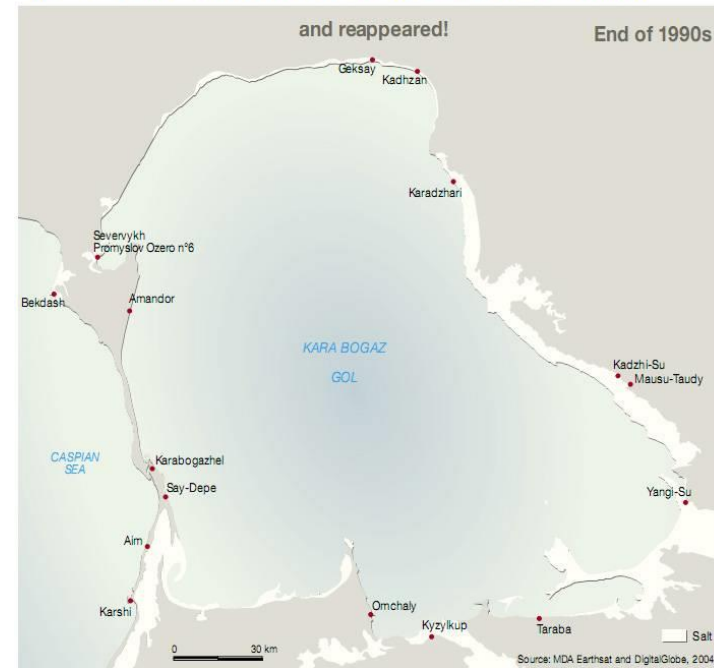
When the Kara Bogaz Gol vanished



Source: Earthshots - Satellite images for environmental change, United States Geological Survey (USGS); Kara Bogaz Gol, Turkmenistan 1972, 1987.

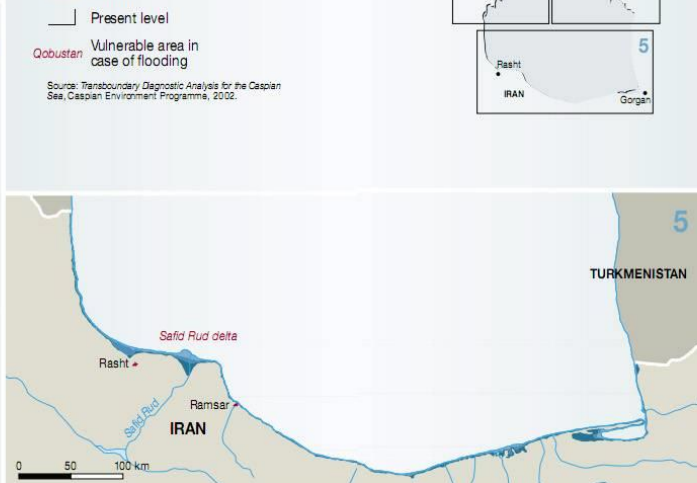
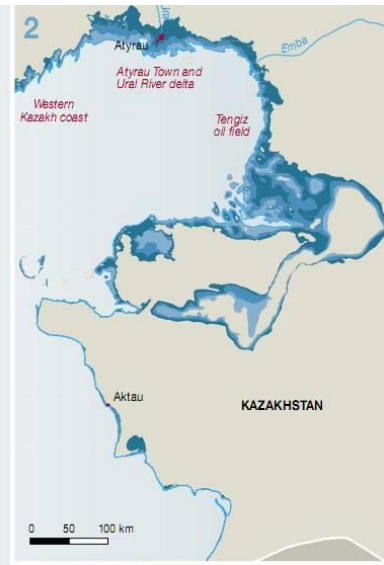
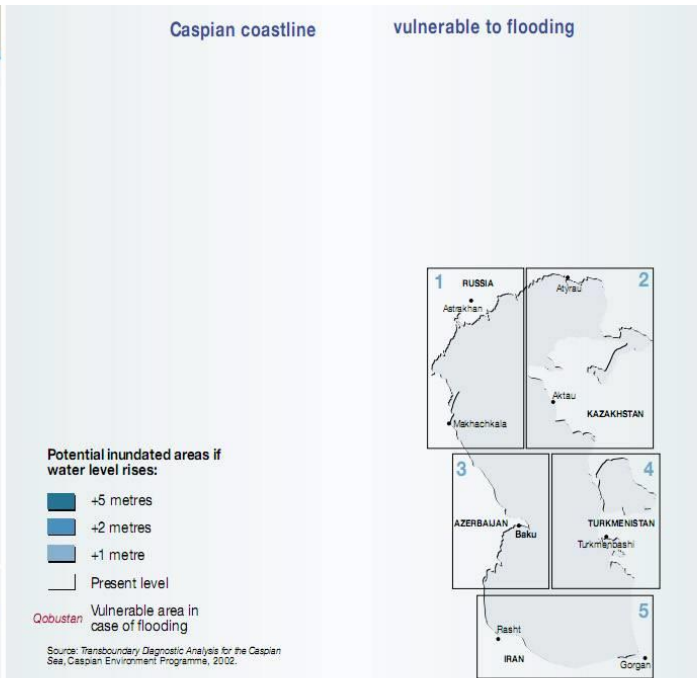
and reappeared!

End of 1990s



Source: MDA Earthsat and DigitaGlobe, 2004.

Karabogazgolo išnykimas ir atgimimas



Potencialiai užliejamos teritorijos Kaspijos jūros pakrantėje

Aralo jūra

Aralas ilgą laiką buvo ketvirtas pagal dydį pasaulio ežeras.



Aralo jūros dydžio kaita

<http://www.youtube.com/watch?v=NC5UIEx83fo>



photo by Leonid Ibragimov
© OrexCA.com



Photo from Jipek-Joli Hotel
© OrexCA.com

Vandens kokybė



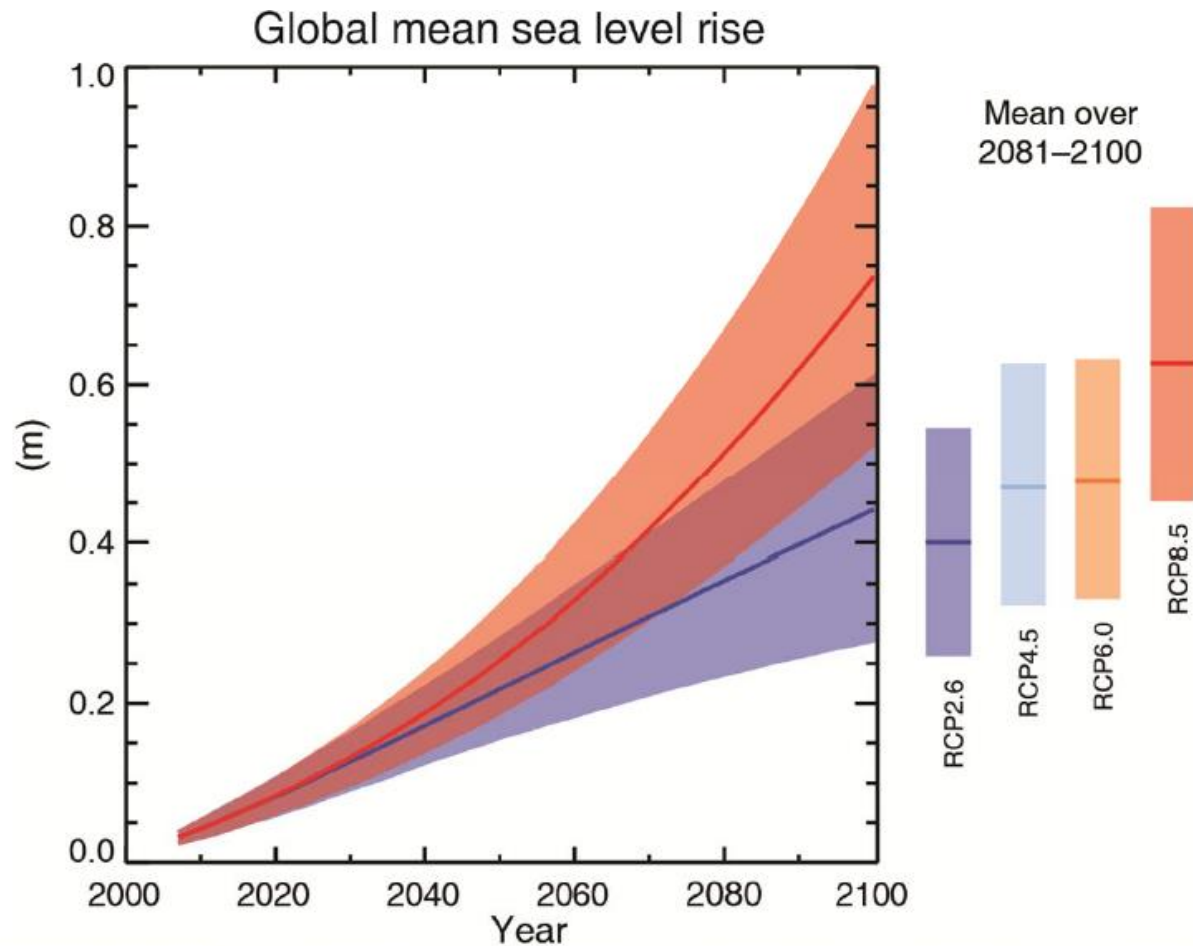


http://www.youtube.com/watch?v=dsDTJ__jioQ

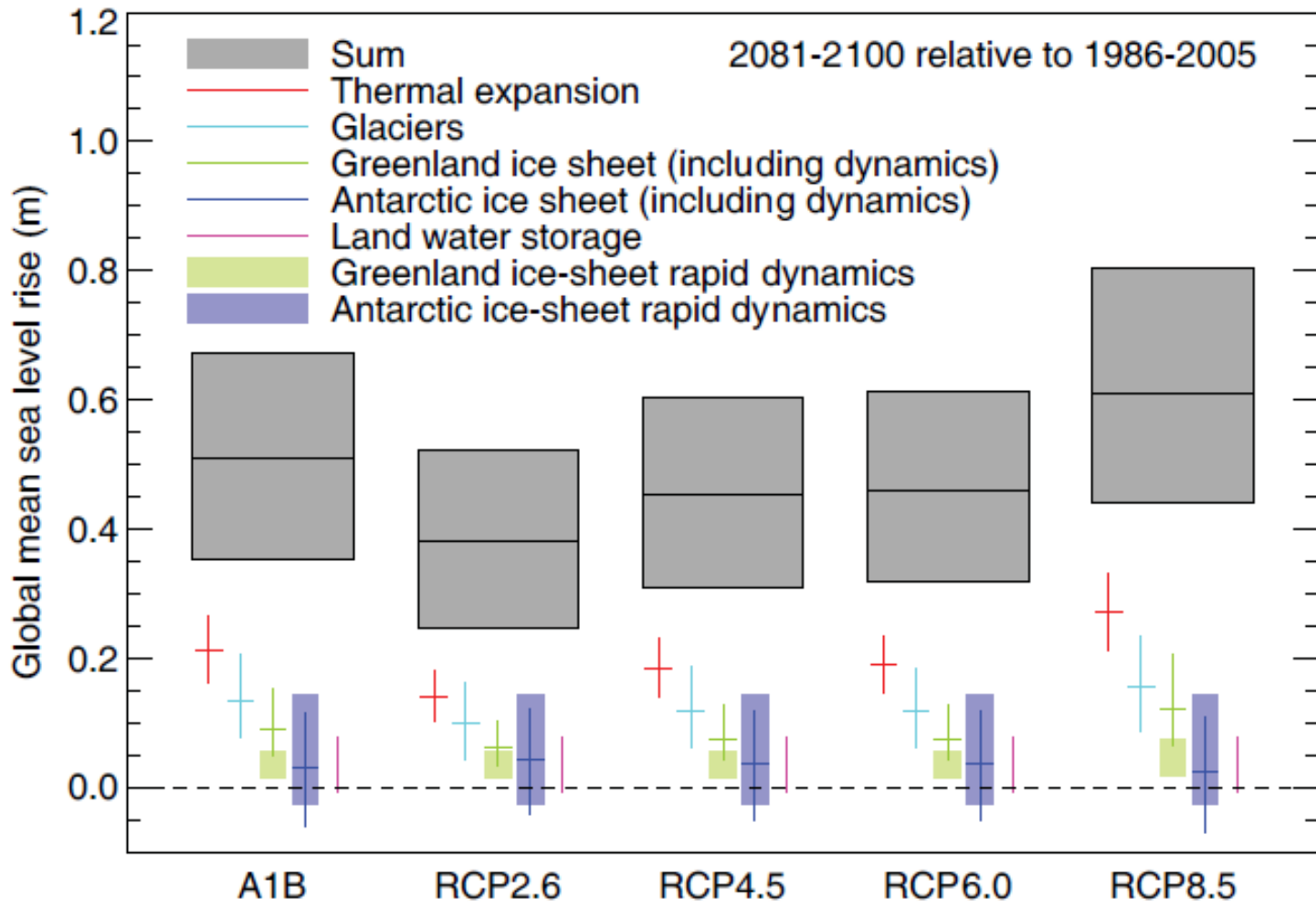
Hidrosferos pokyčių projekcijos



Jūros lygis



AR5 pateiktos jūros lygio kaitos prognozės

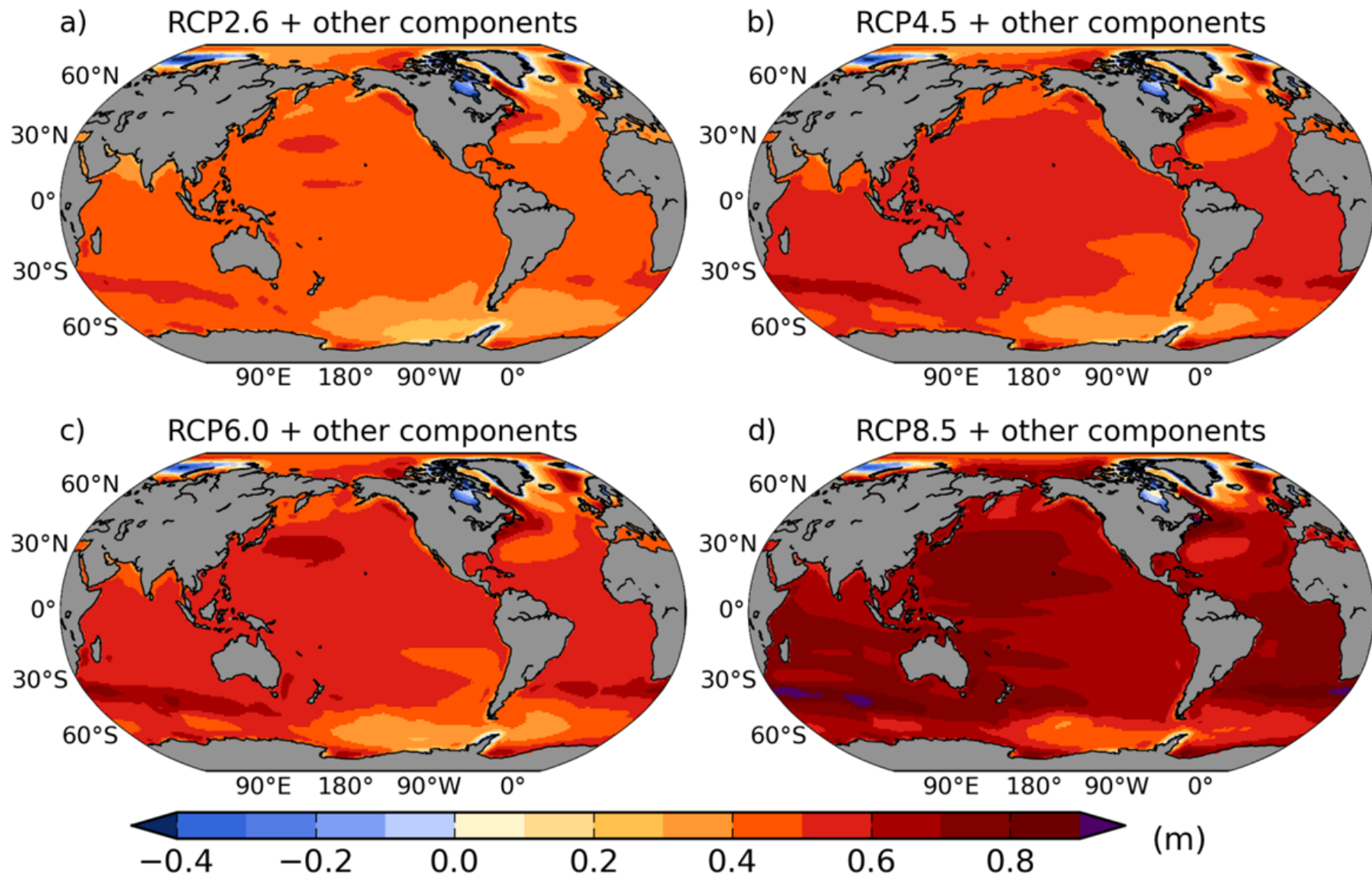


Atskirų sudedamųjų dalių įtaka bendram jūros lygio kilimui pagal AR5

Ilgalaikēs jūros lygio kitimo prognozēs pagal AR5

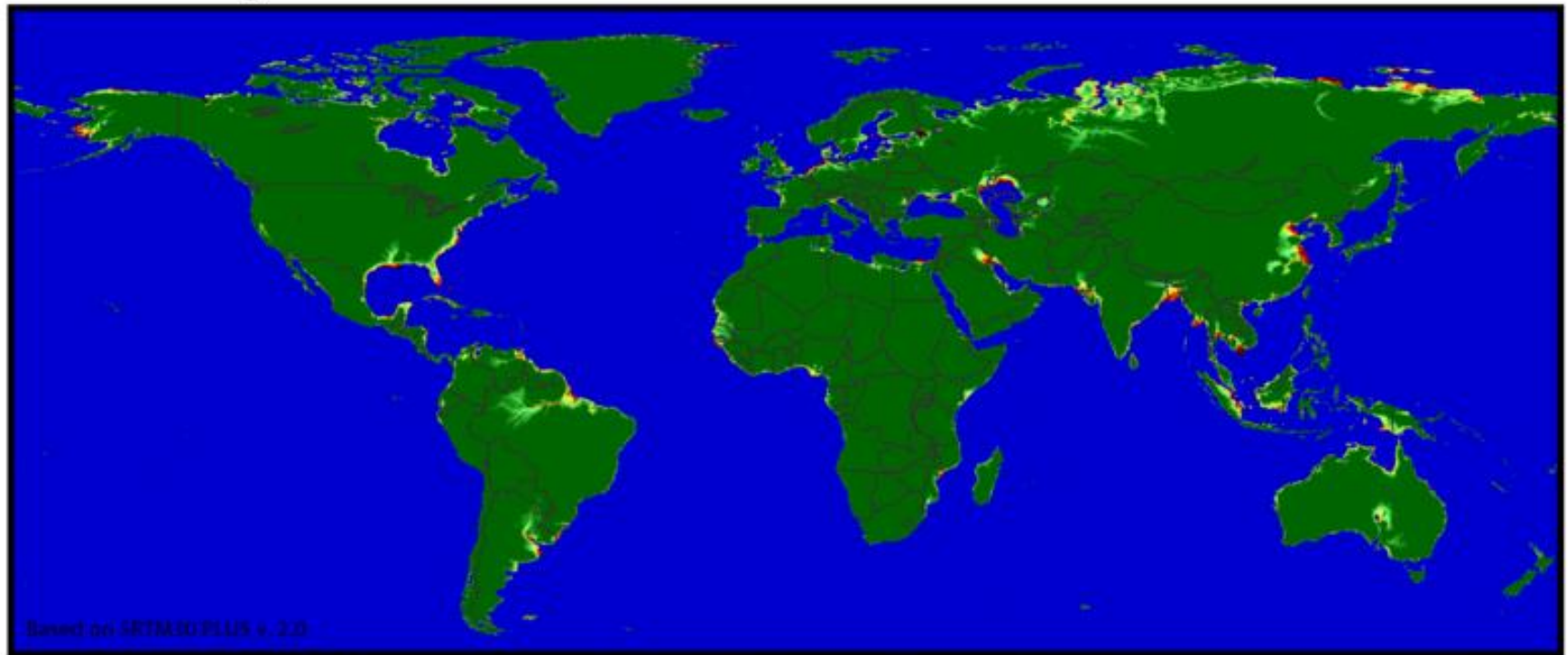
Contribution	Scenario	2100	2200	2300	2400	2500
Thermal Expansion	low	0.07–0.31 m	0.08–0.41 m	0.08–0.47 m	0.09–0.52 m	0.09–0.57 m
Glaciers	low	0.15–0.18 m	0.19–0.23 m	0.22–0.26 m	0.22–0.26 m ^b	0.22–0.26 m ^b
Greenland Ice Sheet	low	0.05 m ^a	0.10 m ^a	0.15 m ^a	0.21 m ^a	0.26 m ^a
Antarctic Ice Sheet	low	–0.01 m ^a	–0.02 m ^a	–0.03 m ^a	–0.05 m ^a	–0.07 m ^a
Total	low	0.26–0.53 m	0.35–0.72 m	0.41–0.85 m	0.46–0.94 m	0.50–1.02 m
Thermal Expansion	medium	0.09–0.39 m	0.17–0.62 m	0.20–0.81 m	0.22–0.98 m	0.24–1.13 m
Glaciers	medium	0.15–0.19 m	0.21–0.25 m	0.25–0.29 m	0.25–0.29 m ^b	0.25–0.29 m ^b
Greenland Ice Sheet	medium	0.02–0.09 m	0.05–0.24 m	0.08–0.44 m	0.11–0.65 m	0.14–0.91 m
Antarctic Ice Sheet	medium	–0.07 to –0.01 m	–0.17 to –0.02 m	–0.25 to –0.03 m	–0.36 to –0.02 m	–0.45 to –0.01 m
Total	medium	0.19–0.66 m	0.26–1.09 m	0.27–1.51 m	0.21–1.90 m	0.18–2.32 m
Thermal Expansion	high	0.08–0.55 m	0.23–1.20 m	0.29–1.81 m	0.33–2.32 m	0.37–2.77 m
Glaciers	high	0.17–0.19 m	0.25–0.32 m	0.30–0.40 m	0.30–0.40 m ^b	0.30–0.40 m ^b
Greenland Ice Sheet	high	0.02–0.09 m	0.13–0.50 m	0.31–1.19 m	0.51–1.94 m	0.73–2.57 m
Antarctic Ice Sheet	high	–0.07 to –0.00	–0.04 to 0.01 m	0.02–0.19 m	0.06–0.51 m	0.11–0.88 m
Total	high	0.21–0.83	0.58–2.03 m	0.92–3.59 m	1.20–5.17 m	1.51–6.63 m

<http://www.youtube.com/watch?v=GbBvqhzeNbM>

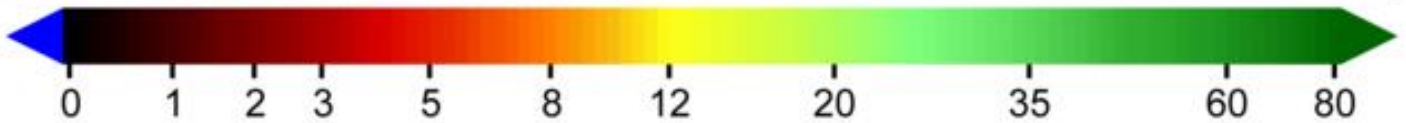


Regioniniai jūros lygio pokyčiai XXI amžiuje (lyginant su globaliu vidurkiu) pagal AR5.

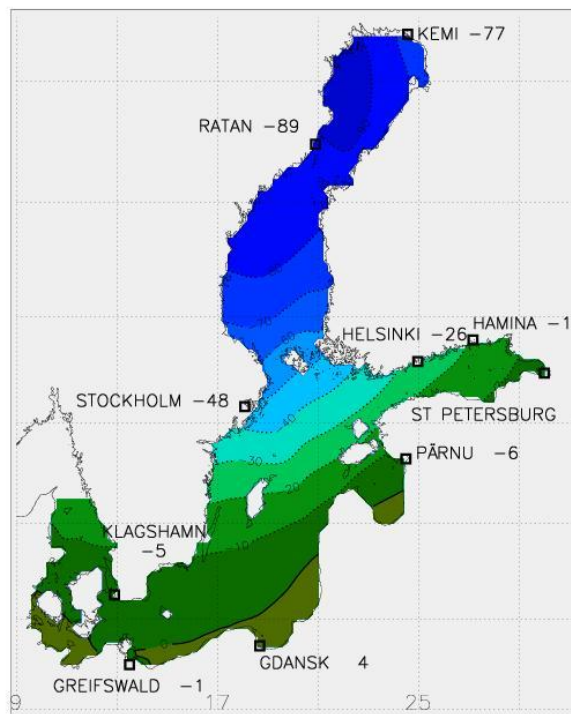
Regions Vulnerable to Sea Level Rise



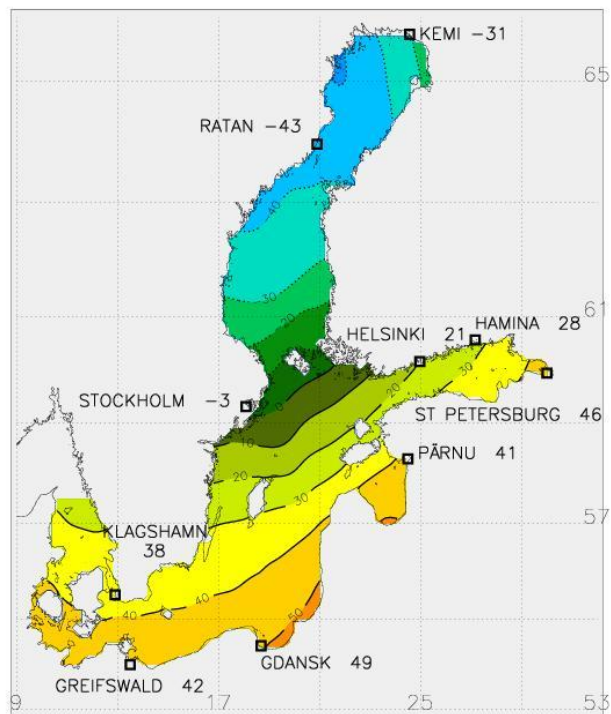
Height Above
Sea Level (m)



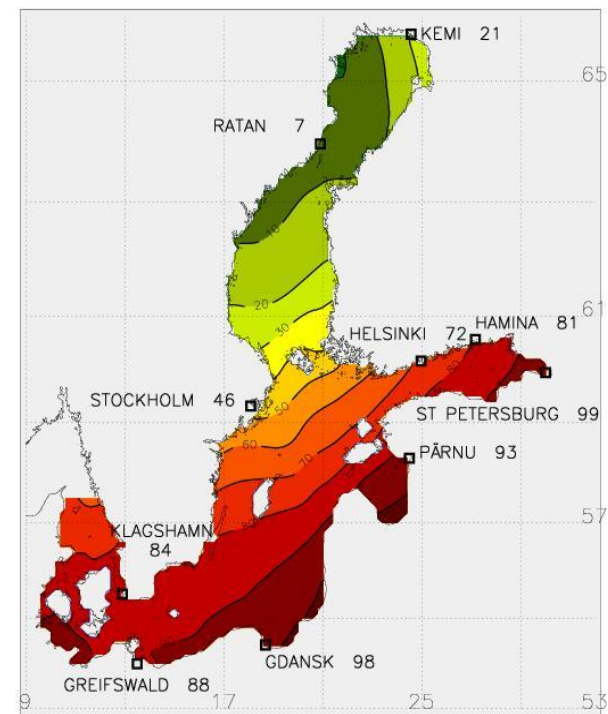
Jūros lgyio kilimui jautrios teritorijos



”Mažiausi pokyčiai”

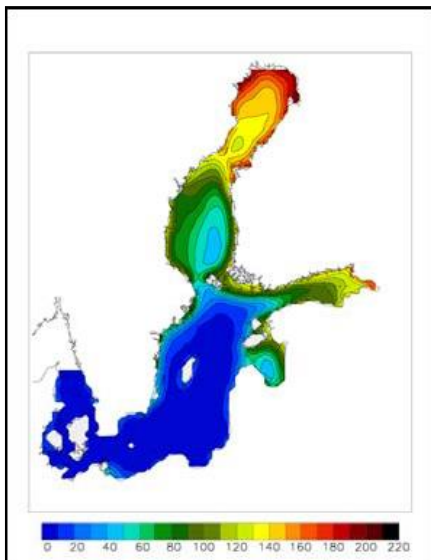


”Vidutiniai pokyčiai”

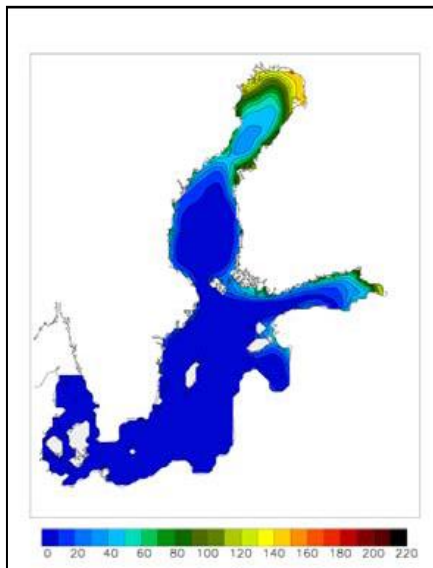


”Didžiausi pokyčiai”

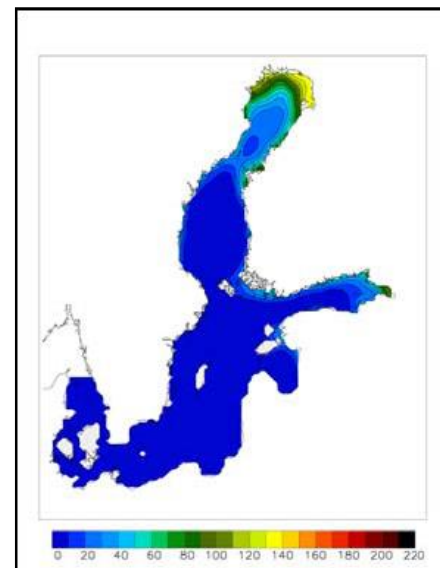
Esamas ir prognozuojamas dienų su ledo danga skaičius Baltijos jūroje



1961-1990

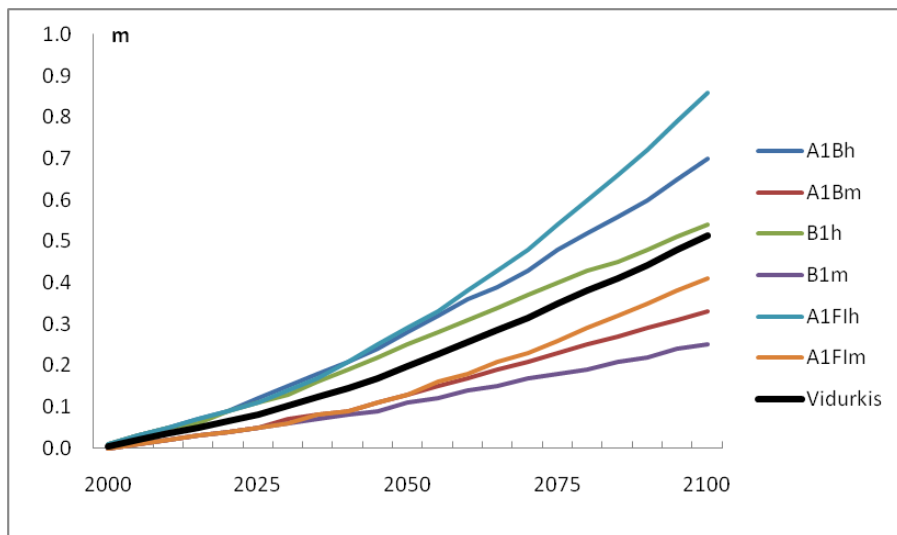


2071-2100



A2

B2

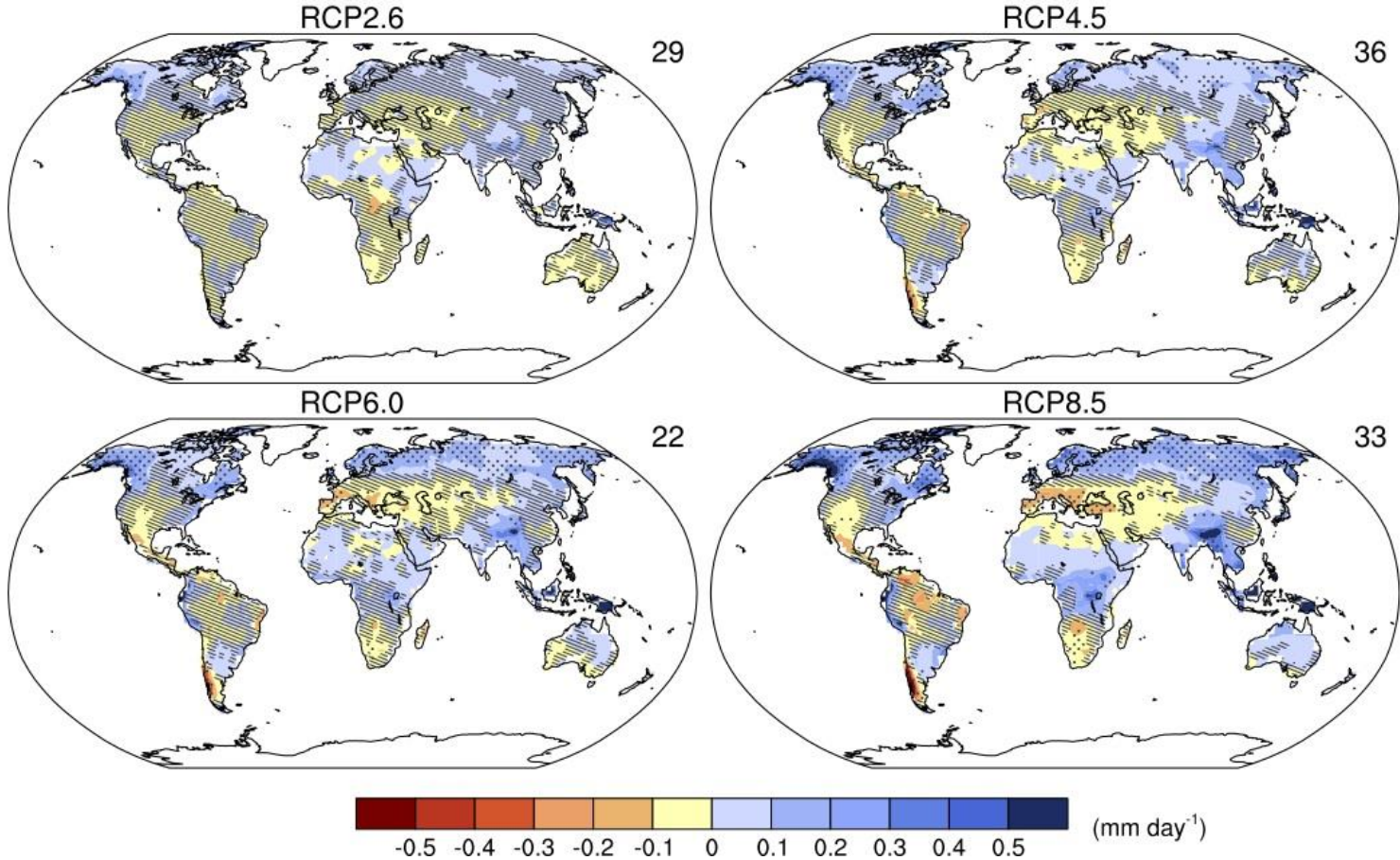


Jūros vandens lygio kaitos
Klaipėdoje prognozės, sudarytos
pagal skirtingus emisijų scenarijus
ir jų vidutinė reikšmė (CLIMBER
modelis)

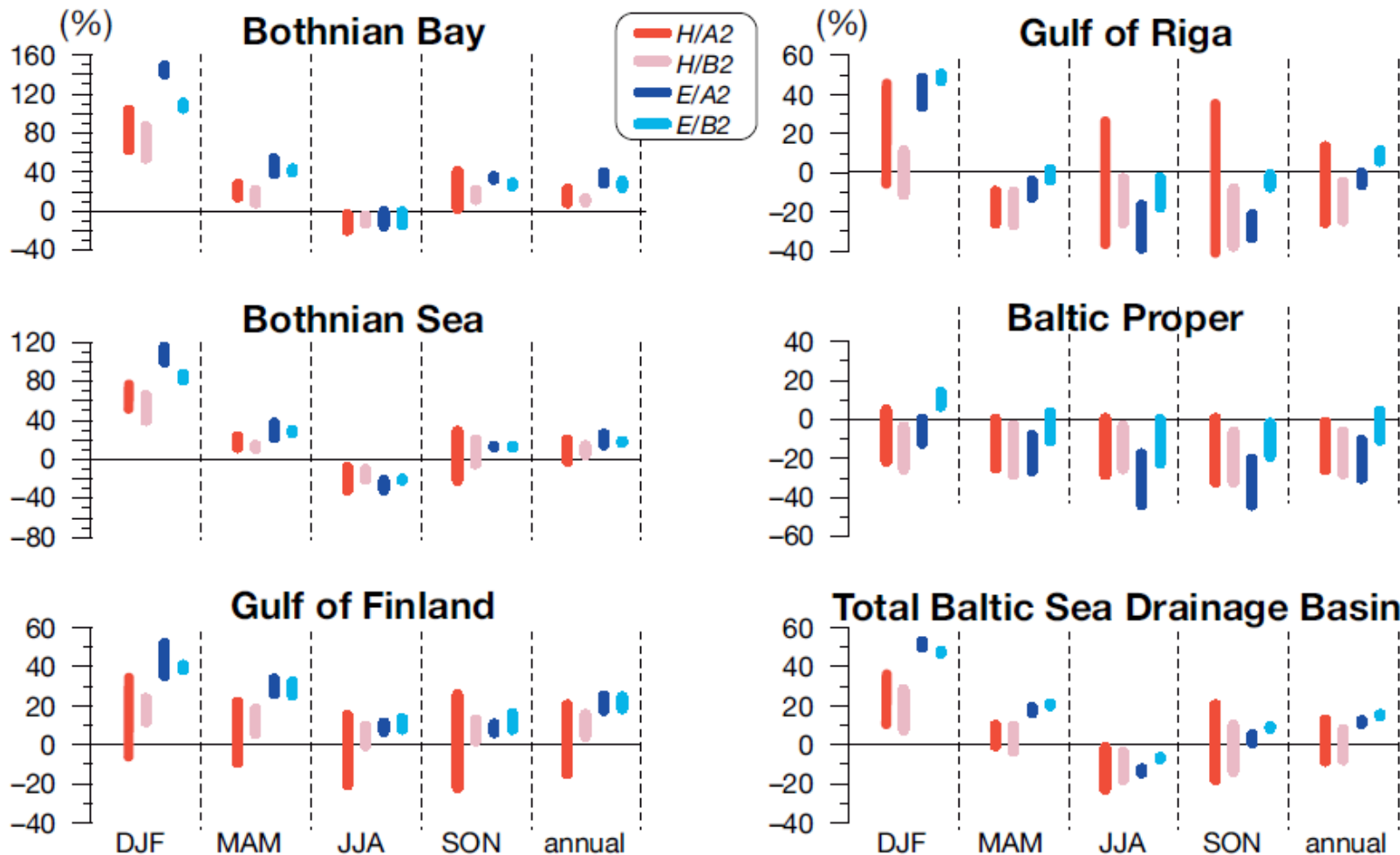
Paviršinis nuotėkis

Prognozuojami vidutinio metinio upių nuotėkio pokyčiai iki XXI amžiaus pabaigos pagal AR 5. Ryškiausi teigiami pokyčiai numatomi Eurazijos bei Šiaurės Amerikos šiaurėje, o didžiausi neigiami – Viduržemio jūros regione, Artimuosiuose Rytuose bei Pietų Afrikoje.

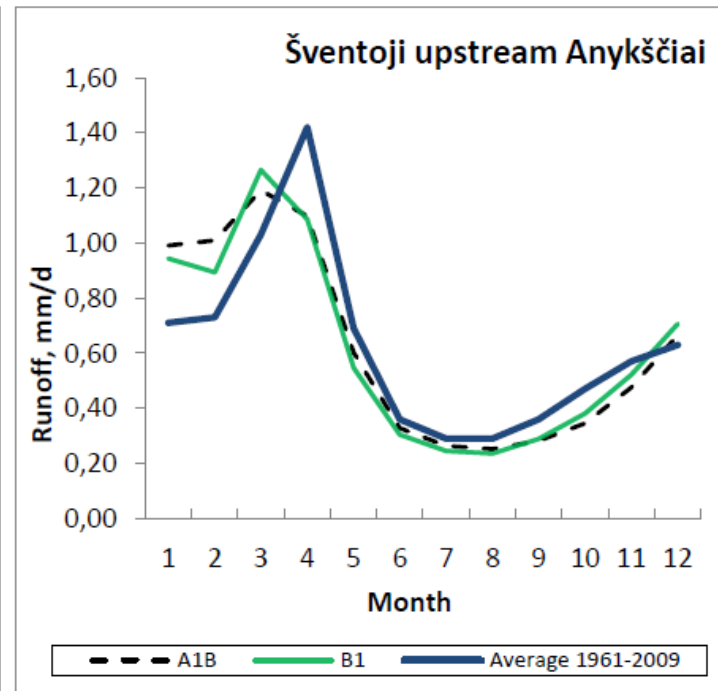
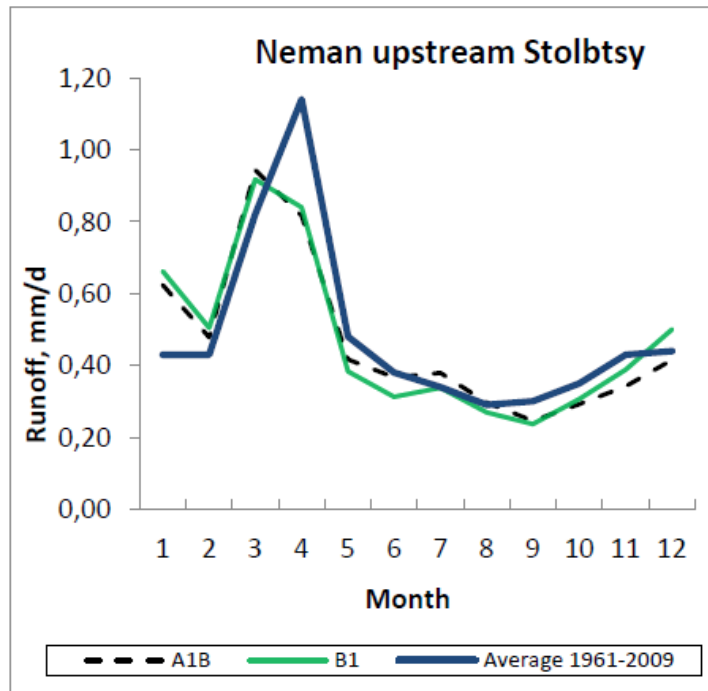
Annual mean runoff change (2081-2100)



Baltijos jūros baseinas



Prognozuojami upių nuotėkio pasikeitimai atskirose Baltijos jūros baseino dalyse XXI amžiau pabaigoje lyginant su 1961-1990 metų laikotarpiu. Pateiktos dviejų modelių (ECHAM4/OPYC3 ir HadAM3H) simuliacijos pagal 2 scenarijus (A2 ir B2) (BACC, 2008).



Prognozuojami nuotėkio pasiskirstymo per metus kaita Lietuvoje:

1. Potvyniai bus mažesni ir ankstesni;
2. Žiemos nuotėkis labai išaugs;
3. Nuosėkio laikotarpiu debitas nežymiai sumažės.

Vandens kokybė

Pasaulis

- Dėl kritulių ekstremalumo didėjimo didėjantis nuosėdų bei išsklaidytos taršos patekimas į vandens telkinius;
- Jei mažės ežerų bei tvenkinių lygis ar upių vandeningumas augs teršalų koncentracija juose;
- Augant vandens temperatūrai bei didėjant fosforo ir azoto kiekiui mažės deguonies kiekis vandenyje, be to geriau augs dumbliai;
- Augant temperatūrai kils vandens stratifikacija, todėl keisis vandens vertikalios sąmaišos sąlygos. Gali stiprėti teršalų išsiskyrimas iš sedimentų.
- Dėl jūros lygio kilimo didės vandens druskingumas upių deltose bei priekrantės gruntiniuose vandenyse;
- Trumpėjant įšalo laikotarpiui į vandens telkinius pateks daugiau įvairių medžiagų, o tai skatins eutrofikaciją;

Lietuva

- Augant vandens temperatūrai Lietuvoje žiemą gali sumažėti deguonies vandenyje kiekis. Vasarą pokyčiai bus mažesni;
- Didėjant ekstremalių kritulių pasikartojimui, daugiau maistingų medžiagų bei teršalų pateks į vandens telkinius, gali išaugti vandens telkinių eutrofikacijos tikimybė;
- Mažėjant upių nuotėkiui bei ežerų vandens lygiui antroje vasaros pusėje gali išaugti cheminių medžiagų koncentracija;
- Tuo metu vandens kokybė rekreaciniuose telkiniuose gali dažniau neatitikti keliamų reikalavimų.

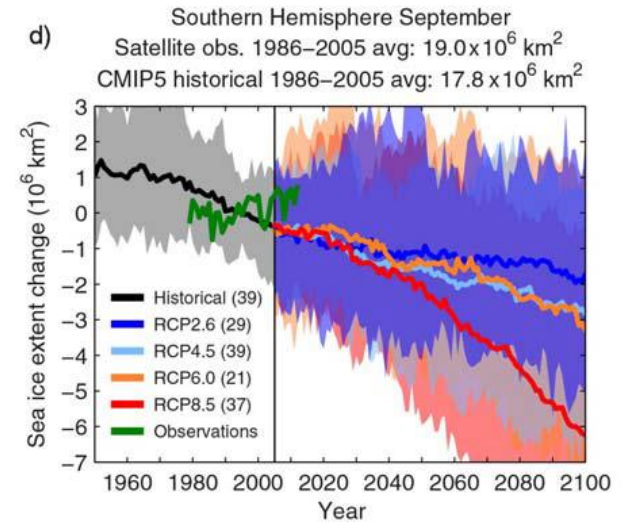
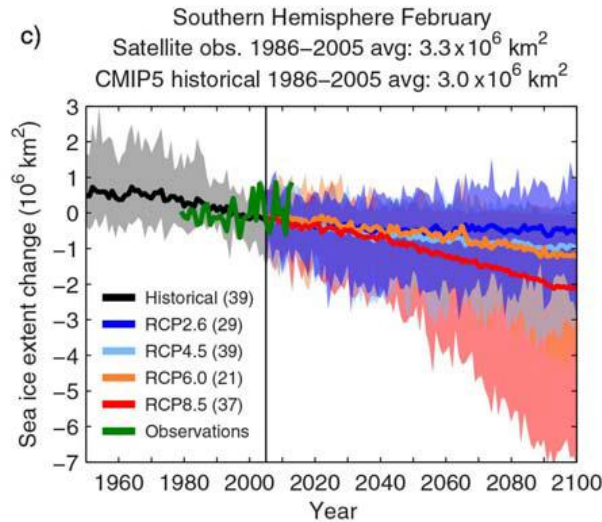
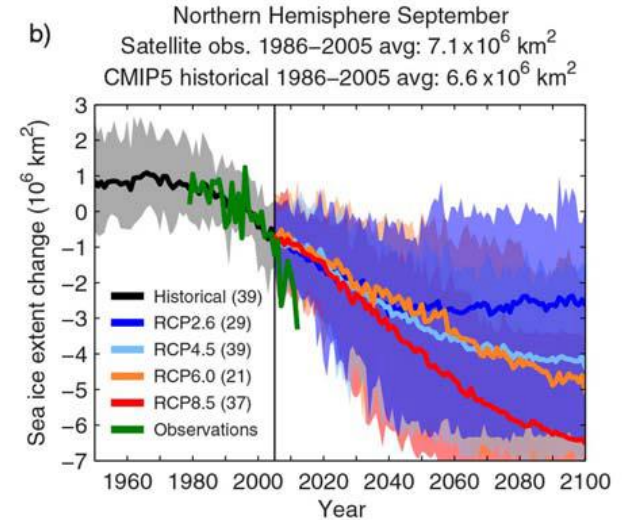
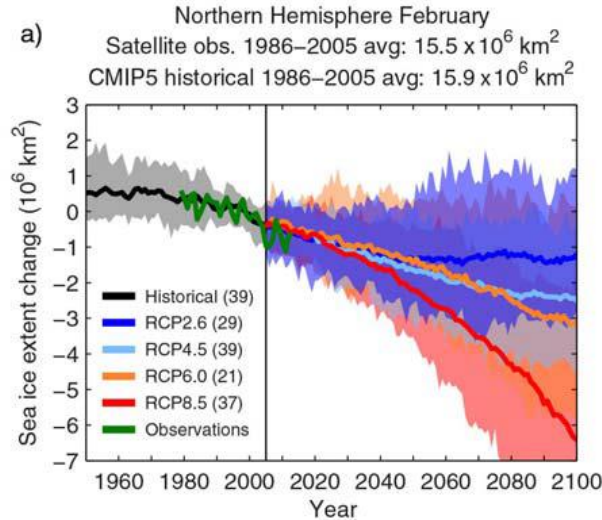


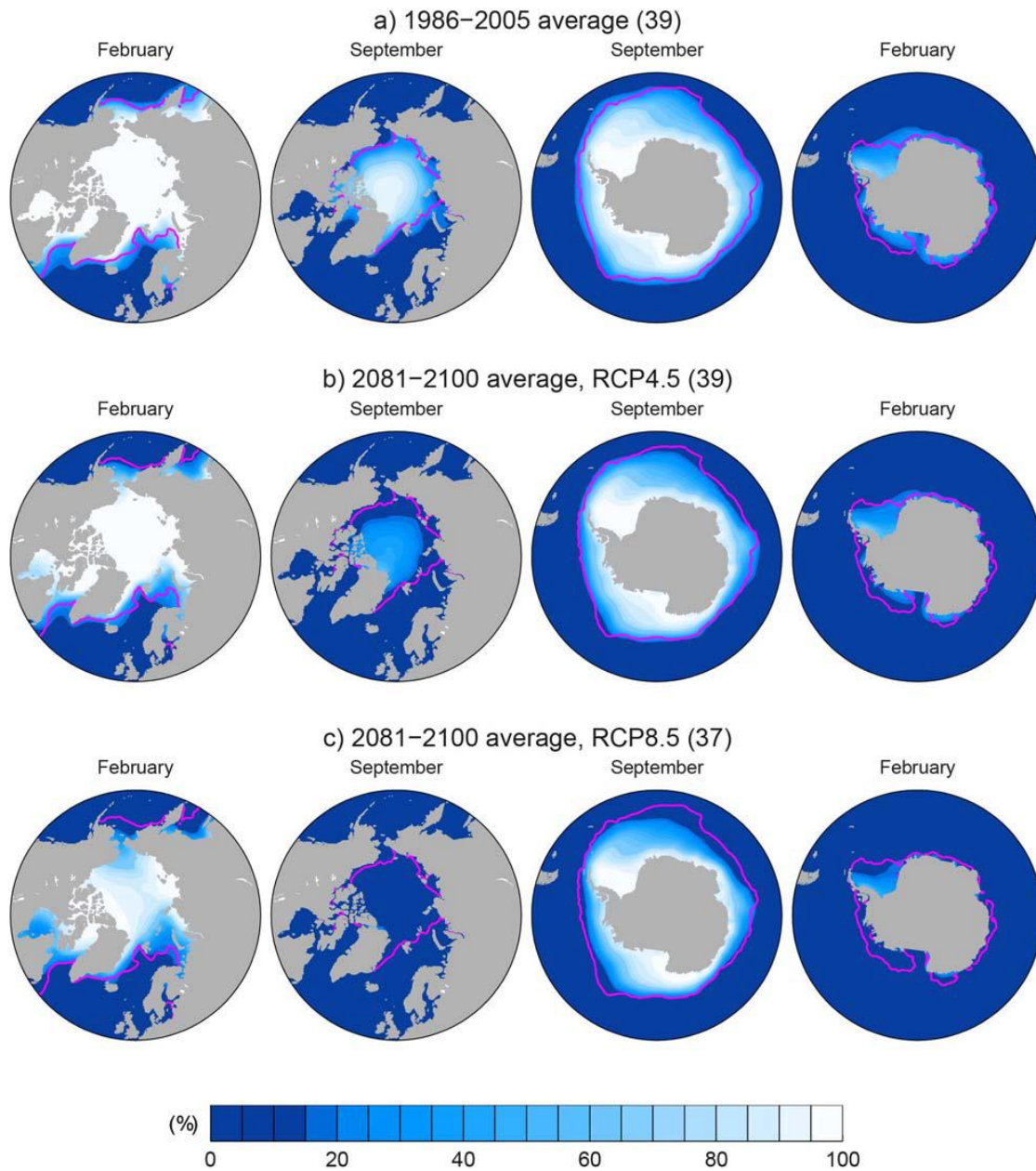
Orai.lt

KRIOSFEROS PROJEKCIJOS

Prognuozuojama jūros ledo paplitimo kaita

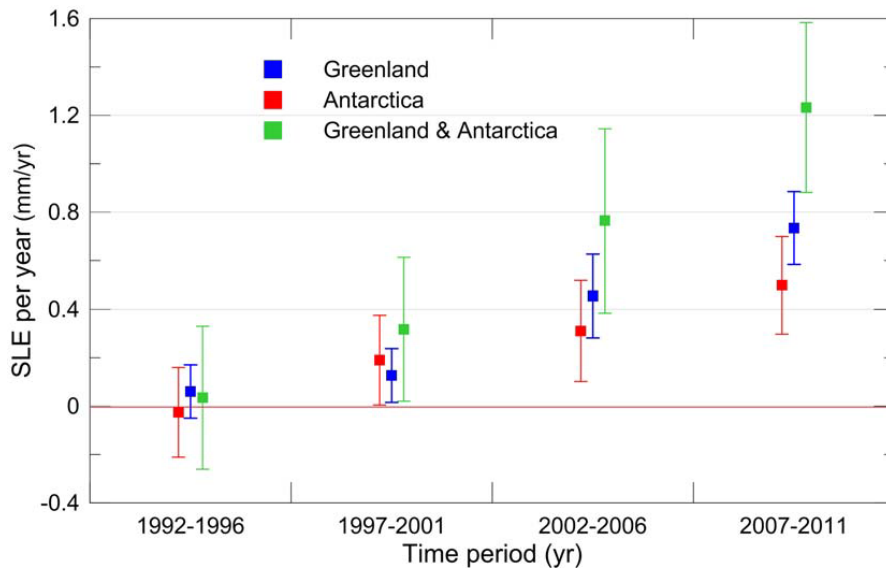
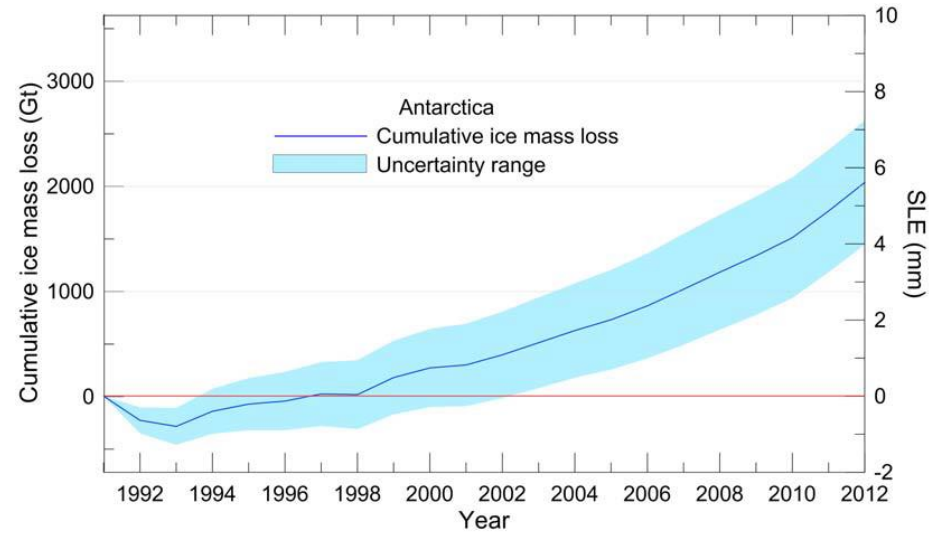
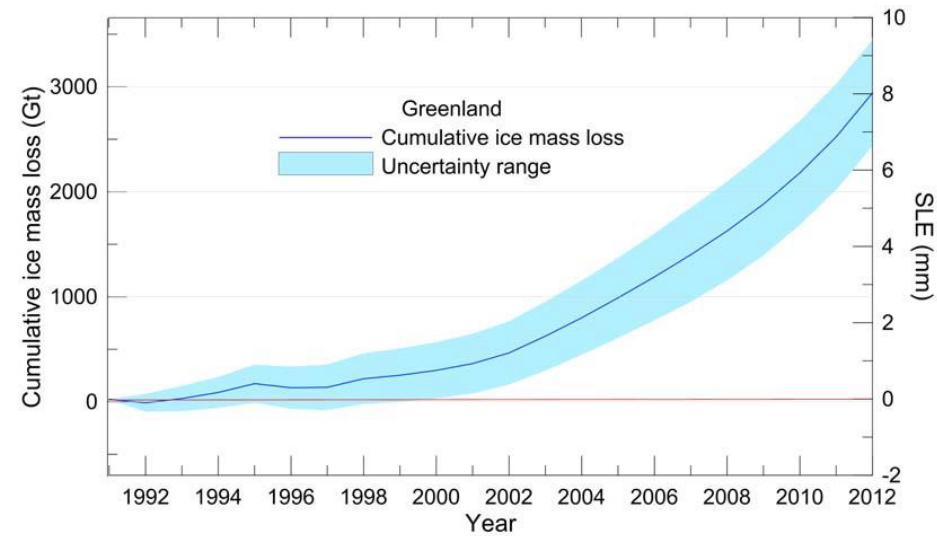
Labai tikėtina, jog
Arkties jūrų
ledynų plotai
toliau trauksis,
taip pat
prognozuojamas
ir Antarkties jūrų
ledynų ploto
mažėjimas, tačiau
pastarųjų pokyčių
prognozė mažiau
patikima.





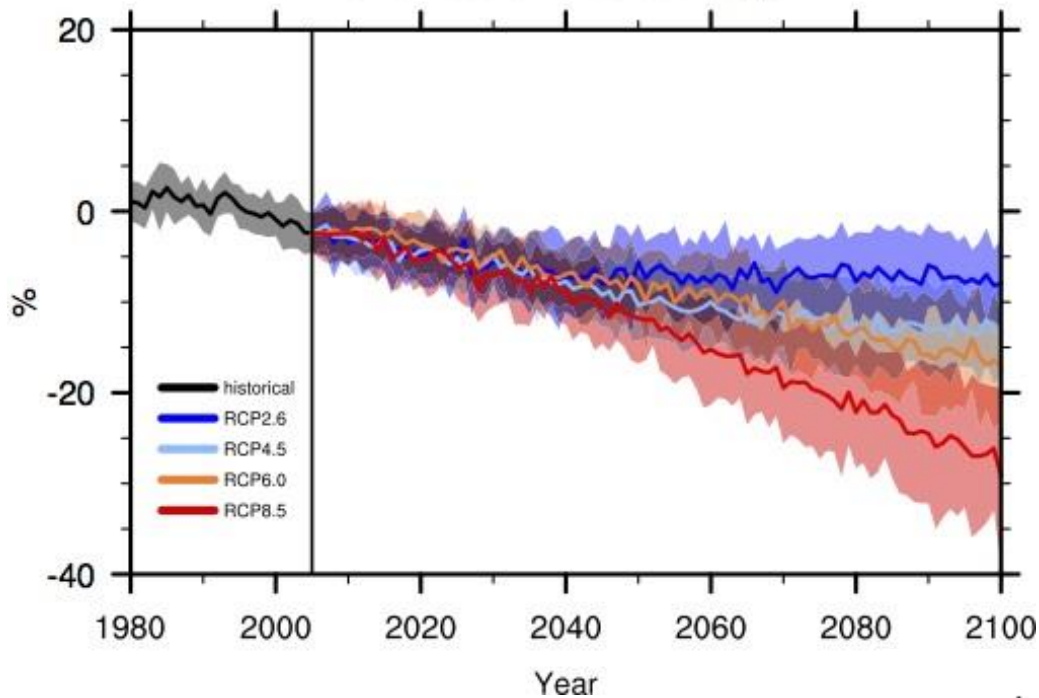
Jūros ledo koncentrācijas prognozē pagal AR5

Ledo skydų masės mažėjimas pagal AR5



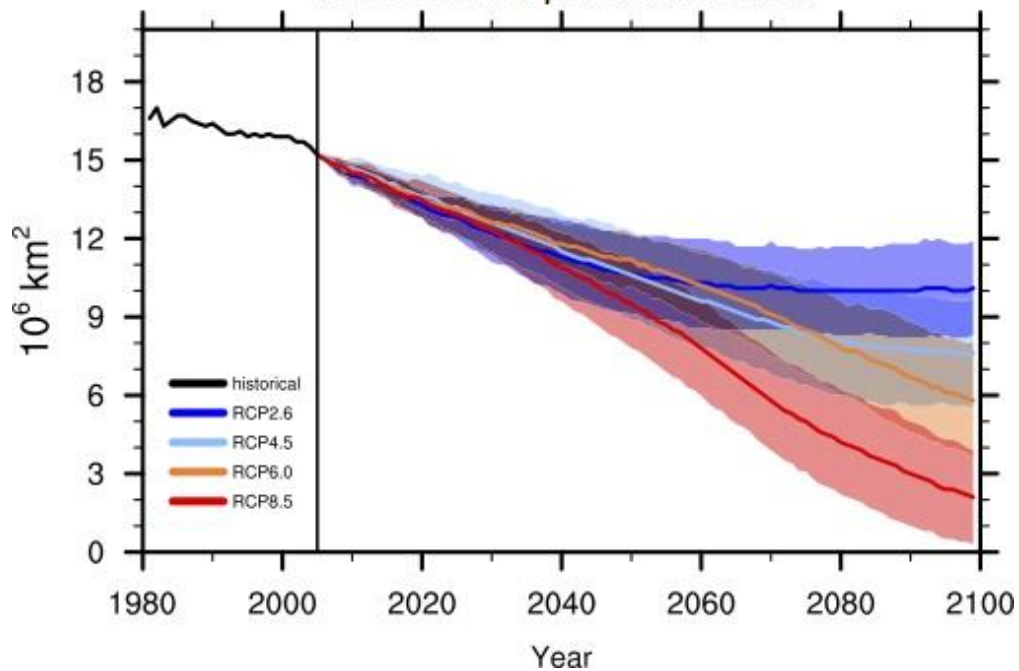
Ledo skydų masės mažėjimo greitis
(apskaičiuotas jūros lygio mm)

Snow cover extent change



Sniego dangos plotų (kovą-balandį) bei paviršinio nuolatinio įšalo plotų šiaurės pusrutulyje kaitos prognozė

Near-surface permafrost area



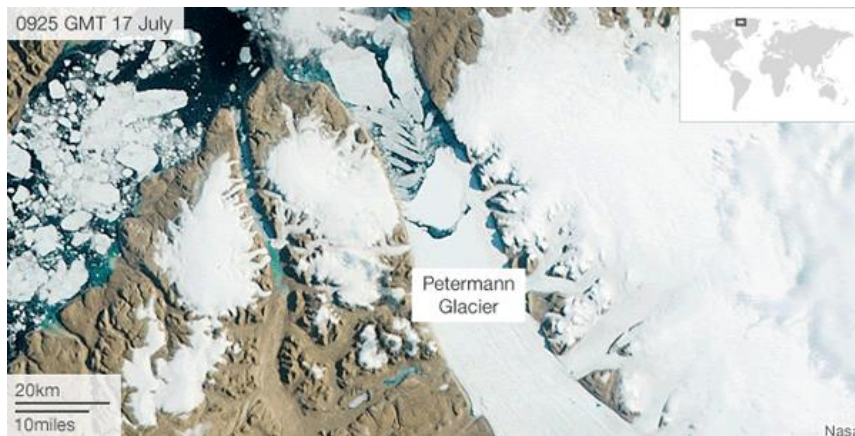
Ledkalniai



Ledkalnių išplitimo ribos

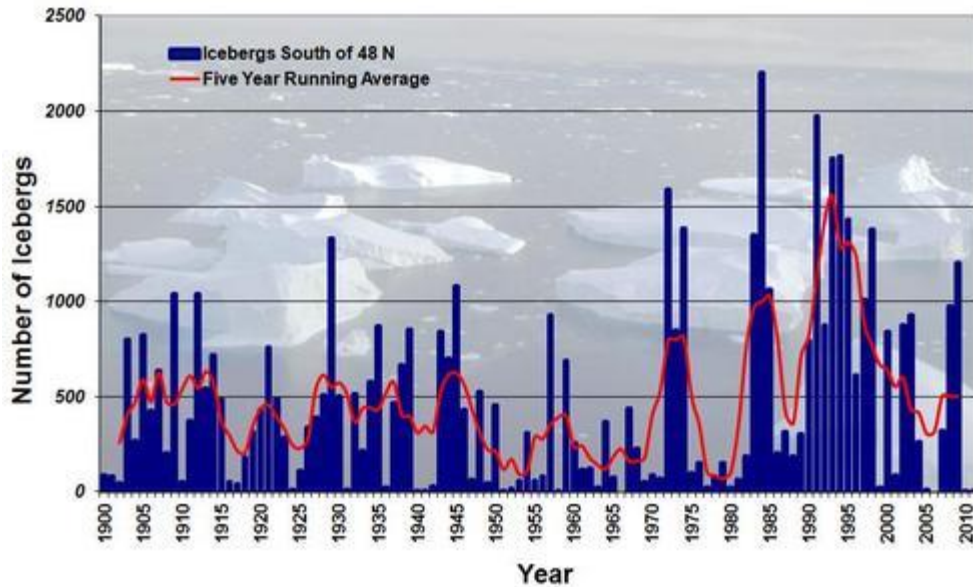


Ledkalniai daugiausiai formuojasi Antarktidoje bei Grenlandijoje. Nuo besiplečiančių ledynų atskilus labiausiai į priekį išsikišusiom dalims.



Petermano ledyno skilimas 2012 metais. NASA nuotrauka.

Kiekvienais metais nuo Grenlandijos ledynų į aplinkinius vandenis patenka 15 000 – 30000 ledkalnių.



Piečiau nei 48 platumą Šiaurės Atlante užfiksuotų ledkalnių skaičius (paveikslas U.S. Coast Guard Navigation Centre)

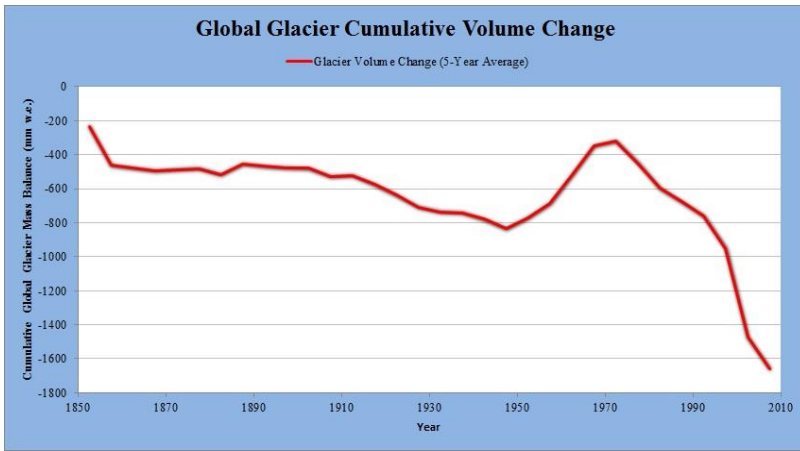


Ledynai

Ledynai – Žemės paviršiuje susitelkusi arba juo slankanti didelė ledo masė, susidariusi iš nespėjusios ištirpti ir išgaruoti sniego dangos, plytinčios aukščiau sniego ribos.

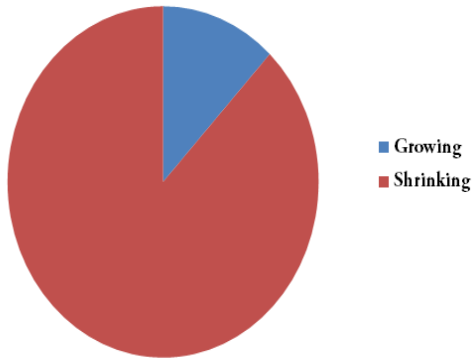


Apie 11% Žemės sausumos (daugiau nei 16 mln. km²) plotų dengia ledynai (tame tarpe ir Grenlandijos bei Antarktidos ledyniniai skydai).



Ilgametē ledynų tūrio kaita pagal Cogley, 2009.

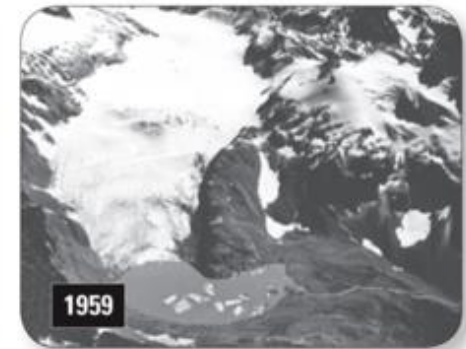
Proportions of growing and shrinking glaciers in 2009



Source: World Glacier Monitoring Service - Glacier Mass Balance Bulletin 08/09, released 14/12/2011

Besitraukiančių ir besiplečiančių kalnų ledynų santykis 2009 metais

Pietinis kaskadinis ledynas JAV





Photographed in 1928



Photographed in 2000



Photographed in 1941



Photographed in 2004

Pakartojimai

Elena Glacier



Gamtinių ir socialinių sferų jautrumas klimato kaitai ir pažeidžiamumas

Jautrumas parodo klimato poveikio (teigiamo ar neigiamo) analizuojamai sistemai laipsnį.

Poveikis gali būti:

- tiesioginis
- netiesioginis

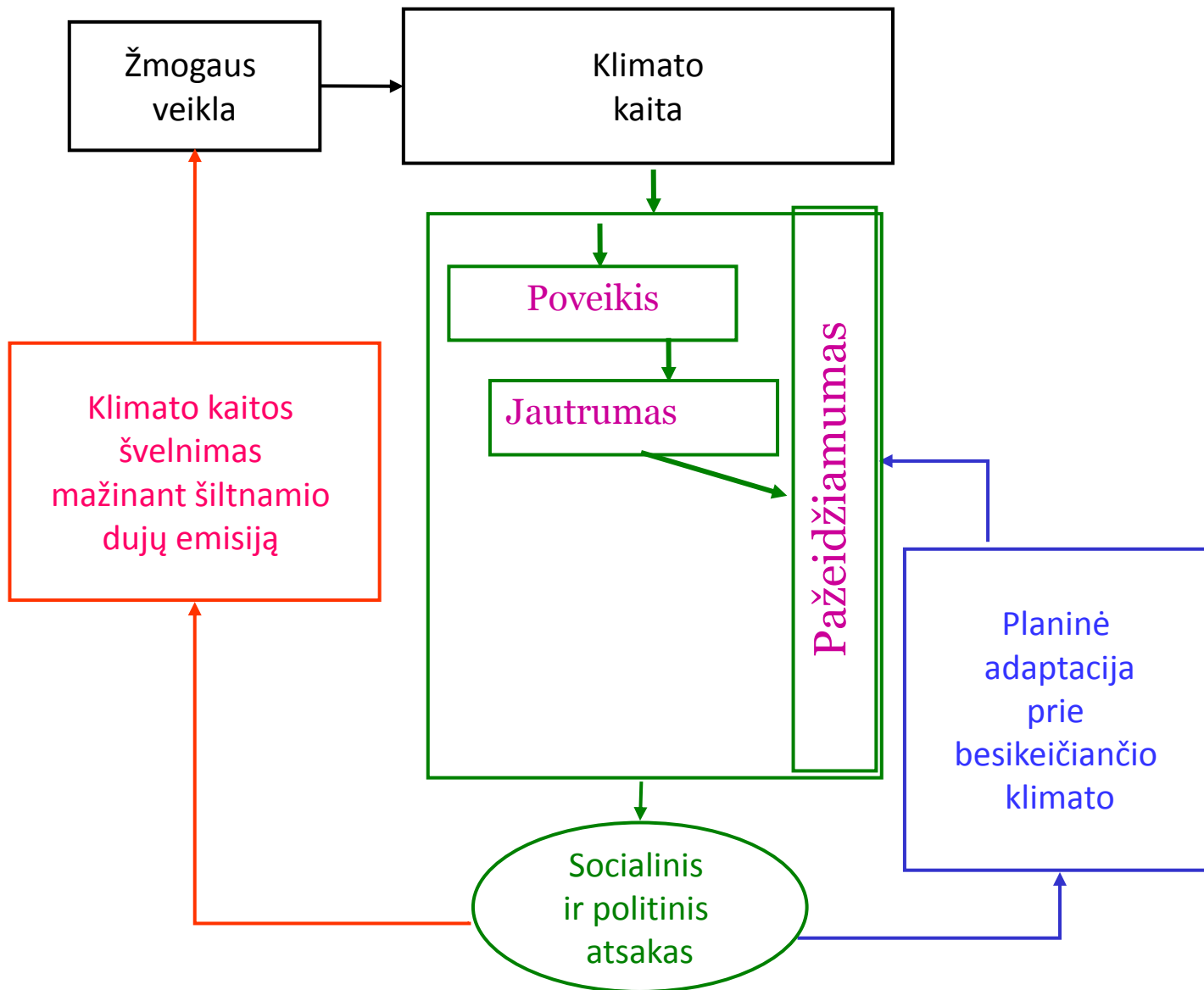


Sistemos pažeidžiamumas yra jautrumo bei gebėjimo adaptuotis funkcija.



Gamtinės sistemos klimato pokyčiams yra jautresnės nei antropogeninės

Atskirų regionų jautrumo klimato kaitai ir pažeidžiamumo pobūdis labai skiriasi.



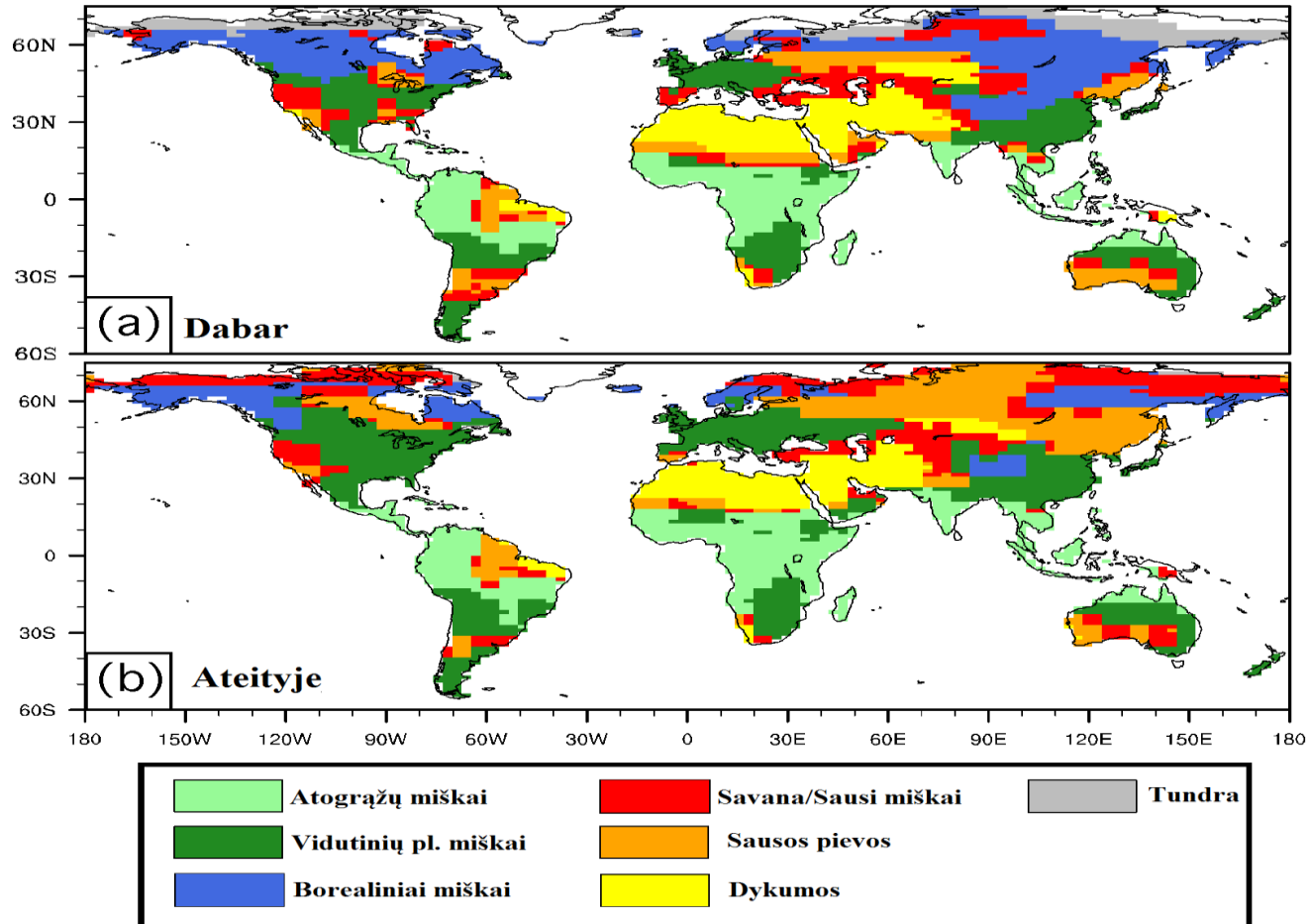
Poveikis biologinei įvairovei

- Ištyrus daugiau nei 500 faunos ir floros rūšių buvo nustatyta, kad 80 % visų rūšių biologinių pasikeitimų sietini su klimato pokyčiais. Tik penktadalis biologinių pasikeitimų nesiejami su klimato kaita.
- Fenologiniai pokyčiai, migracijos laiko ir kelių pasikeitimai, rūšių arealų judėjimas link polių, rūšių elgsenos pokyčiai, kenkėjų ir ligų protrūkiai.

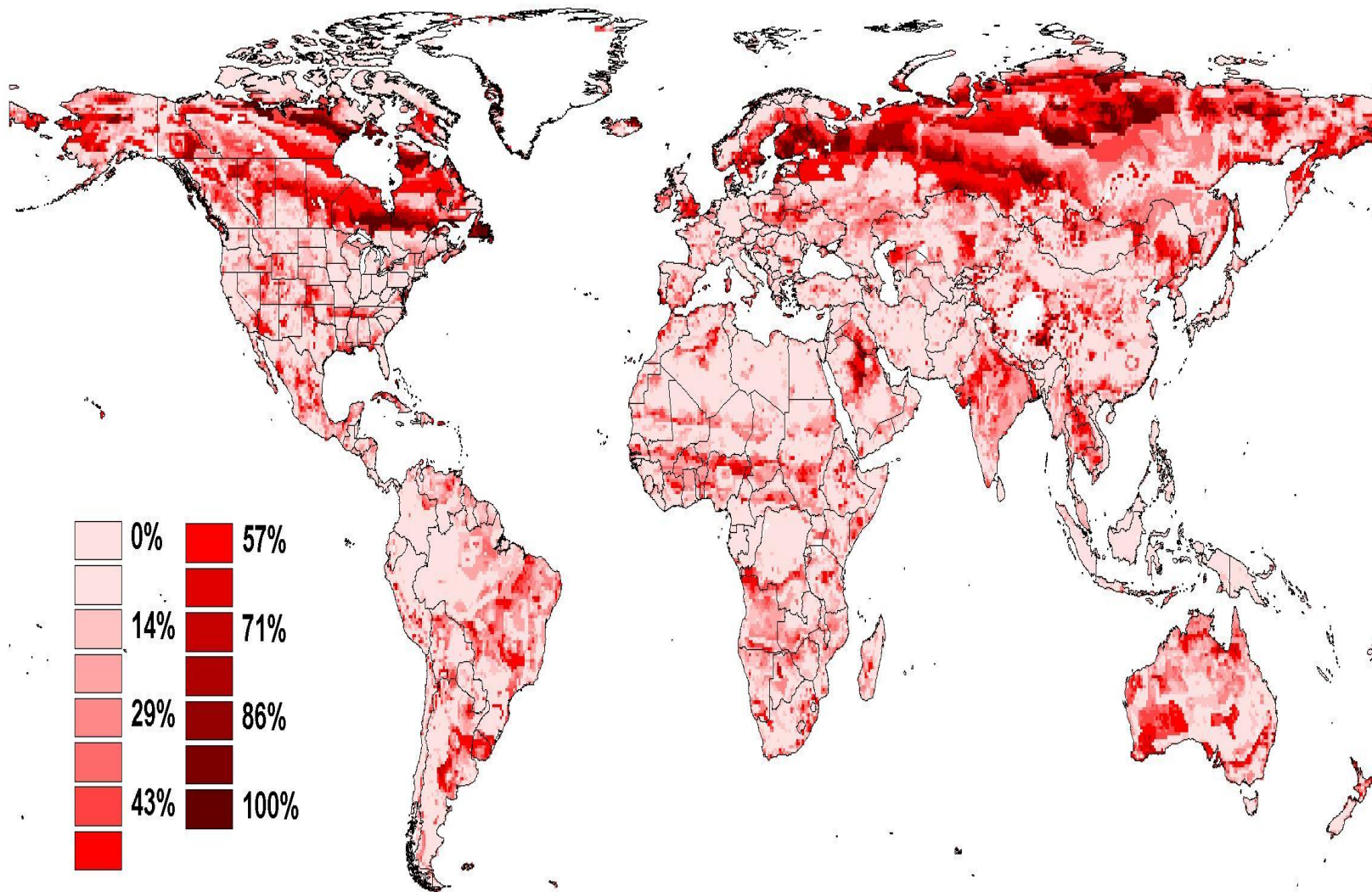


Biomų pasiskirstymas

Biomas – sritys, kurioms būdingas tam tikras vyraujantis augalijos ir gyvūnijos tipas



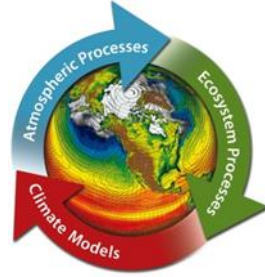
Rūšių migracijos intensyvumas XXI a. pabaigoje



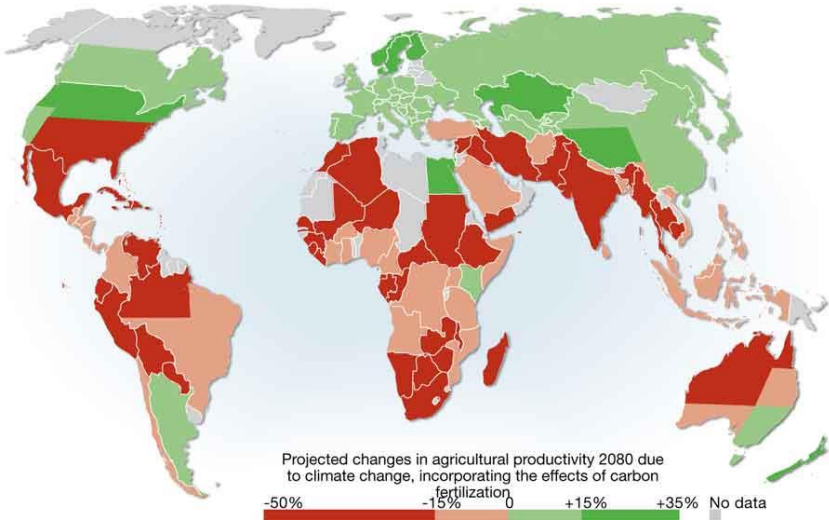
Masinis koralų blukimas



Žemės ūkis



Dėl labai skirtingų žemės ūkio tradicijų, vietinių žemėtvarkos ypatumų, klimato kaitos poveikis žemės ūkiui bus ypač teritoriškai margas.

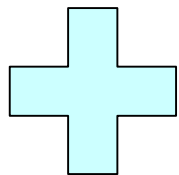


Numatomas produktyvumo pokytis iki 2080 metų

Svarbiausi globalūs poveikiai

- Agrokultūrinės zonos pasislinks į šiaurę (šiaurės pusrutulyje)
- Augant temperatūrai kils kultūrų produktyvumas
- Trumpėjantis vegetacijos periodas gali pabloginti kultūrų kokybę
- Didėjant anglies dvideginio kiekiui didės kultūrų produktyvumas, augs natūralios kilmės nitratų kiekis dirvoje
- Didelį pavojų kels kritulių režimo pokyčiai bei stiprėjantis orų ekstremalumas
- Stiprės dirvos erozija dėl kritulių ir vėjo poveikio
- Gali sustiprėti piktžolių, grybų, kenkėjų, ligų poveikis (keisis žiemojimo sąlygos ir pan.)

Miškininkystė



- Medienos prieaugio didėjimas
- Ilgesnis vegetacijos periodas
- Mažesnė nušalimo rizika žiemą
- Mažesnės išvartos dėl stipraus snygio
- Galimas naujų rūšių introdukavimas

- Gaisringumo didėjimas
- Palankesnės sąlygos augalų kenkėjų žiemojimui
- Naujų ligų bei kenkėjų atsiradimas
- Medienos kokybės blogėjimas
- Sumažėjęs atsparumas pavasario ir rudens šalnomis
- Gruntinio vandens lygio žemėjimas antroje vasaros pusėje
- Greitesnis kenkėjų vystymasis
- Palankesnės sąlygos ligų plitimui
- Sausrų poveikio stiprėjimas
- Vėjo išvartų plotų miškuose didėjimas
- Rūšinė sudėties kaita



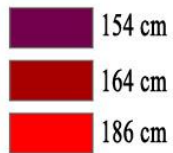
Gyvenvietės ir infrastruktūra

- ☀️ Dažnėjantys ir stiprėjantys ekstremalūs reiškiniai (audros, sausros, liūtys, rūkai, staigūs šalčiai ir kt.) trikdydys miestų funkcionavimą kels pavojų antžeminėms komunikacijoms ir sausumos, oro bei jūrų transportui
- ☀️ Dažnėjant sausroms augs gaisrų miesto teritorijoje pavojus
- ☀️ Stiprės gyvenviečių aprūpinimo kokybišku vandeniu problemos

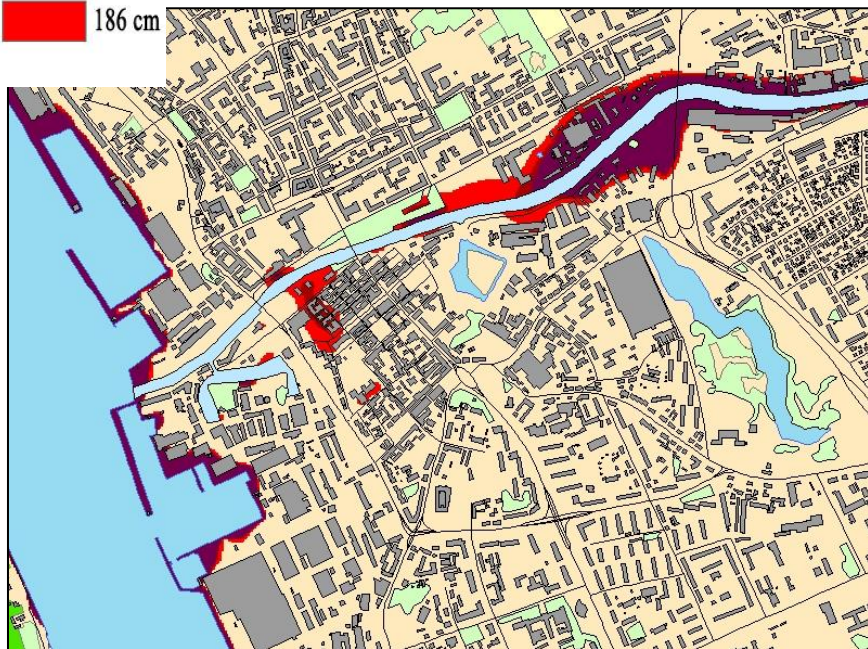


- ☀️ Pakrantės infrastruktūra bus stipriai paveikta jūros lygio kilimo ir audringumo didėjimo
- ☀️ Globaliniam atšilimui ypač jautrios amžino įšalo zonoje esančios gyvenvietės

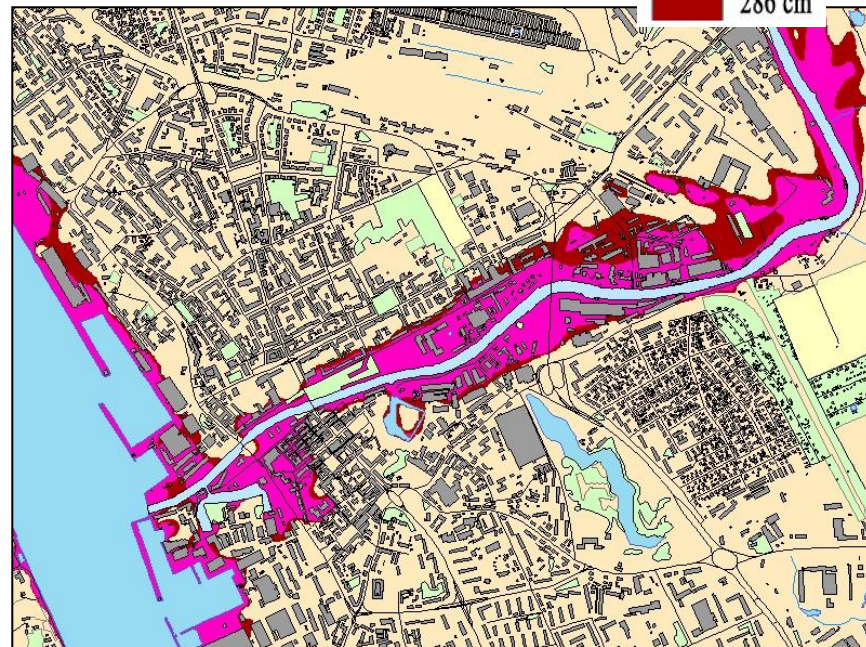
Potencialus Klaipėdos miesto užliejimas audrų metu



XX amžius



2050



Klaipėda po uragano Ervinas 2005 metais



Piarnu (Estija) po uragano Ervinas 2005 metais



Pirita (Estija) uragano Ervinas metu 2005 metais



Klaipėdos miestas ir regionas po ekstremalių kritulių 2005 metais

Didelė miestų teritorija padengta vandeniu nelaidžia ir kritulių nesulaikančia danga. Tuo tarpu lietaus kanalizacijos sistema nepakankamo pralaidumo arba užsikemša



Žmonių sveikata

Stichinės nelaimės



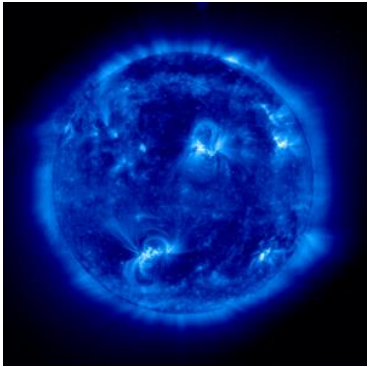
Terminiai ekstremumai



Konfliktai



UV spinduliuotė



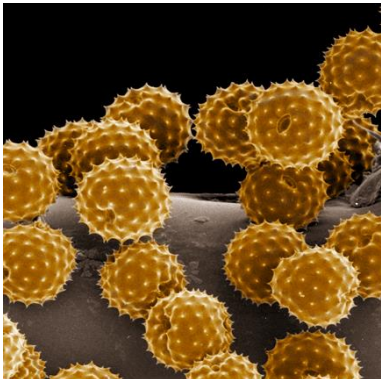
Oro ir vandens tarša



Aprūpinimas maistu ir vandeniu



Aeroalergenai



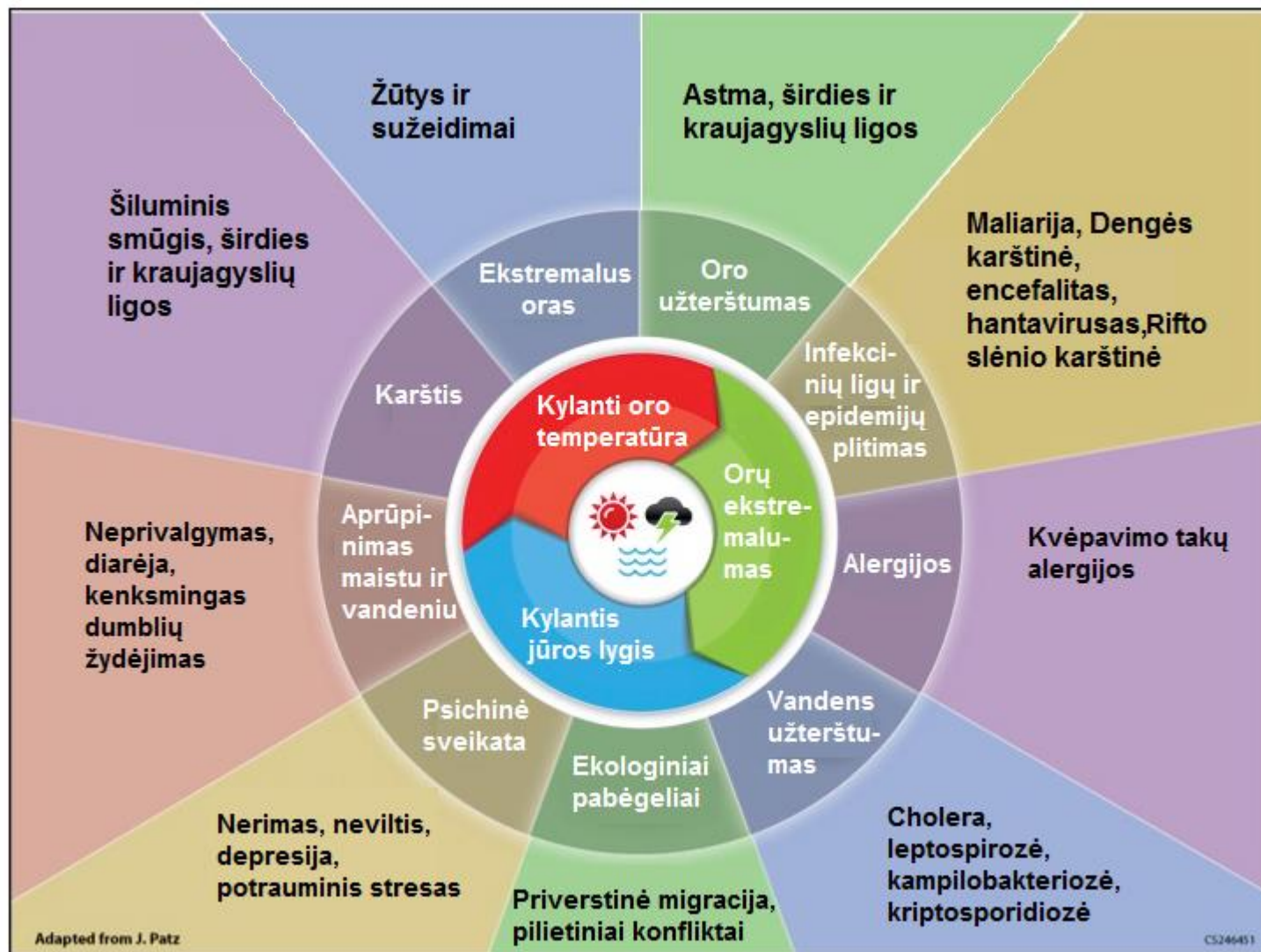
Pavojingi reiškiniai



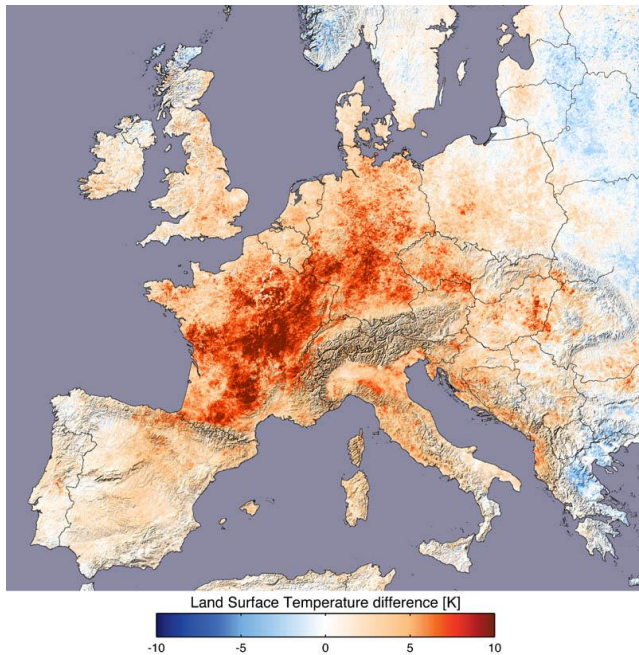
Infekcijų ir epidemijų plitimas



Klimato kaitos įtaka žmonių sveikatai



Terminiai ekstremumai (karštis, šaltis)



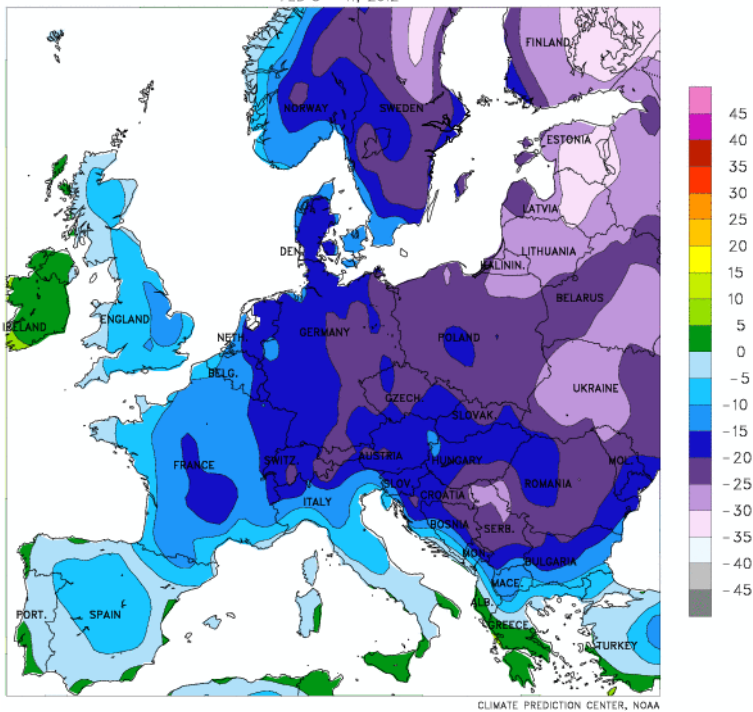
Karščio banga Europoje 2003 metais. 52 000 aukų. Sudegė 650 000 ha miško



2007 metų karščio banga Pietų Europoje. Gaisrai Graikijoje



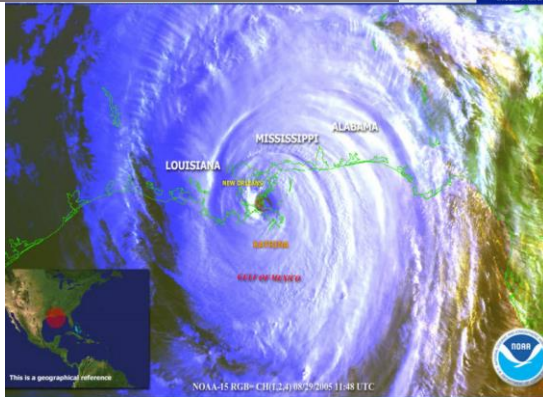
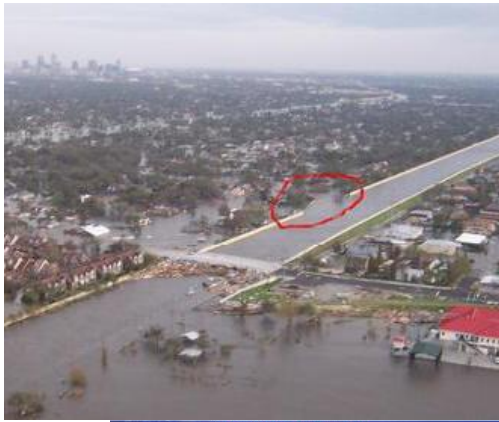
Extreme Minimum Temperature (°C)
FEB 5 - 11, 2012



2012 metų šalčiai Europoje 824 mirtys



Uraganas Katrina



2005 rugpjūčio 25-31
Sausumoje 3 kategorija

1800 žmonių žuvo
250 000 neteko namų
Apie 125 mlrd. \$
nuostolių



Uraganas Katrina

Drowning New Orleans

by Mark Fischetti

Scientific American (October 1, 2001)

The boxes are stacked eight feet high and line the walls of the large, windowless room. Inside them are new body bags, 10,000 in all. If a big, slow-moving hurricane crossed the Gulf of Mexico on the right track, it would drive a sea surge that would drown New Orleans under twenty feet of water. "As the water recedes", says Walter Maestri, a local emergency management director, "we expect to find a lot of dead bodies".

New Orleans is a disaster waiting to happen. The city lies below sea level, in a bowl bordered by levees that fend off Lake Pontchartrain to the north and the Mississippi River to the south and west. And because of a damning confluence of factors, the city is sinking further, putting it at increasing flood risk after even minor storms. The low-lying Mississippi Delta, which buffers the city from the gulf, is also rapidly disappearing. A year from now another 25 to 30 square miles of delta marsh - an area the size of Manhattan - will have vanished. An acre disappears every 24 minutes. Each loss gives a storm surge a clearer path to wash over the delta and pour into the bowl, trapping one million people inside and another million in surrounding communities. Extensive evacuation would be impossible because the surging water would cut off the few escape routes. Scientists at Louisiana State University (LSU), who have modeled hundreds of possible storm tracks on advanced computers, predict that more than 100,000 people could die. The body bags wouldn't go very far.....

Socialiniai procesai

Klimato kaita lems:

- ❖ Gyventojų migraciją
- ❖ Karus
- ❖ Ekonomines krizes
- ❖ Politinius procesus
- ❖ Terorizmo grėsmės didėjimą



Priežastys:

- ❖ Badas
- ❖ Troškulys
- ❖ Ligos
- ❖ Gamtinės ir ekologinės katastrofos

Pagal AR4 iki 2050 metų dėl tiesioginio klimato kaitos poveikio daugiau nei 250 milijonų žmonių visam laikui paliks savo namus. Dar 645 milijonų dėl užtvankų statybos ir kitų infrastruktūros projektų. Viso apie 1 milijardas žmonių.

Amžiaus pabaigoje 1-3 milijardai žmonių kės troškulį, 200-600 milijonų badą, 2-7 milijonai kasmet dėl jūros lygio kilimo neteks savo namų



Pabėgėlių išlaikymui bei asimiliacijai kasmet bus skiriama vis daugiau ES bei nacionalinių lėšų. Aštrės konkurencija darbo rinkoje, augs socialinė įtampa.

Ar klimato kaita yra naudinga Lietuvai?

Trys didžiausios naudos Lietuvai

- a) Mažėjančios sąnaudos šildymui
- b) Ilgėjantis vasaros (rekreaciniu požiūriu) laikotarpis
- c) Žemės ūkio derlingumo didėjimas



Trys didžiausios grėsmės Lietuvai

- a) Gamtinės aplinkos degradacija
- b) Didėjantys nuostoliai dėl dažnesnių audrų, liūčių, sausrų, potvynių ir kitų ekstremalių klimato įvykių
- c) Poveikis žmonių sveikatai (karščio bangos, naujos ligos, atsparumo mažėjimas ir kt.)



Energetinių resursų kainos didėjimas

Didėjantis ekologinių emigrantų į ES ir Lietuvą (???) skaičius

Skola besivystančiom šalim

Ką daryti?

Apsimesti, kad nieko nevyksta ir laukti



„Tai tiesiog natūrali klimato kaita“

„Kai suprasime priežastis, galėsime ją sustabdyti“

„Mažinti išmetamųjų dujų kiekį turi kiti“

„Tai ne svarbiausia problema“

Après moi, le déluge



Liudvikas XV



Globalizacijos amžiuje ir
tvanas globalus

Klimato kaitos politika



Klimato kaitos politika – tai yra veiksmų kompleksas skirtas mažinti šiltnamio dujų koncentracijos didėjimą atmosferoje bei adaptuotis prie klimato pokyčių.

- 1969 metais Ričardo Niksono (JAV) iniciatyva NATO įvardijo rūgštinius lietus ir šiltnamio efektą kaip iššūkius reikalaujančius tarptautinės visuomenės dėmesio;
- 1972 metais Jungtinių Tautų konferencijoje Vilis Brandtas (Vokietija) įvardijo kaip būtinybę tarptautinę kooperaciją šiltnamio efekto srityje;
- 1979 metais Ženevoje įvyko pirmoji pasaulinė klimato konferencija, kurios metu įkurtos “Pasaulinė klimato programa” ir “Pasaulinė klimato tyrimų programa”;
- 1987 metais pasirašytas Monrealio protokolas ribojantis ozono sluoksnį niokojančių dujų emisiją;
- 1988 įsteigta IPCC, kurios tikslas koordinuoti mokslinę veiklą skirtą žmogaus įtakos klimato pokyčiams įvertinimui;
- 1992 metais Rio de Žaneire pasirašyta klimato kaitos konvencija, kurios pagrindinis tikslas buvo stabilizuoti šiltnamio dujų koncentraciją tokiame lygyje, jog žmogaus įsikišimas stipriai nepaveiktų klimato sistemos;

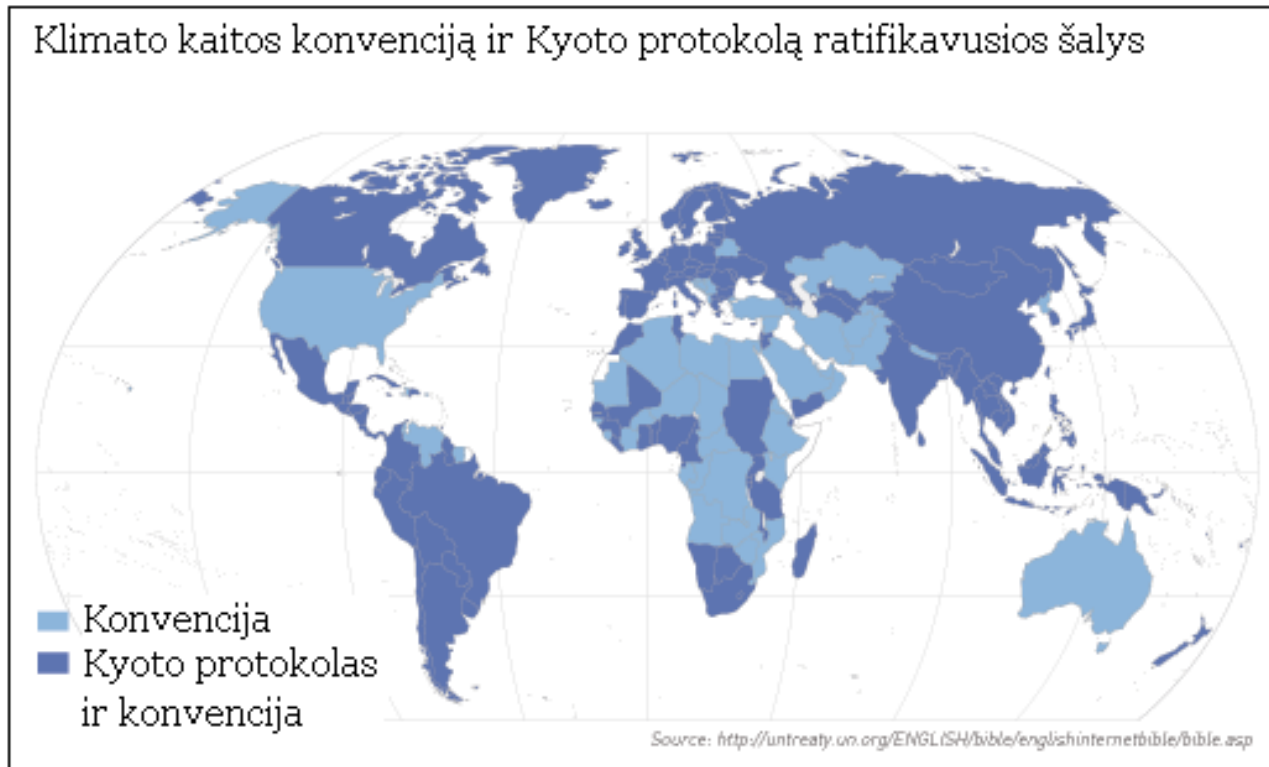
- Įsigaliojo klimato kaitos konvencija;
- 1996 metais Europos Sąjunga iškelė tikslą pasiekti, jog globali temperatūra nepadidėtų daugiau nei 2 °C;
- 1997 metais JAV senatas atsisakė pasirašyti Kioto protokolą, kol nebus didesnių besivystančių šalių įsipareigojimų;
- 1997 metais pasirašytas Kioto protokolą;
- 2001 metais JAV nutraukė derybas dėl Kioto protokolo pasirašymo;
- 2005 metais Kioto protokolą įsigaliojo, jį ratifikavus Rusijai (ratifikavo šalys, kurių suminė emisija 1990 metais sudarė 55%);
- 2005 metais Europos Sąjungoje įsigaliojo prekybos taršos šiltnamio dujomis leidimais schema;
- 2006 metais publikuota N. Šterno apžvalga. Joje įvertintas klimato kaitos poveikis pasaulinei ekonomikai;

- 2007 metais Europos taryba patvirtino tikslą iki 2020 sumažinti ES šiltnamio dujų emisiją 20% lyginant su 1990 metais (30%, jei procese adekvačiai dalyvaus besivystančios šalys);
- 2009 metais JAV Atstovų rūmai priėmė pirmąjį įstatymą JAV skirtą šiltnamio dujų emisijos mažinimui;
- 2009 metais vykusioje 15 COP (*Conference of Parties*) konferencijoje Kopenhagoje nesėkmingai buvo bandoma pratęsti Kioto protokole iškeltų uždavinių vykdymą. Tam labai pakenkė taip vadinamas “Klimatgeitas”.
- 2012 metais Kioto protokolo galiojimo pabaiga; Rusija, Japonija ir daugelis kitų šalių pareiškė jo nepratęs. Kinija ir Indija nemažins emisijų, kol to nedarys JAV, Australija ir kt.
- 2015 metais Paryžiuje įvyko jau 21 JT Klimato kaitos konvencijoje dalyvaujančių šalių konferencija.



<http://www.youtube.com/watch?v=uJYxXTRgWvg>

1992 metais 150 valstybių atstovai JTO priėmė Jungtinių Tautų Bendrąją klimato kaitos konvenciją, kuri įsigaliojo 1994 metais. 2007 balandį ją buvo ratifikavusi 191 šalis



1995 metais ją ratifikavo Lietuva.

Kioto protokolas

Kioto protokolas – JT Bendrosios klimato kaitos konvencijos protokolas (priimtas 1997 metais (COP-3)), nurodantis, jog ratifikavusios konvenciją šalys užtikrina, kad bendras jų išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis neviršys joms nustatytų normų bei įsipareigoja laikotarpyje nuo 2008 iki 2012 metų sumažinti bendrą šiltnamio dujų kiekį (palyginti su 1990 m.) bent 5%.

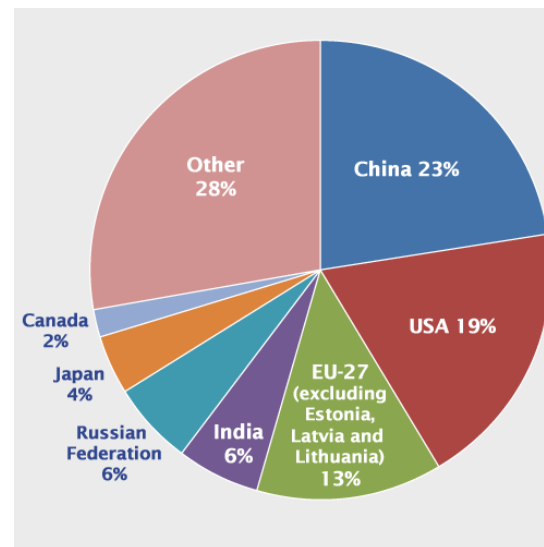
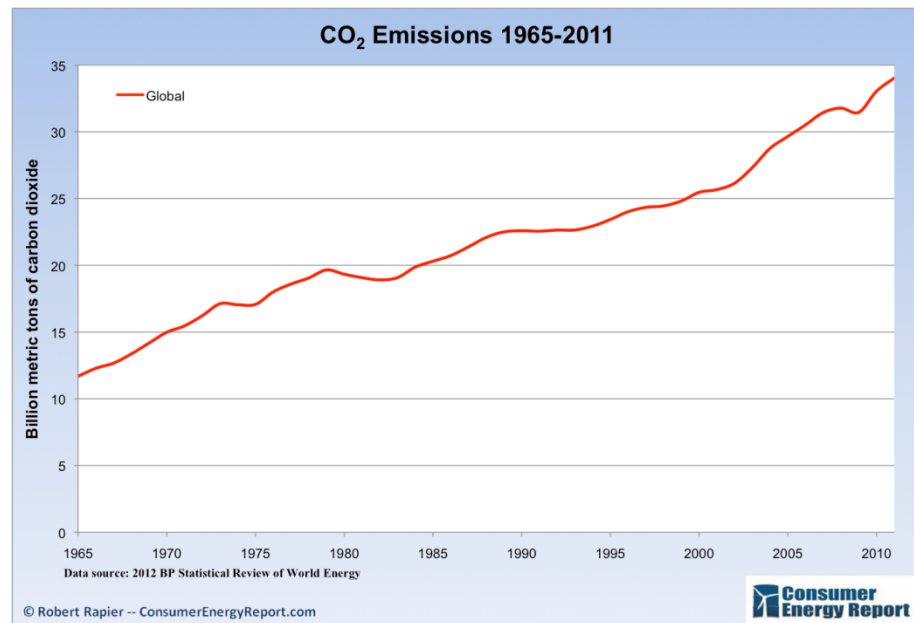


CO₂ emisijos (tonomis vienam gyventojui) 2012 metais

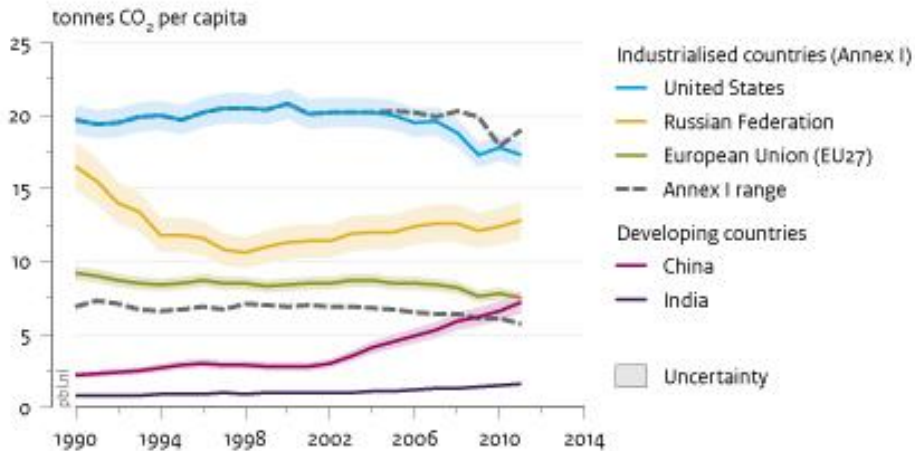
1	Olandų Antilai	34,0
2	Trinidadas ir Tobagas	33,3
3	Kataras	31,0
8	Liuksemburgas	19,2
9	Australija	19,0
10	JAV	17,3
18	Estija	13,7
19	Rusija	12,8
36	Lenkija	9,1
49	Jungtinė Karalystė	7,5
51	Baltarusija	7,4
54	Kinija	7,2
81	LIETUVA	4,7
98	Latvija	3,7
133	Indija	1,6
213	Čadas	0,02

Source: European Commission, Joint Research Centre (JRC)

Situacija 1965-2011 metais



CO₂ emissions per capita from fossil fuel use and cement production in top 5 emitters



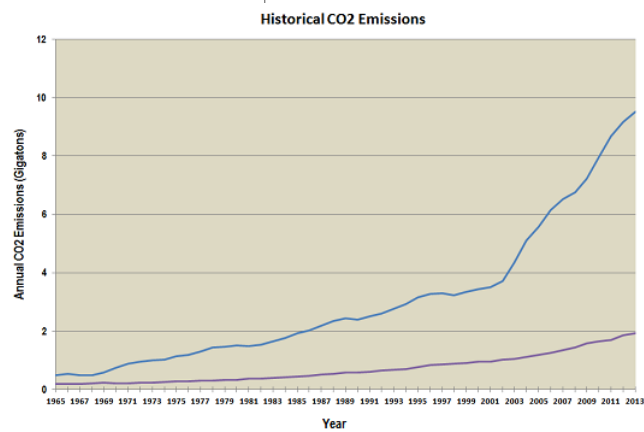
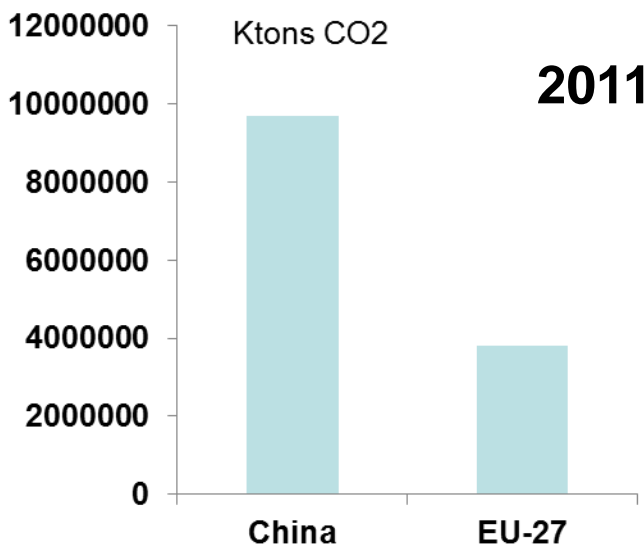
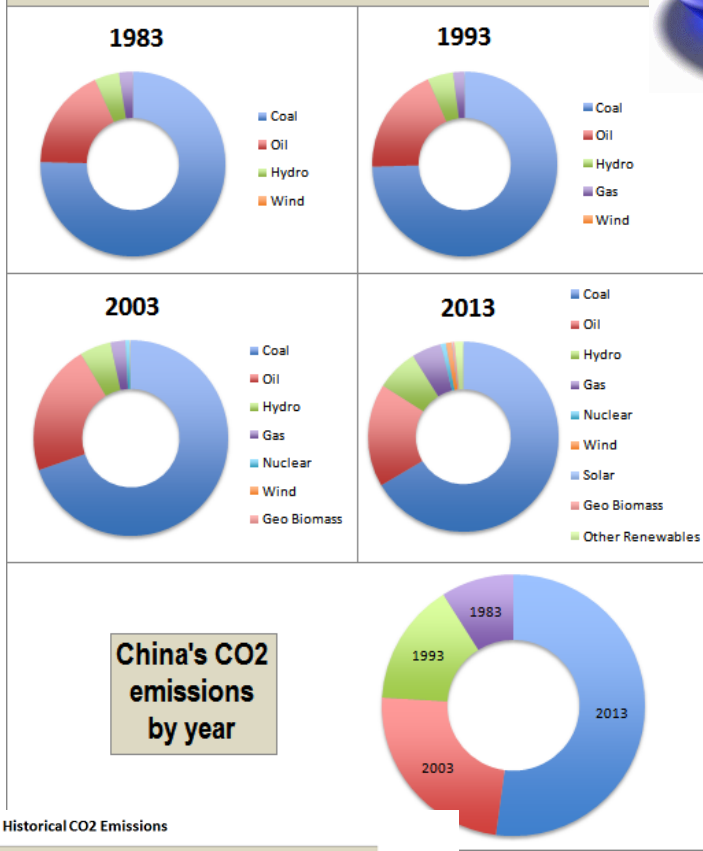
Source: EDGAR 4.2; UNPD, 2010; Olivier et al., 2012

www.pbl.nl

Kinija



China's energy consumption

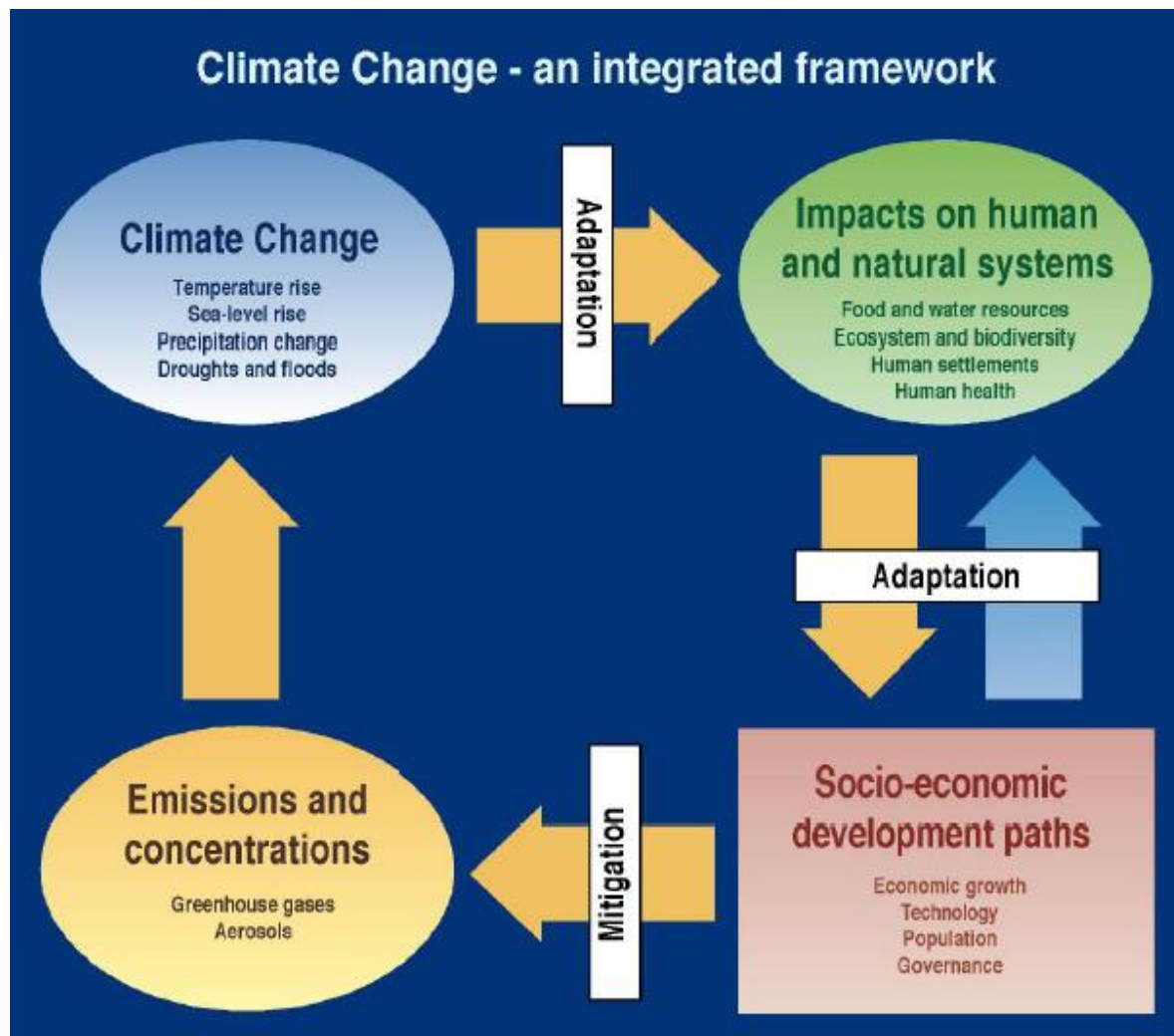


Source: BP Statistical Review

ES Ministrų Taryba pareiškė „mananti, kad vidutinė pasaulio temperatūra neturi būti daugiau nei 2 °C didesnė už priešindustrinio laikotarpio temperatūrą“.

Tam būtina, kad emisijos iki 2050 metų globaliu mastu sumažėtų apie 50 %. Tai reiškia, kad išsivysčiusiems šalims teks sumažinti savo emisijas 80 %.

AR TAI REALU ???



IPCC bendra klimato pokyčių schema. Švelninimas ir adaptacija yra būdai galintys pakeisti procesų vyksmą.

Klimato kaitos politika Lietuvoje

1996 metais buvo patvirtinta Jungtinių Tautų Bendrosios klimato kaitos konvencijos įgyvendinimo nacionalinė strategija

2008 metais buvo patvirtinta Jungtinių Tautų Bendrosios klimato kaitos konvencijos įgyvendinimo iki 2012 nacionalinė strategija

www.am.lt/VI/files/0.383371001205409509.doc

2012 metais LR seimas patvirtino Nacionalinę klimato kaitos valdymo politikos strategiją 2013-2050 m. laikotarpiui ir nustato trumpalaikius (iki 2020 m.), vidutinės trukmės (iki 2030 m. ir iki 2040 m.) ir ilgalaikius (iki 2050 m.) su klimato kaita susijusius tikslus ir uždavinius. Jie skirti klimato kaitos švelninimui ir prisitaikymui prie šios kaitos.

http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=437284&p_query=klimato%20kaitos&p_tr2=2



Tai irgi klimato kaitos politika



Klimato kaitos švelninimo priemonės

Klimato kaitos švelninimas yra veiksmai, kuriais siekiama sumažinti antropogeninės kilmės globalinį atšilimą sukeltą spindulinį poveikį klimato sistemai.

Švelninimo politikos veiksmingumas priklauso nuo nacionalinių sąlygų bei išorinio spaudimo (pvz., ES direktyvos), tačiau galimų instrumentų spektras yra labai didelis:

- Klimato politikos integravimas į platesnę plėtros politiką
- Reglamentai ir standartai
- Mokesčiai
- Prekybos leidimai
- Finansinės paskatos
- Savanoriški susitarimai
- Informaciniai instrumentai
- Moksliniai tyrimai ir plėtra



Du pagrindiniai klimato kaitos švelninimo keliai

Mažinti emisiją



Didinti absorbcines galias



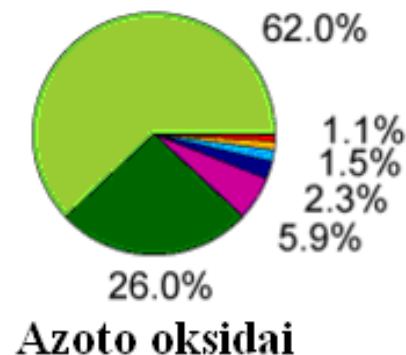
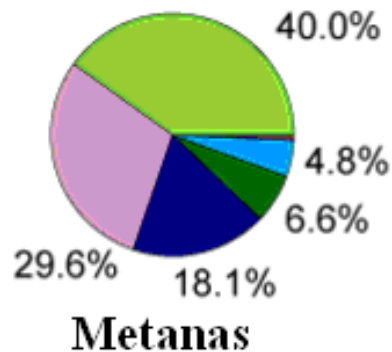
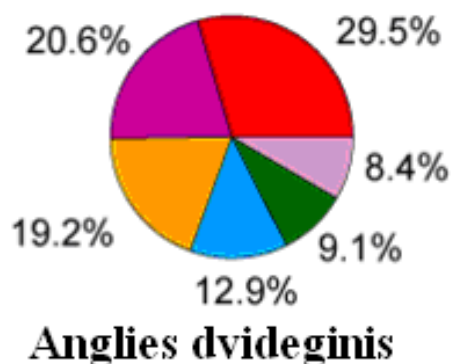
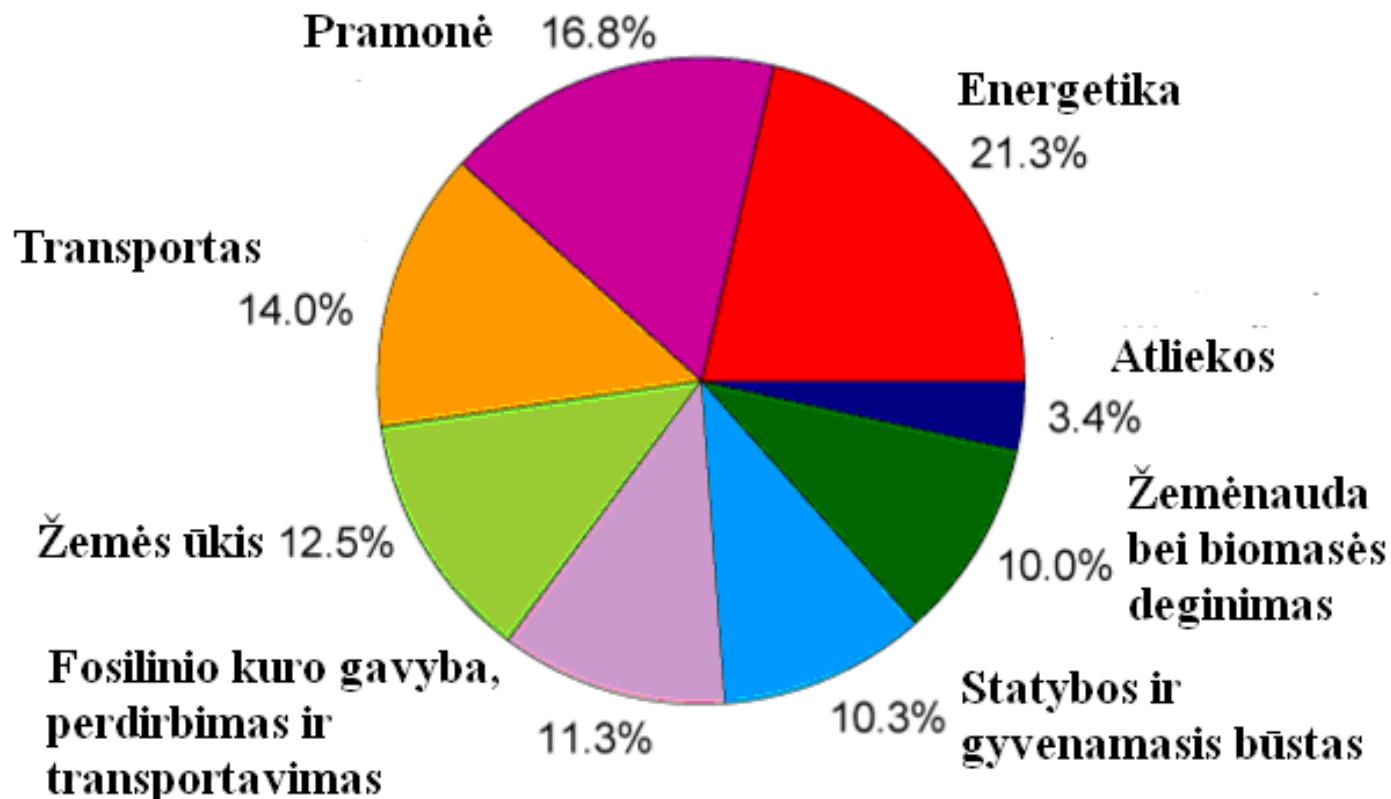
Emisijos mažinimas

Yra keletas būdų mažinti šiltnamio dujų emisiją:

- sumažinti emisijai imlių prekių ir paslaugų paklausą;
- didinti visų sektorių energetinį efektyvumą;
- vystyti mažai anglies dioksido į aplinką išskiriančias technologijas;
- mažinti iškastinio kuro emisijas, keičiant jas kitomis energijos formomis.

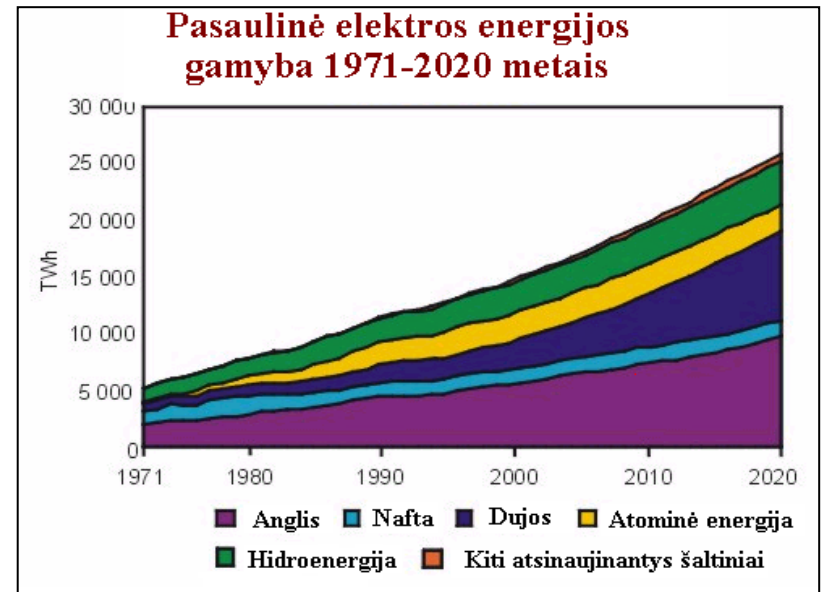
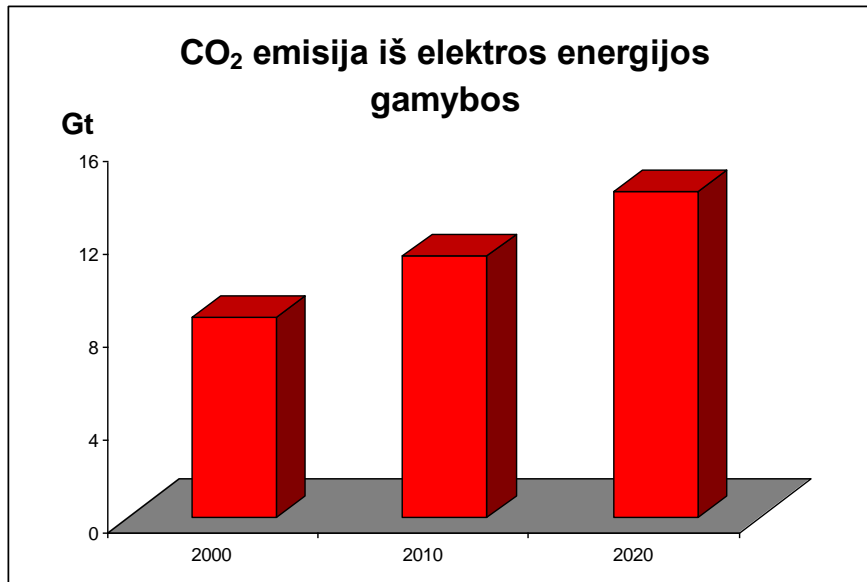


Šiltnamio dujų emisija pagal sektorius

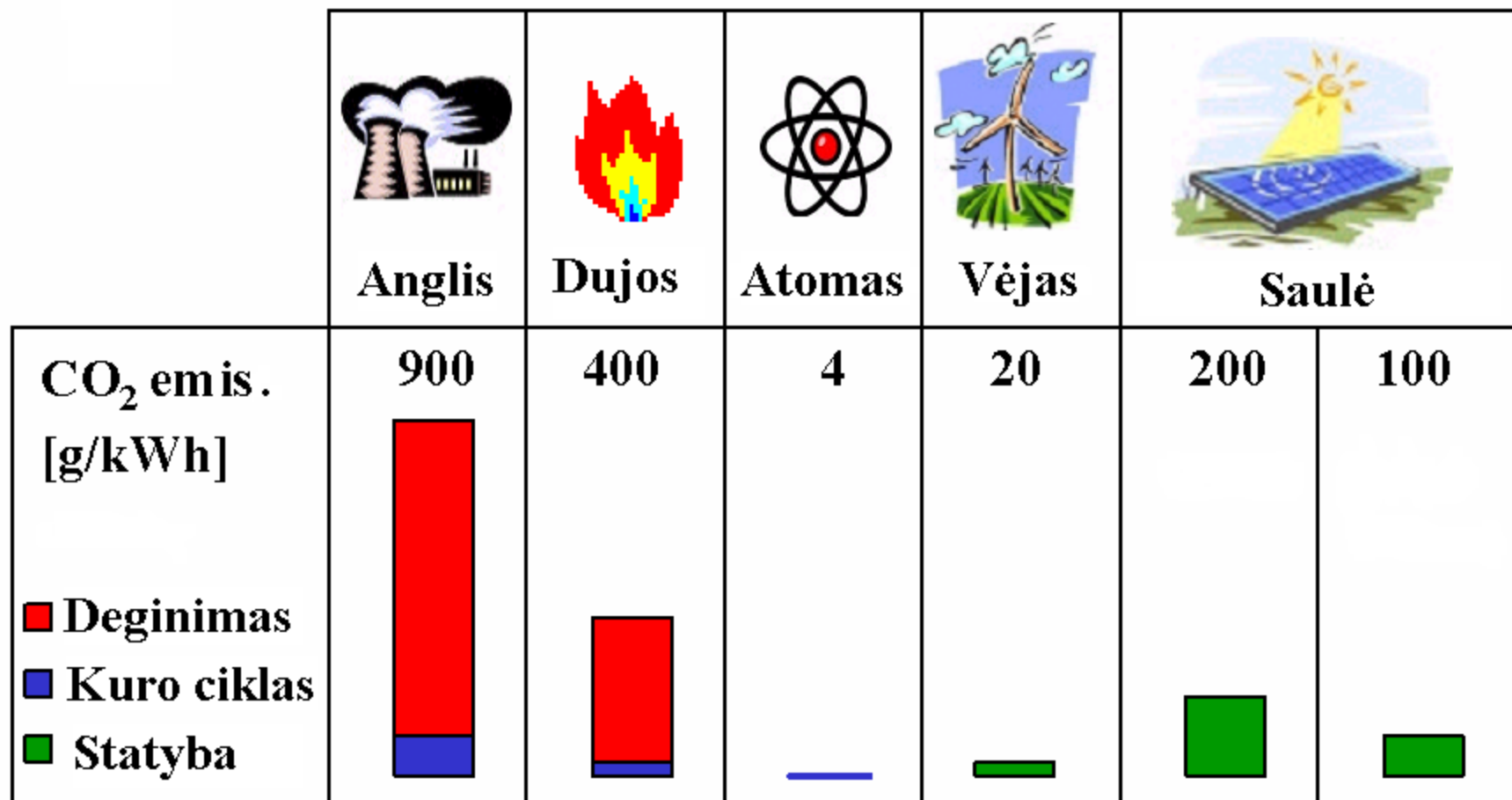


Energetika. Emisijos mažinimas

- Energetikos įmonių modernizavimas bei „švarių“ technologijų diegimas
- Energijos tiekimo bei paskirstymo sistemos modernizavimas
- Naftos ir anglies keitimas gamtinėmis ir skalūninėmis dujomis
- Diegti kombinuotą elektros ir šilumos energijos gamybą
- Atominės energetikos plėtra
- Atsinaujinančių energijos išteklių (tame tarpe ir biokuro) panaudojimas
- Šiltnamio dujų „pagavimas“ ir saugojimas
- Lanksčios finansinės paramos bei lengvatų sistemos kūrimas



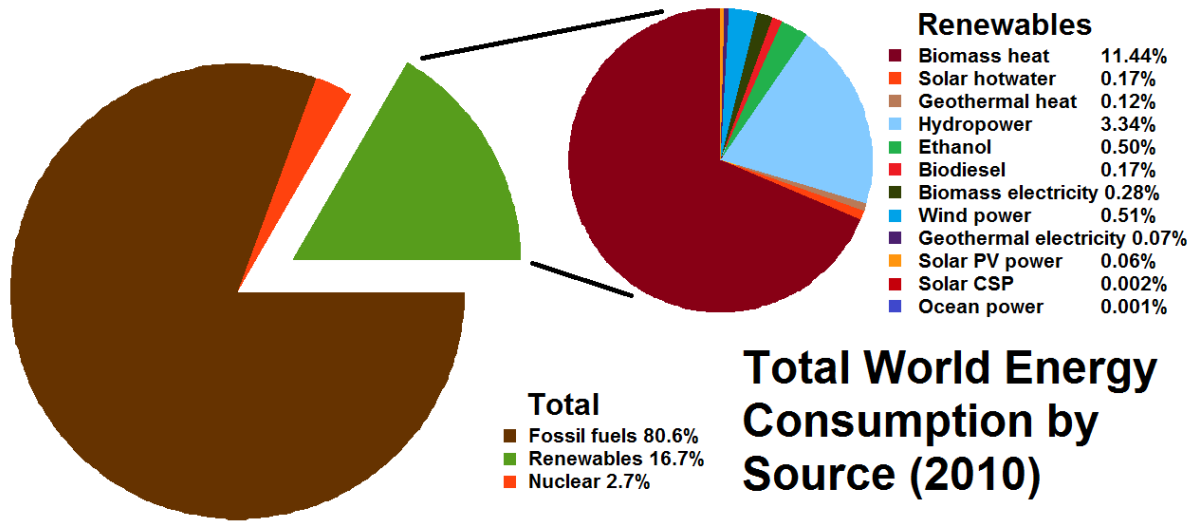
CO₂ emisija reikalinga elektros energijos gamybai



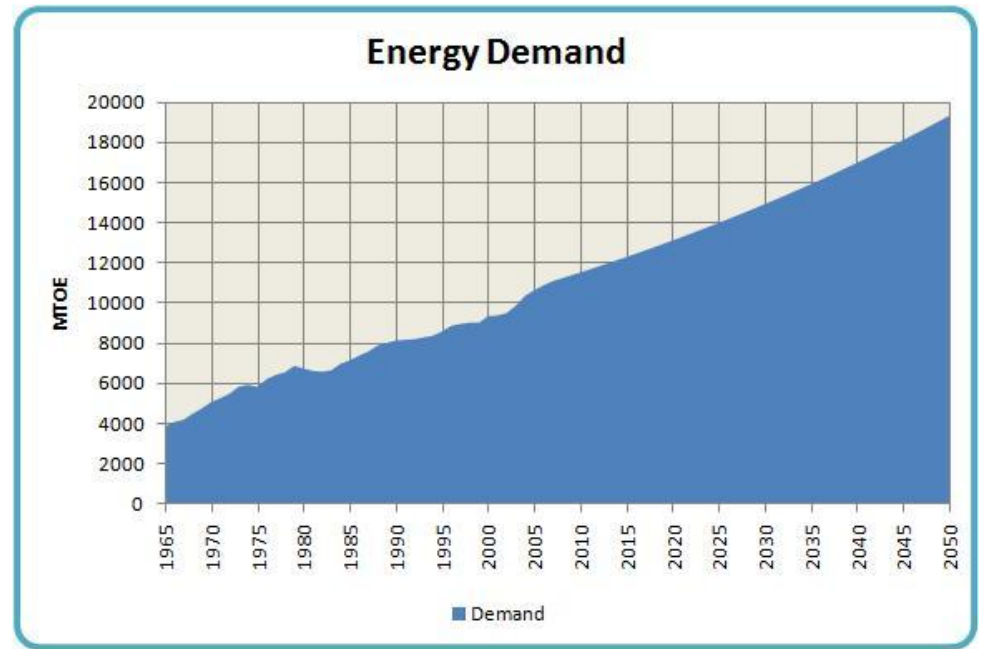
Apskaičiuoti anglies resursai (mln. t.)



Šalis	Kiekis
JAV	249994
Rusija	157010
Kinija	114500
Indija	84396
Australija	82090
Vokietija	66000
Pietų Afrika	49520
Ukraina	34153
Kazachstanas	34000
Lenkija	22160
Serbija ir Juodkalnija	16256
Brazilija	11929
Kolumbija	6648
Kanada	6578
Čekija	5678
Indonezija	5370
Viso	984453



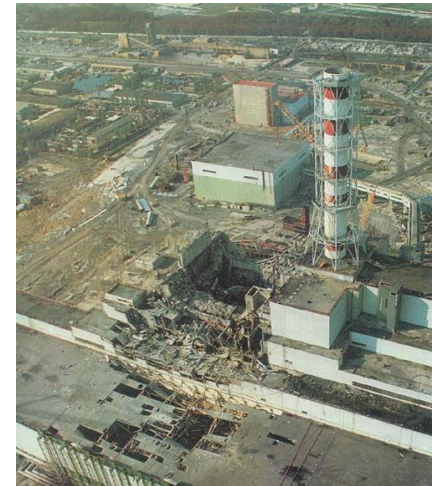
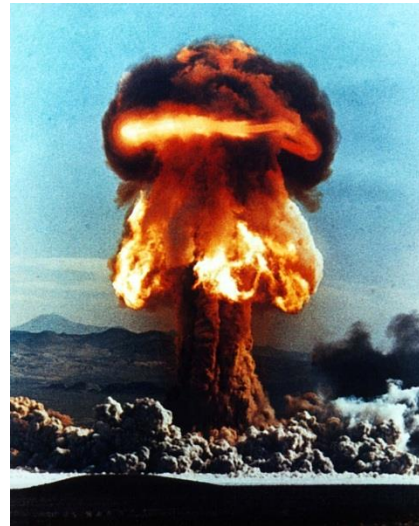
Renewables 2012 Global Status Report



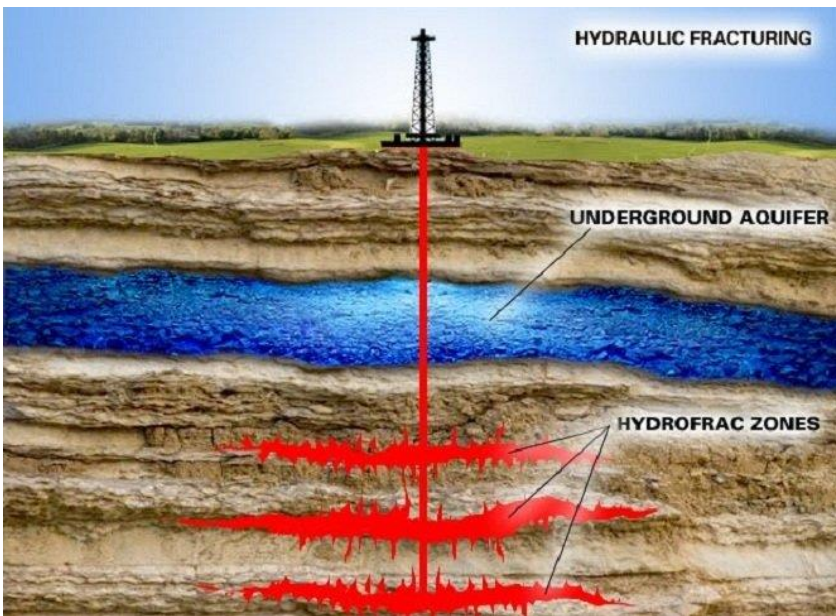
BP Statistical Review of World Energy 2007

Atominės energetikos problemos

1. Katastrofų pavojus
 - a) aplaidumas
 - b) pikta valia
 - c) gamtinės nelaimės
2. Atliekų saugojimas
3. Branduolinio ginklo gamyba
4. Dideli statybos kaštai

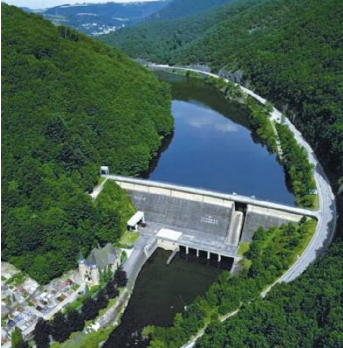


Skalūnų dujos!?



Atsinaujinantys alternatyvūs energijos šaltiniai. Problemos

<http://www.youtube.com/watch?v=-1ElhowgtgA>



Hidroenergija

Užliejamos derlingiausios žemės ir gyvenvietės. Paveikiama aplinkinė ekosistema, sustabdoma žuvų migracija, palaipsniui užsipildo nuosėdomis



Saulės energija

Ribota saulės spindėjimo trukmė (ypač ne tropikuose), vis dar nedidelis baterijų naudingumo koeficientas, reikalingi dideli žemės plotai, nėra efektyvių energijos akumuliatorių.



Vėjo energija

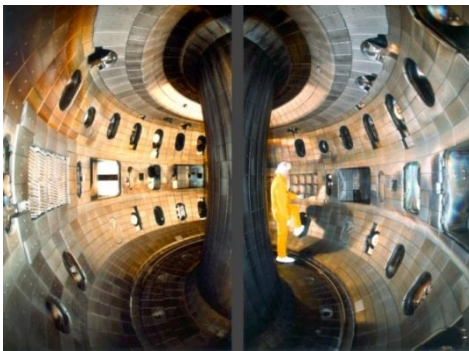
Triukšmas???, kyla pavojus paukščiams???, bjauroja kraštovaizdį???. Tai bene perspektyviausia alternatyvios energijos forma artimiausioje ateityje

Atsinaujinantys alternatyvūs energijos šaltiniai. Problemos



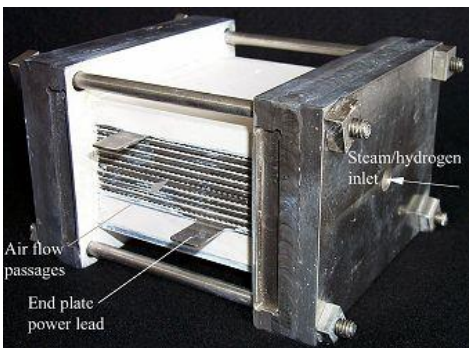
Mediena ir kita biomasė

Miškų kirtimas, žemės plotai skiriami ne maisto gamybai



Termobranduolinė sintezė

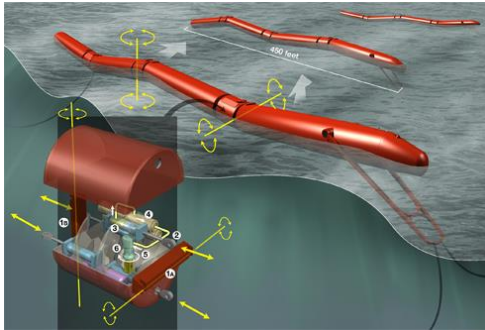
Kol kas nevaldoma



Vandenilis ir kuro elementai

Vandeniliui išgauti reikalinga energija, gali sprogti, turi būti labai suspaustas, kuro elementų veikimas turi būti palaikomas išorinio energijos šaltinio

Atsinaujinantys alternatyvūs energijos šaltiniai. Problemos



Bangų energija

Kol kas elektrinių efektyvumas menkas, bangavimas yra kintantis procesas.



Potvynių energija

Nedaug vietų kur gali būti naudojama (apie 9 pasaulyje), negatyvus efektas žuvininkystei, laivybai bei pakrančių ekosistemoms.

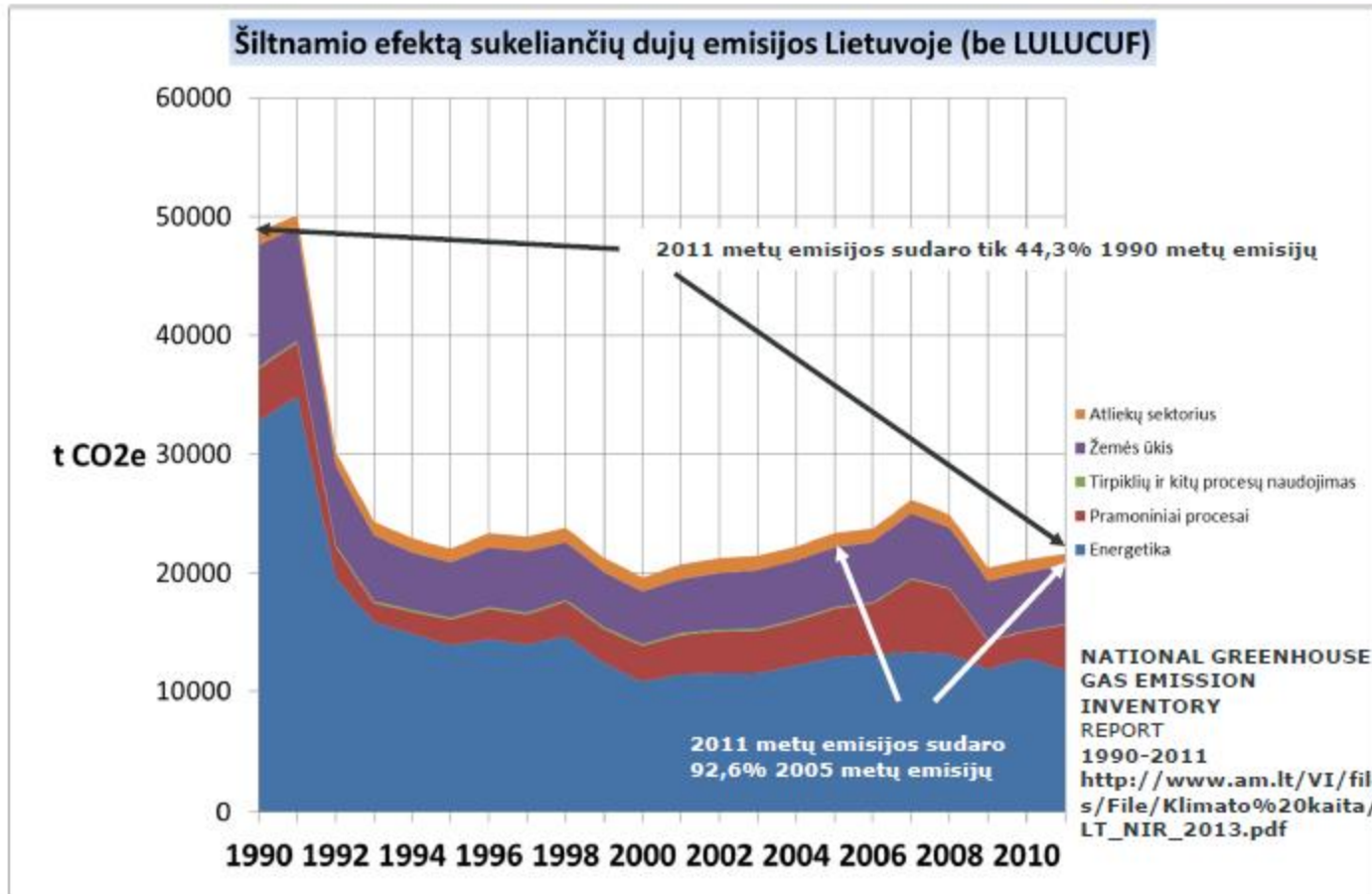


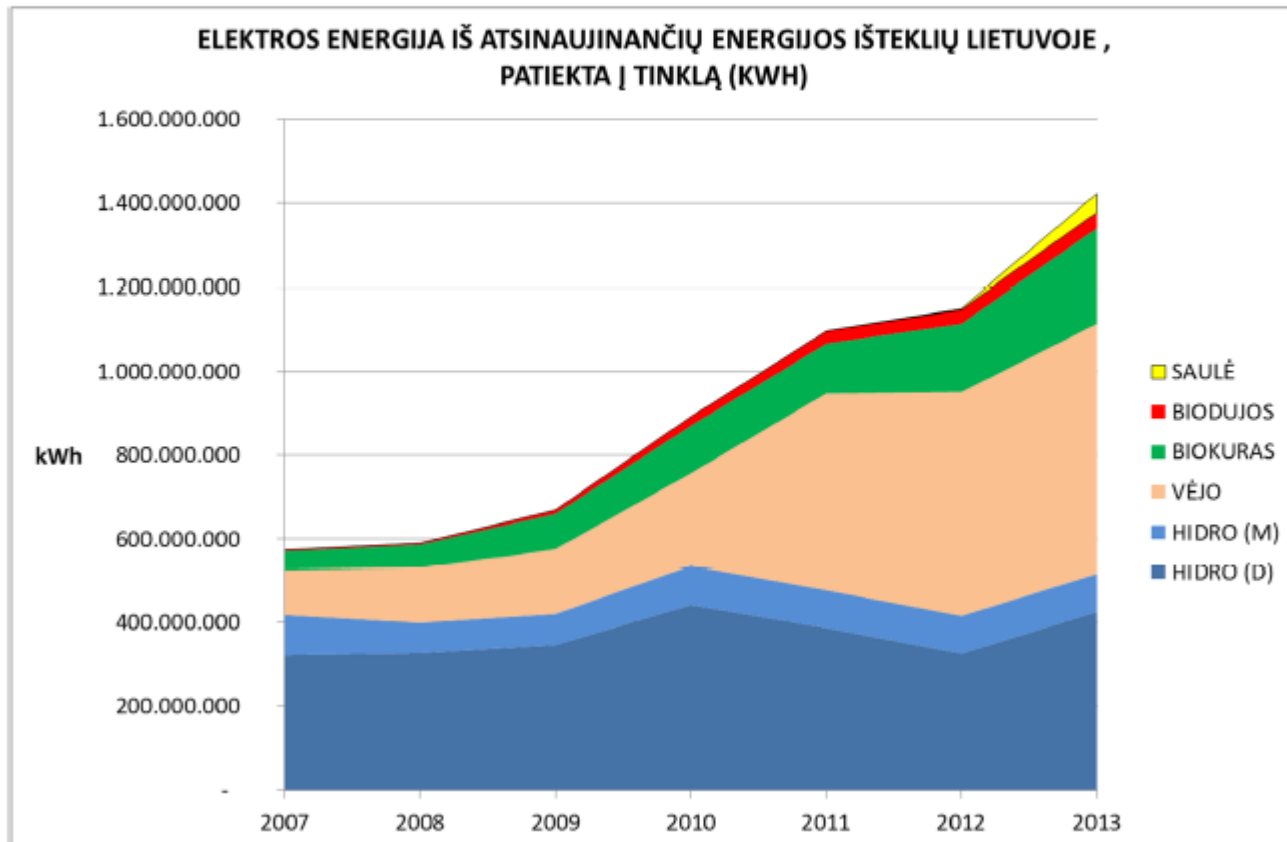
Vandenynų terminė energija

Didelės elektrinės turi būti pritvirtintos dideliame gylyje, gali būti veikiamos bangų, vėjo ir korozijos, efektyvumas labai mažas.

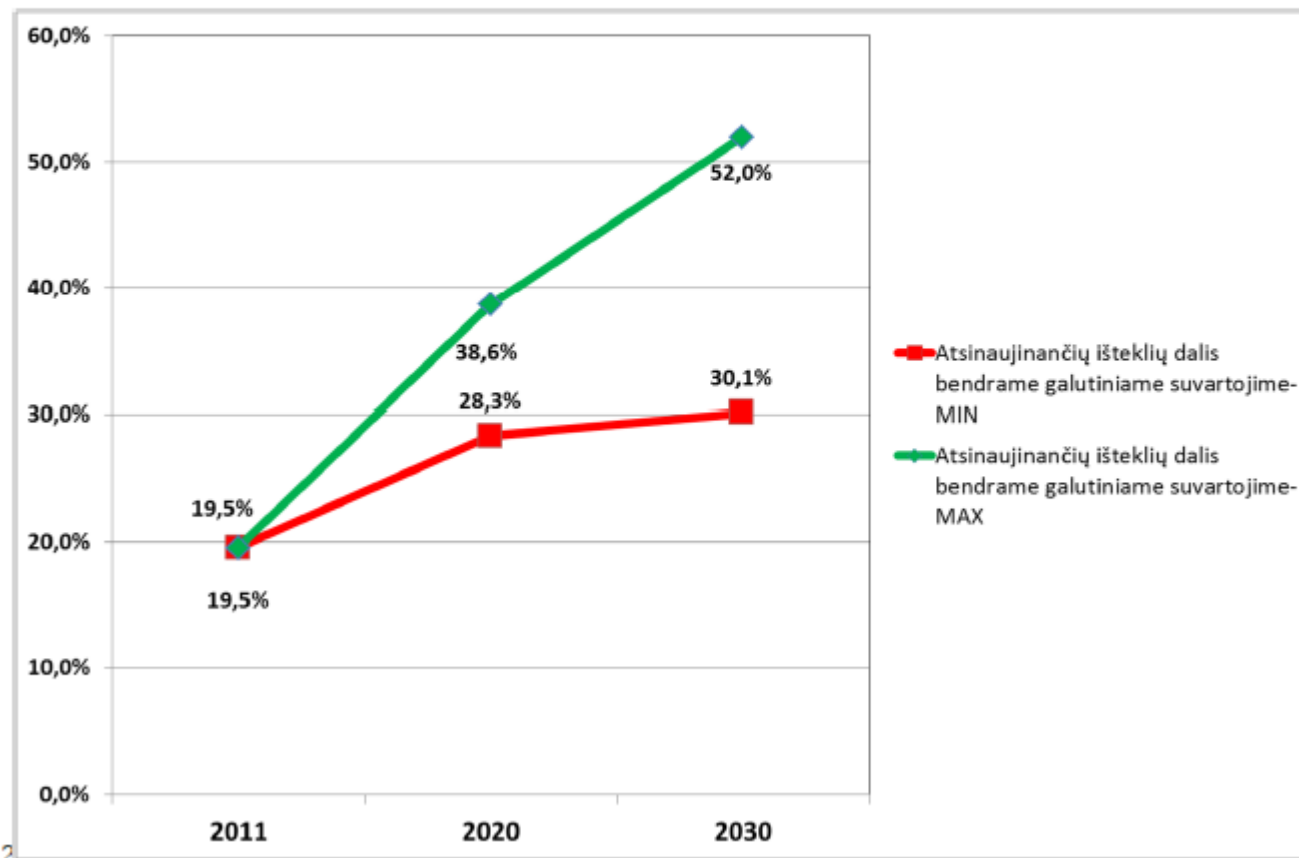
Vandens šildymas saulės energija







Atsinaujinančių išteklių dalis bendrame galutiniame suvartojime



Atsinaujinančios energetikos plėtra



	Minimalus scenarijus		Maksimalus scenarijus	
	2020	2030	2020	2030
Biokuro elektrinės (MW)	271	317	422	467
Biodujų elektrinės (MW)	84	125	150	300
Vėjo elektrinės (on-shore) (MW)	500	800	1000	1500
Vėjo elektrinės (off-shore) (MW)	0	0	0	1000
Saulės elektrinės (MW)	100	200	300	996
Hidroelektrinės (MW)	130	130	141	141
CŠT sistemose šiluma, pagaminta iš atsinaujinančių išteklių (proc)	60%	76%	83%	91%
Šilumos gamyba saulės kolektoriais (GWh)	20	40	100	200
Biometano gamyba (mln m ³)	0	0	100	200
Šilumos siurblių pagaminama šiluma (GWh)	75	150	150	300

Pramonė. Emisijos mažinimas

- Lanksčių finansinių skatinimo mechanizmų diegimas
- Energijos ir panaudojimo naudingumo koeficiento didinimas
- Beatliekinės gamybos skatinimas. Atliekų perdirbimas.
- Švarių gamybinių technologijų diegimas ir tobulinimas
- Šiltnamio dujų emisijos sugavimas ir saugojimas
- Ne šiltnamio dujų emisijų mažinimas



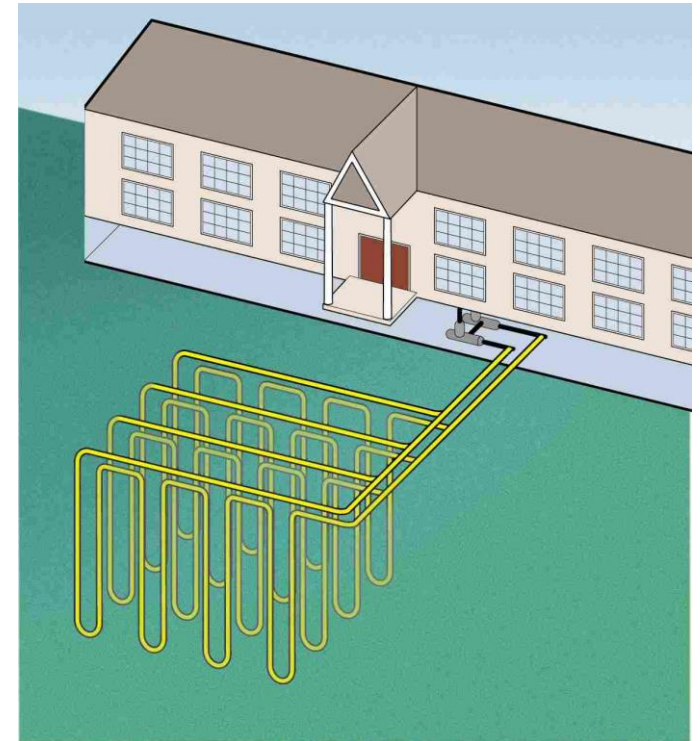
Transportas. Emisijos mažinimas

- Ⓢ Naujo kuro rūšių paieškos bei variklių tobulinimas (hibridiniai benzininiai (dyzeliniai) ir elektriniai varikliai).
- Ⓢ Ekologiškai švaresnio biokuro naudojimas
- Ⓢ Dujų vartojimo skatinimas
- Ⓢ Efektyvus kelių bei transporto sistemos valdymas
- Ⓢ Viešojo transporto bei geležinkelių plėtra
- Ⓢ Jūrų transporto plėtra
- Ⓢ Aviatransporto keitimas į geležinkelio ar autotransportą
- Ⓢ Naudojimosi dviračiais skatinimas



Statiniai bei gyvenamasis būstas. Emisijos mažinimas

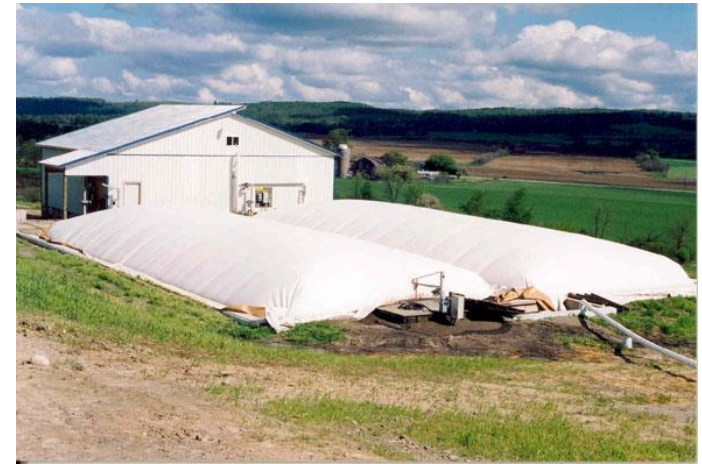
- Pastatų konstrukcijos tobulinimas
- Pastatų priežiūra ir renovacija
- Saulės ar geoterminės energijos panaudojimas
- Mažiau energijos reikalaujančios buitinės technikos naudojimas



Atliekų tvarkymas. Emisijos mažinimas

Svarbiausia - atliekų mažinimas ir atliekų perdirbimas

- ◆ Skatinti daugkartinės taros ir daugkartinių medžiagų gamybą bei naudojimą
- ◆ Sukurti ekologiškai švarią komunalinių atliekų tvarkymo sistemą
- ◆ Ekonomiškai skatinti ir plėsti antrinių žaliavų perdirbimo įmones
- ◆ Šiuolaikiškai tvarkyti biodegraduojamąsias atliekas (kompostavimas, biologinių dujų gamyba ir naudojimas energetikai)
- ◆ Mažinti bei tvarkyti vandens nuotėkas (dumblo naudojimas tręšimui ir pan.)



Sausumos absorbcinio potencialo didinimas

Išsaugojimas: esamų anglies atsargų sausumos ekosistemose apsauga siekiant sumažinti jos emisiją į atmosferą;

Didinimas: esamų anglies atsargų papildymas, didinant absorbcinę sausumos ekosistemų galią;

Pakeitimas: biologinių produktų (pvz., biodegalų) panaudojimas vietoj iškastinio kuro, siekiant sumažinti CO₂ emisiją į atmosferą.



Žemės ūkis. Emisijos mažinimas bei sugėrimo didinimas

- Priešerozinių priemonių įdiegimas (apsauginių juostų sodinimas ir t.t.)
 - Žemės naudojimo intensyvumo mažinimas
 - Racionalaus laukų drėkinimo ir tręšimo sistemos įdiegimas
 - Biokuro auginimo skatinimas
 - Augalininkystės bei gyvulininkystės atliekų panaudojimas biodujų gamybai
 - Metano sancaupų šlapžemėse išsaugojimas
-
- Dvimečių kultūrų auginimo skatinimas
 - Dirvonuojančios žemės apželdinimas mišku



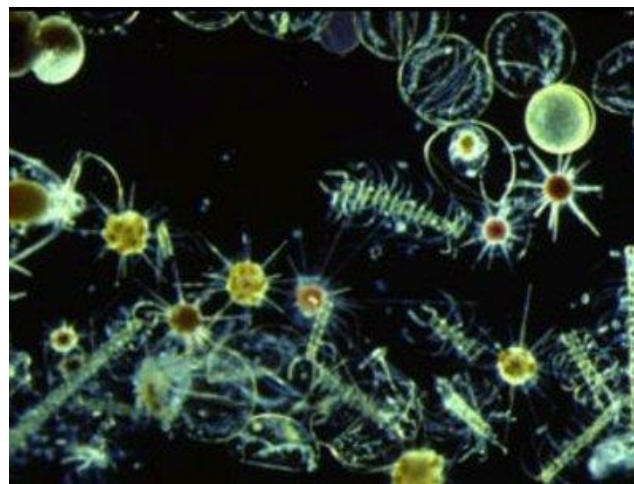
Mišakai. Emisijos mažinimas bei sugėrimo didinimas

- ◆ Miškų kirtimo mažinimas
- ◆ Miškų sodinimas ir atsodinimas
- ◆ Rūšinės miškų sudėties gerinimas (absorbcijos požiūriu)
- ◆ Efektyvus miškų planavimas ir valdymas
- ◆ Efektyvių priemonių nuo gaisrų bei kenkėjų diegimas



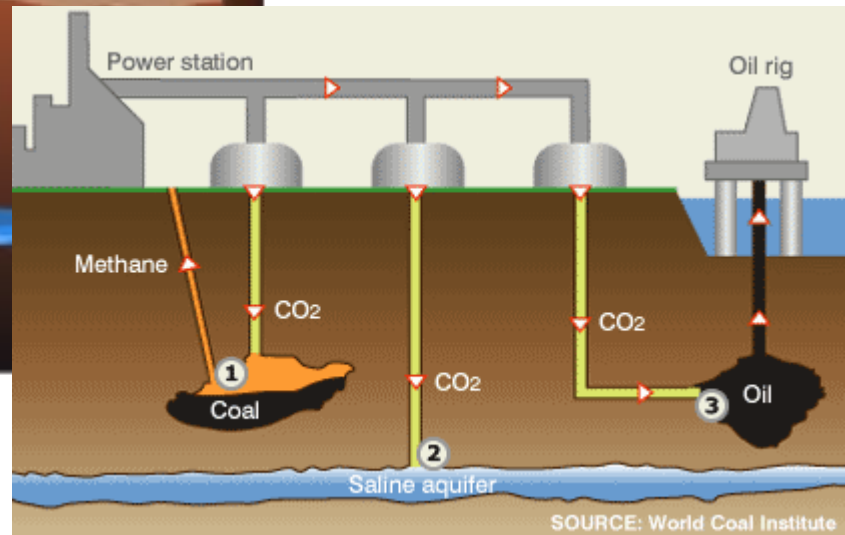
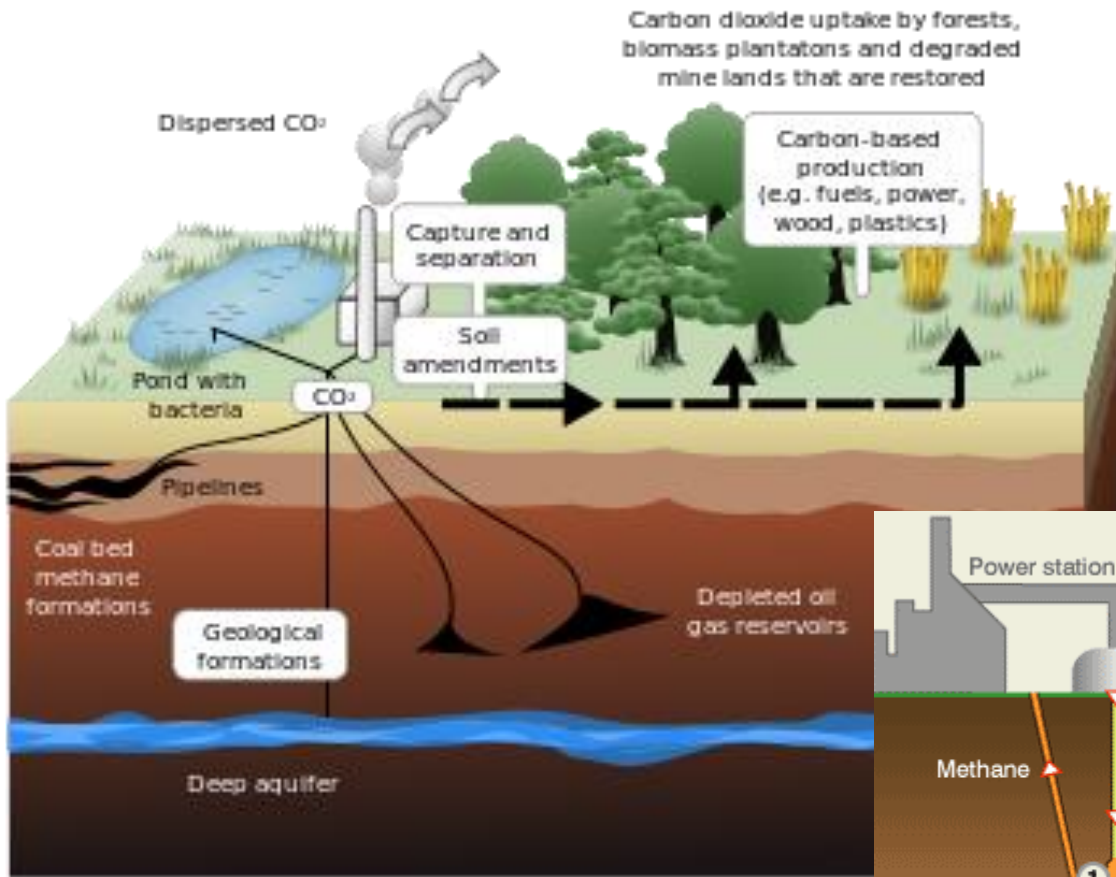
Vandenynas. Sugėrimo didinimas

Anglies dioksido sugėrimas vandenynuose yra panašus kaip ir sausumoje (atitinkamai 50 ir 60 GtC/ per metus). Tačiau vandenyne nesukaupiamos didelės anglies atsargos.

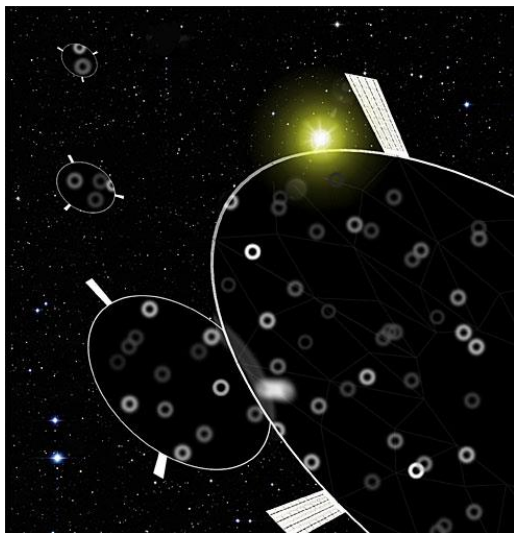


Norint padidinti anglies sankaupas vandenyne, reikia organinę anglį paversti ištirpusia bei nuo atmosferos izoliuota neorganine anglimi. Taip gali atsitikti tada, kai organizmai, fotosintezėi imantys anglies dioksidą iš atmosferos, atiduoda anglį nugrimzdę bei irdami giliuose vandens sluoksniuose.

Šiltnamio dujų „sandėliavimas“



Klimato kaitos švelninimo priemonės. Įdomūs projektai



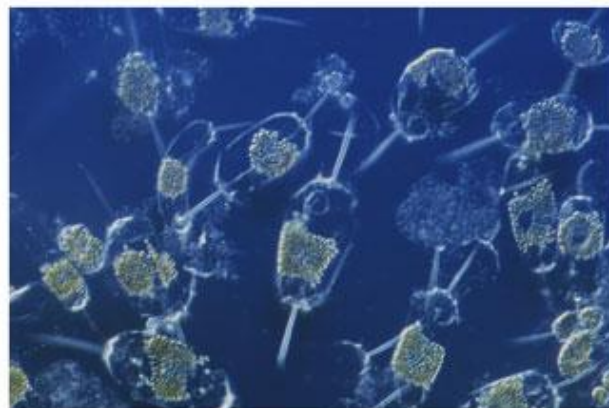
Saulės skrybėlė



Dirbtiniai medžiai



Dirbtinis ugnikalnis



Planktono auginimas

Europos Sąjungos tikslai šiltnamio dujų emisijos mažinime:

- padidinti atsinaujinančios energijos (vėjo, saulės biomasės) ir šiluminių elektrinių naudojimą;
- gerinti energijos efektyvumą, pvz., pastatuose, pramonėje, buitiniuose prietaisuose;
- sumažinti naujų lengvųjų automobilių išmetamo anglies dvideginio kiekį;
- plačiau taikyti taršos mažinimo priemones gamybos pramonėje;
- sumažinti sąvartynų teršalų kiekį.

Svarbiausia gyvenimo būdo pokyčiai



Adaptacija

Adaptacija yra sistemos gebėjimas prisitaikyti prie kintančių klimato sąlygų: sušvelninti galimus nuostolius (sumažinus jautrumą bei padidinus atsparumą), gauti naudos iš teikiamų galimybių arba kovoti su pasekmėmis.

Potencialių adaptacijos priemonių spektras yra labai platus:

- ❖ Techninės (pvz., pylimai jūros pakrantėje)
- ❖ Elgesio (pvz., kintantys mitybos ar poilsio ypatumai)
- ❖ Vadybiniai (pvz., kintanti žemės ūkio produkcija bei agrokultūrų auginimo praktika)
- ❖ Politinės (pvz., planinis reguliavimas)



Skiriamos kelios adaptacijos formos:

- ❖ *prevencinė adaptacija* – adaptacijos priemonės, kurių imamasi dar prieš atsirandant klimato poveikiui;
- ❖ *atsakomoji adaptacija* – priemonės, kurių imamasis jau išryškėjus klimato poveikiui;
- ❖ *spontaniškoji adaptacija* – tai natūralus nereguliuojamas gamtinių bei antropogeninių sistemų prisitaikymas prie kintančio klimato.

Taip pat gali būti skiriama planinė, asmeninė arba visuomeninė adaptacija.

Planinė



Planinė-atsakomoji



Atsakomoji



Adaptacijos priemonės

		Planinė	Atsakomoji
Antropo- geninės sistemas	Visuomeninė Privati		<ul style="list-style-type: none">• ekosistemos pokyčiai• vegetacijos kaita
		<ul style="list-style-type: none">• Ž. ū. kultūrų keitimas• draudimo pirkimas• namo projektas	<ul style="list-style-type: none">• Ž. ū. veiklos keitimas• kondicionierių pirkimas• pastatų rekonstrukcija bei persikėlimas
		<ul style="list-style-type: none">• perspėjimo sistema• infrastruktūros kūrimas• pastatų projektavimas	<ul style="list-style-type: none">• kompensacijos• paplūdimių maitinimas• masinis perkraustymas

Siekiant pagerinti visuomenės adaptacines galimybes reikia:

- Gerinti prieigą prie finansinių ir kitokių išteklių būtinų adaptacijai
- Mažinti skurdą
- Mažinti turčinę nelygybę
- Gerinti infrastruktūrą
- Gerinti švietimą ir visuomenės informavimą
- Gerinti institucinius gebėjimus ir jų veiksmingumą

Adaptacijos priemonės dažnai yra gana brangios, nors tinkama adaptacija padeda iš klimato pokyčių gauti daugiau naudos.

Adaptacija privatus kiekvienos valstybės reikalas.





Adaptacija yra brangi!



Svarbiausi aspektai į kuriuos reiktų atsižvelgti, rengiant adaptacijos priemones yra šie:

1. Klimato kaitos poveikis priklauso nuo regiono
2. Klimato kaitos poveikis gali skirtis skirtingose demografinėse grupėse
3. Klimato kaita tai ne tik grėsmės, bet ir galimybės
4. Analizuojant klimato kaitos poveikį, reikia atsižvelgti į daugelį veiksnių, kurie svarbūs tiek vertinant jautrumą, tiek adaptacines galimybes
5. Adaptacijos priemonės dažniausiai yra brangios
6. Adaptacijos priemonių efektyvumas skirtinguose regionuose gali labai skirtis
7. Netinkamai parinktos priemonės, gali kelti dar didesnę grėsmę, nei pati klimato kaita
8. Lengviausia adaptuotis tuo atveju, jei kalbama apie jau egzistuojančias grėsmes, o pačios priemonės įtraukiamos į vykdomą arba besirengiamą vykdyti žemėnaudos planavimą, infrastruktūros dizainą ir kt.

Europos Sąjungoje adaptacijos prie klimato kaitos priemonės turėtų būti labiau integruotos daugelyje sričių: nelaimių rizikos mažinime, pakrančių zonos tvarkyme, žemės ūkio ir kaimo plėtroje, sveikatos priežiūroje, teritorijų planavime, regioninėje plėtroje, ekosistemų ir vandens išteklių valdyme.

Lietuvoje pagal Nacionalinę klimato kaitos valdymo politikos strategiją prisitaikymo prie klimato kaitos keliamų aplinkos pokyčių politikos strateginis tikslas – sumažinti gamtinių ekosistemų ir ūkio sektorių pažeidžiamumą, diegiant priemones, kurios leidžia išlaikyti bei padidinti jų atsparumą klimato kaitos pokyčiams, ir užtikrinant palankias visuomenės gyvenimo ir ūkinės veiklos sąlygas.

Adaptacijos prie klimato pokyčių Lietuvoje galimybės. Žemės ūkis

■ Skatinti ūkininkus introdukuoti besikeičiančiam klimatui tinkamas žemės ūkio kultūrų rūšis

■ Žemės ūkio naudmenose sodinti apsaugines juostas bei skatinti nesuartos vienmečių kultūrų ražienos palikimą žiemai, siekiant sumažinti vandens ir vėjo eroziją bei išsaugoti vandens atsargas dirvoje

■ Dėl numatomo klimato ekstremalumo didėjimo skatinti mažiau specializuotus užsiimančius ir gyvulininkyste, ir augalininkyste ūkius

■ Sukurti ir renovuoti drėkinimo bei sausinimo sistemas labiausiai kritulių kiekio pokyčiams jautriose teritorijose



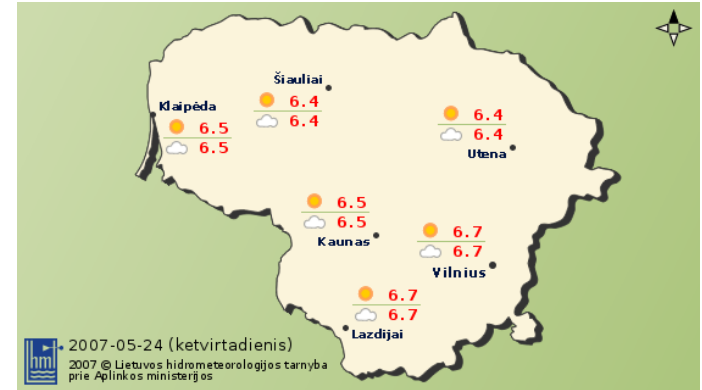
Adaptacijos prie klimato pokyčių Lietuvoje galimybės. Miškai

- Miško apsaugos nuo didėjančio gaisringumo priemonių komplekso (prognozė ir perspėjimas, teritorijos bei valdymo planavimas, operatyvus reagavimas, įrangos atnaujinimas, visuomenės švietimas) stiprinimas
- Ypatingą dėmesį kreipti į tvarių miško pakraščių formavimą, šalinti pažeistus želdinius
- Stiprinti sanitarinę miško apsaugą, būti pasiruošusiems naujų ligų ir kenkėjų atsiradimui
- Išsaugoti bei didinti miško produktyvumą, mišką želdinant medžių rūšimis atspariomis bei prisitaikiusiomis prie numatomų klimato sąlygų.

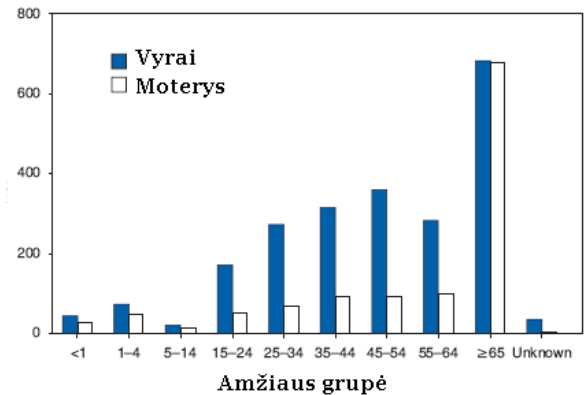


Adaptacijos prie klimato pokyčių Lietuvoje galimybės. Žmonių sveikata

- Karščio valdymo veiksmų planų sukūrimas;
- Perspėjimo sistemų įdiegimas ir informavimas kaip elgtis;
- Teisingas miestų planavimas siekiantis išvengti “karščio salų” susidarymo, šilumos apkrovos mažinimas, miestą apsodinant medžiais;
- Viešų vietų kur galima atsigerti vandens mieste įrengimas;
- Viešų kondicionuojamų (šildomų) patalpų įrengimas;
- Būstų ir pastatų projektavimas pasitelkiant alternatyvias kondicionavimo ir ventiliacijos sistemas;
- Pažeidžiamų gyventojų grupių išskyrimas ir jų stebėjimas.



Mirčių dėl karščio bangų skaičius JAV priklausomai nuo amžiaus ir lyties 1999-2003 metais



O ar visada pavyks adaptuotis?



