

## PAGRINDINIŲ EKOLOGINIŲ IR ANTROPOGENINIŲ RODIKLIŲ KAITA 1992 – 2017 METŲ LAIKOTARPYJE

**Raimundas Čepukas**

*Utenos kolegija,  
Maironio g. 7, Utena*

### **Anotacija**

Straipsnyje nagrinėjama ozono sluoksnio, gėlo vandens išteklių, jūrų gyvybės išteklių, negyvų vandenyno zonų, miškų plotų, gyvosios gamtos rūšių įvairovės, anglies dioksido emisijos, temperatūros kaitos ir gyventojų skaičiaus rodiklių pokyčiai 1992–2017 metų laikotarpyje. Analizuojami šių rodiklių pokyčiai, įvertinamas šių pokyčių reikšmingumas, nustatomi pagrindiniai faktoriai, įtakojantys minėtų ekologinių ir antropogeninių rodiklių kaitą; įvertinama ekologinių ir antropogeninių rodiklių kitimo dinamika perspektyvoje.

### **Įvadas**

Darnus vystymasis – modernios ir atsakingos valstybės bei jos visuomenės raidos kelias, kuris remiasi trimis lygiavertėmis politikos sritimis – aplinkos apsauga, ekonominiu vystymusi ir socialine gerove. Daugiau kaip prieš 25 metus žengti pirmieji žingsniai siekiant pasaulyje įtvirtinti darnų vystymąsi. Tada Rio de Žaneire buvo priimta Rio deklaracija, kurioje išvardinti darnaus vystymosi principai. Vėliau priimtais tarptautiniais dokumentais – Johanesburgo įgyvendinimo planu, Rio+20 konferencijos išvadomis ir kitais, buvo įtvirtinti valstybių susitarimai siekti darnesnio pasaulio. Tačiau didėjantis žmonių skaičius, senkantys gamtos ištekliai, didėjanti aplinkos tarša, kitos aplinkosauginės, ekonominės ir socialinės problemos, kurios neapsiriboja nacionalinėmis valstybių sienomis, skatina nuolat prisiminti ir siekti atsakingesnio darnaus vystymosi principų įgyvendinimo (1). 2015 metais Jungtinių Tautų organizacija patvirtino Darnaus vystymosi darbotvarkę 2030 – nustatydamą 17 universalių, tarpusavyje susijusių darnaus vystymosi tikslų, kurie turi būti įgyvendinti iki 2030 metų (2).

1992 metais 1700 mokslininkų, priklausiusių „Susirūpinusių mokslininkų sąjungai“ (Union of Concerned Scientists) paskelbė pranešimą žmonijai dėl jai kylančios ekologinės grėsmės. Po 25 metų „Pasaulio mokslininkų aljansas“ (Alliance of World Scientists), paskelbė antrą perspėjimą žmonijai, po kuriuo pasirašė daugiau kaip 15 000 mokslininkų (taip pat ir straipsnio autorius) iš 184 šalių. Šiuose mokslininkų pranešimuose grėsmė žmonijos išlikimui grindžiama ozono sluoksnio, gėlo vandens išteklių, jūrų gyvybės išteklių, negyvų vandenyno zonų, miškų plotų, gyvosios gamtos rūšių įvairovės, anglies dioksido emisijos, temperatūros kaitos ir gyventojų skaičiaus pokyčių analize. Iš visų paminėtų ekologinių ir antropogeninių rodiklių, tik ozono sluoksnio nykimas yra sustabdytas, o visų kitų rodiklių parametrai pablogėjo. Tai rodo, kad visos pastangos pasiekti darnaus vystymosi tikslų yra nerezultatyvios arba menkai rezultatyvios.

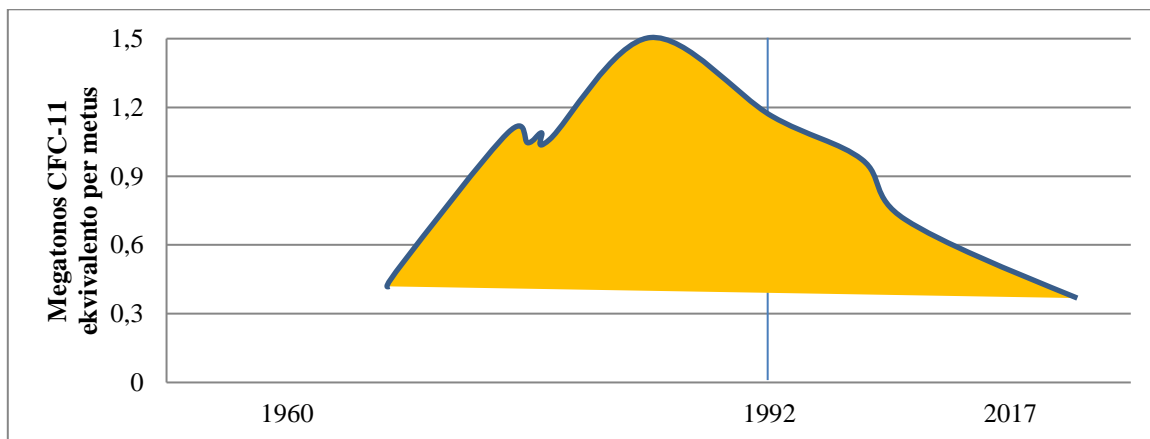
Straipsnyje analizuojami ozono sluoksnio, gėlo vandens išteklių, jūrų gyvybės išteklių, negyvų vandenyno zonų, miškų plotų, gyvosios gamtos rūšių įvairovės, anglies dioksido emisijos, temperatūros kaitos ir gyventojų skaičiaus rodiklių pokyčiai 1992–2017 metų laikotarpyje, įvertinamas pokyčių reikšmingumas, aptariami pagrindiniai faktoriai, įtakojantys minėtų ekologinių ir antropogeninių rodiklių kaitą, įvertinama ekologinių ir antropogeninių rodiklių kitimo dinamika perspektyvoje.

Tyrimo metodai: mokslinės literatūros analizė, metaanalizė, internetinių šaltinių analizė.

## Ekologinių ir antropogeninių rodiklių pokyčiai, jų priežastys bei kitimo dinamika perspektyvoje

**Ozonas.** Pirmieji kokybiški bendrojo ozono kiekio matavimai pasaulyje pradėti tik apie 1913 metus, o matavimai iš dirbtinių žemės palydovų – 1966 metais. Analizuojant ozono kiekio stebėjimo duomenis nuo 1950 metų matosi, kad jie buvo gana pastovūs iki aštuntojo dešimtmečio. Ryškus ozono mažėjimas virš Antarkties prasidėjo jau nuo 1979 metų, o globalaus ozono mažėjimas fiksuojamas nuo devintojo dešimtmečio pradžios. Bendras ozono kiekis dabar yra 4% mažesnis negu 1970 - 1979 metais, o nuo 2000 metų jis nekinta. Ozono atmosferoje yra vidutiniškai 300 DU (Dobsono vienetų)<sup>1</sup>. Jei surinktume visą atmosferos ozoną ir jį suspaustumė, vidutinis ozono sluoksnio storis sudarytų tik apie 3 mm. (5).

Svarbu paminėti, jog dėka 1987 m. Monrealio protokole numatytų draudimų bei apribojimų naudoti medžiagas, naikinančias ozono sluoksnį, staigus ozono koncentracijos virš Antarktidos mažėjimo tendencija, pastebėta 9-ajame XX a. dešimtmetyje, šiuo metu beveik nutrūko ir ozono koncentracija atmosferoje šiuo metu stabilizavosi. Devintame praėjusio amžiaus dešimtmetyje, kai chlorfluorangliavandenilių (CFC) gamyba vyko visu pajėgumu, į atmosferą patekdavo net po 350 tūkstančių tonų CFC-11 kasmet, tačiau XXI a. pradžioje šis skaičius sumažėjo iki 54 tūkstančių tonų (6). Vis dėlto tam, kad šie pokyčiai būtų ilgalaikiai, svarbu ir toliau atsakingai stebėti ozono sluoksnio kaitą bei vengti naudoti ozono sluoksnį ardančius freonus (jie naudojami šaldytuvų, lakų, dezodorantų, insekticidų, tepalų, antikoroziųjų dangų, penoplastų gamybai).

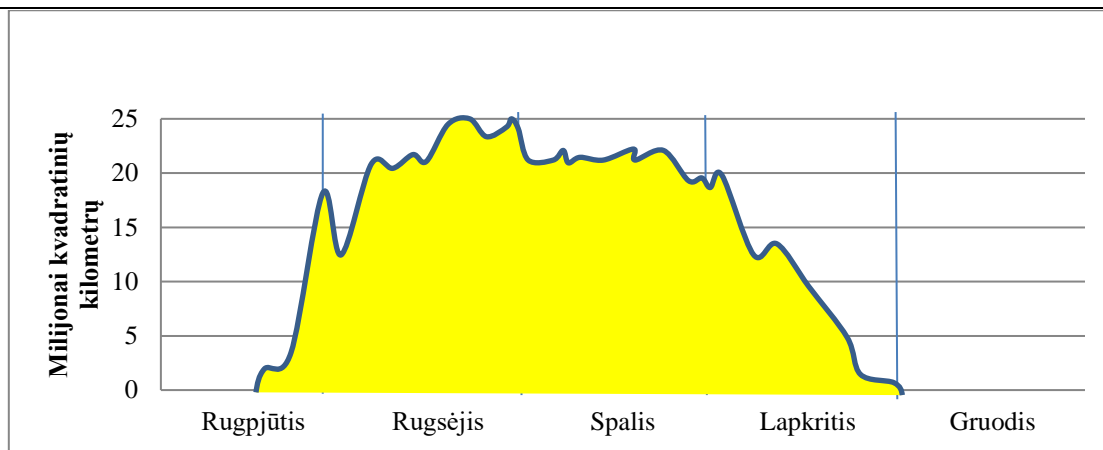


1 pav. Ozono sluoksnio ardytojų chlorfluorangliavandenilių (CFC-11 ekvivalentas) kiekis megatonomis (1)

Ozonas įvairiose geografinėse platumose pasiskirstęs nevienodai. Mažiausiai ozono yra pusiaujuje, o link ašigalių – daugėja ir daugiausiai jo yra poliarinėse srityse. Stratosferinio ozono kiekis natūraliai kinta, priklausomai nuo metų laikų ir vietos, tačiau pastaraisiais dešimtmečiais didelį nerimą kelia ozono kiekio mažėjimas poliarinėse srityse. Virš Antarktidos ozono sluoksnis periodiškai išretėja ir susidaro ozono skylės (kai ozono lieka mažiau kaip 220 Dobsono vienetų).

Kaip matyti 2 paveiksle, ozono skylės plotas pasiekia didžiausią plotą (apie 24 milijonus kvadratinių kilometrų) rugsėjo – spalio mėnesiais (7).

<sup>1</sup> 1 DU yra lygus 0,01 mm suspausto ozono kiekio prie 0°C ir 1013,25 hPa slėgio.



2 pav. Ozono skylės plotas 2018 metais (7)

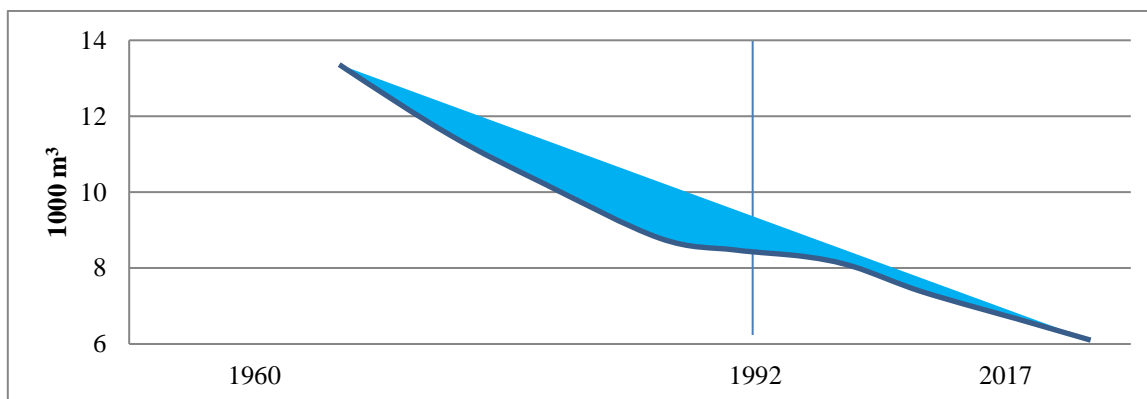
Pagrindiniai ozono pernešimo procesai, kurių metu tropinėse srityse susidaręs ozonas yra pernešamas į aukštesnes platumas ir ašigalius vyksta dėka Brewer-Dobsono cirkuliacijos. Jos metu tropikuose oro srautai iš troposferos pakyla į stratosferą ir juda polių link, o vidutinėse ir poliarinėse srityse vyksta oro srovių leidimasis.

**Vanduo.** Žemėje esantis vanduo gali būti aptinkamas skystame, dujiniame ir kietame pavidale. Iš viso mūsų planetos paviršiuje yra apie 1,4 mlrd km<sup>3</sup> vandens išteklių, įskaitant visas jo agregatines būsenas (8).

Įvairių autorių pateikiami duomenys apie vandens išteklių pasiskirstymą Žemės rutulyje šiek tiek skiriasi. Pagal P. Gleick 97,5% vandens išteklių sudaro sūrus vanduo, kuris kol kas naudojamas labai ribotai. Plačiausiai naudojamas ir vertingiausias yra gėlas vanduo, kurio mūsų planetoje yra tik 2,5% ir didžiausias jo kiekis sukauptas ledynuose. Mes galime naudoti likusį jo kiekį, sukauptą po žeme, upėse, ežeruose (9).

Vandens išteklių dinamika įvairiuose pasaulio regionuose labai skiriasi. Praėjusio amžiaus viduryje (1950 metais) didžiojoje pasaulio dalyje vandens ištekliai buvo vidutiniai (5,1 – 10 tūkst. m<sup>3</sup> gyventojui per metus) arba didesni nei vidutiniai. Patys didžiausi vandens ištekliai buvo šiaurinėje Pietų Amerikoje (179 tūkst. m<sup>3</sup> gyventojui per metus) bei Okeanijoje (161 tūkst. m<sup>3</sup> gyventojui per metus). Itin mažais vandens ištekliais pasižymėjo šiaurės Afrika, kurioje vienam gyventojui per metus tenkančio vandens kiekis siekė tik 2,3 tūkst. m<sup>3</sup> (8).

Pagal „Pasaulio mokslininkų aljanso“ 2017 metais paskelbtus duomenis, gėlo vandens ištekliai vienam pasaulio gyventojui nuo 1960 metų sumažėjo dvigubai (4).



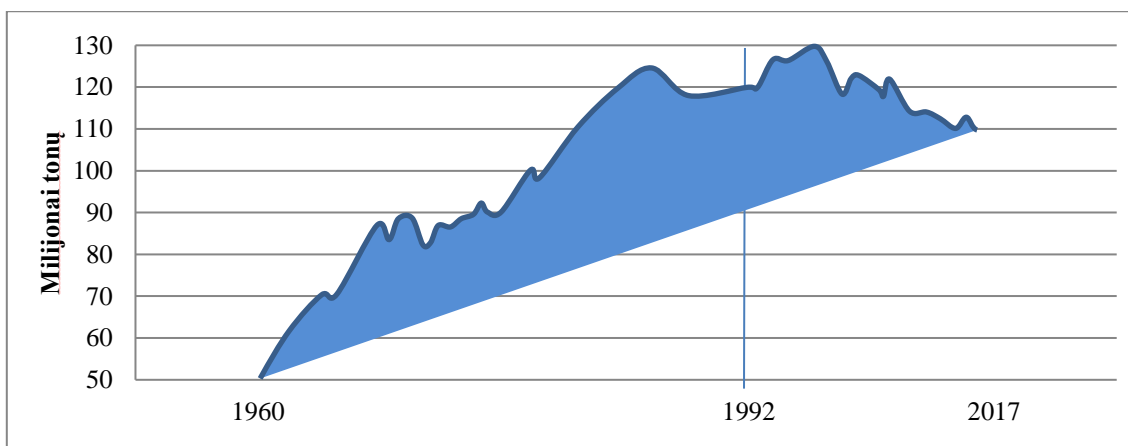
3 pav. Gėlo vandens ištekliai vienam pasaulio gyventojui (1000 m<sup>3</sup>) (4)

Tarptautinis vandens išteklių institutas (International Water Management Institute) apskaičiavo, kad 1,2 milijardo žmonių - beveik 20 procentų pasaulio gyventojų - gyvena regionuose, kuriuose yra fizinis gėlo vandens trūkumas; 500 milijonų žmonių gyvena vietovėse, kurios artėja prie fizinio

gėlo vandens trūkumo; 1,6 milijardo žmonių gyvena regionuose, kuriuose yra gėlo vandens, tačiau žmogiškieji pajėgumai arba finansiniai išteklių riboja prieigą (10).

Ramiojo vandenyno instituto tyrimo ataskaitoje teigiama, kad 780 milijonų žmonių neturi prieigos prie švaraus geriamojo vandens, apie 2,5 milijardo žmonių trūksta prieigos prie saugių vandens sanitarinių sistemų, o 2–5 milijonai žmonių - daugiausia vaikai – kasmet miršta dėl užteršto vandens (11). Azijos upės yra labiausiai užterštos pasaulyje, o žmogaus atliekomis užterštumo lygis tris kartus didesnis už pasaulinį vidurkį, švino kiekis - dvidešimt kartų didesnis nei pramoninėse šalyse (12).

**Jūrų gyvybės išteklių.** Maisto ir žemės ūkio organizacijos (FAO) surinkti duomenys apie žuvininkystę rodo, kad pasauliniai jūrų žuvų laimikiai 1996 m. padidėjo iki 86 milijonų tonų, po to šiek tiek sumažėjo. Naudodamiesi „sugavimo rekonstrukcijos“ metodu, kuriame naudojami įvairūs duomenys ir informacijos šaltiniai, kad būtų galima apskaičiuoti visų žuvininkystės komponentų, kurių trūksta oficialiuose pateiktuose duomenyse, matome, kad pasauliniai laimikiai nuo 1950 metų iki 2010 metų buvo 50 procentų didesni už FAO pateiktus duomenis ir iš tikrųjų pasiekė 130 mln. tonų (13).

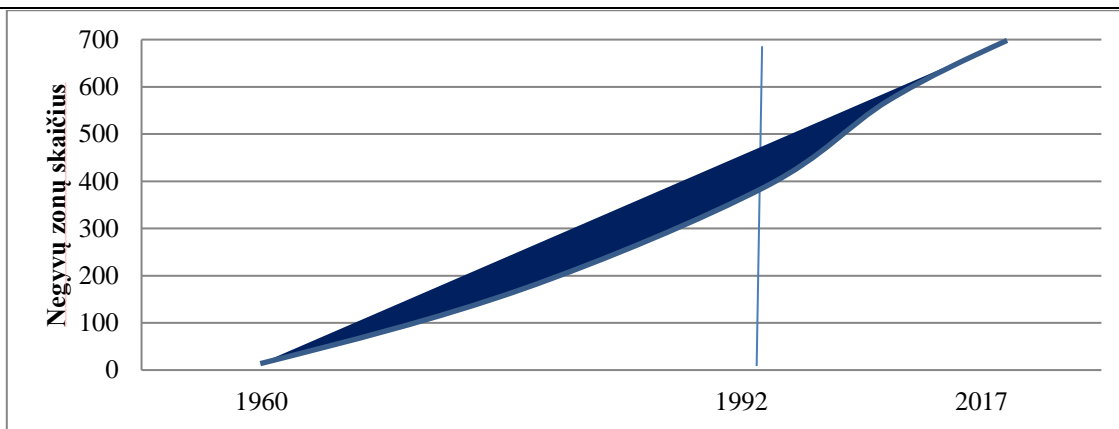


4 pav. Jūrų gyvybės išteklių „rekonstruoti sugavimai“ (13)

1996 metais buvo sužvejoti didžiausi žuvų kiekiai, vėliau pastebima sugautų žuvų kiekio mažėjimo tendencija (t. y. nuolydis) – 1,22 tonos per metus (14).

Mažėjant jūrų žuvis sugavimams, didėja akvakultūros produkcija, kuri vidutiniškai turėtų padvigubėti daugiau nei dvigubai - nuo 67 milijonų tonų 2012 metais iki maždaug 140 mln. tonų 2050 metais. Šis akvakultūros augimas galėtų sudaryti 14 procentų gyvulinių baltymų, visame vartojamame maiste. Ūkiuose auginamos žuvys pašarų perskaičiavimo efektyvumo požiūriu yra panašios į naminius paukščius ir daug efektyvesnės nei jautiena. Atsižvelgiant į sektoriaus spartų augimą iki 2050 metų, akvakultūros poveikis aplinkai bus išsūkis, tačiau technologinės naujovės, viešoji politika ir privačios iniciatyvos pastaraisiais dešimtmečiais pagerino akvakultūros produktyvumą ir aplinkosauginį veiksmingumą (15).

**Negyvos zonos.** Negyvosios zonos pradeda formotis, kai azoto ir fosforo perteklius patenka į pakrančių vandenį ir padeda dumblių paplitimui. Pagrindiniai šių medžiagų šaltiniai yra trąšos, nuotekos ir iškastinio kuro deginimas. Kai dumbliai miršta ir nusėda į apačią, jie suteikia turtingą maisto šaltinį bakterijoms, kurios sunaudoja ištirpusį vandenį deguonį (16). Negyvosios zonos jūrose ir vandenynuose pradėjo formotis nuo 1960 metų ir 2008 metais priskaičiuota 400 negyvų ekosistemų, užimančių daugiau nei 245 000 kvadratinį kilometrų, ir yra pagrindinis veiksnys, lemiantis jūrų ekosistemų gyvybingumą (17). 2017 metais jau priskaičiuota 640 negyvų zonų (4).

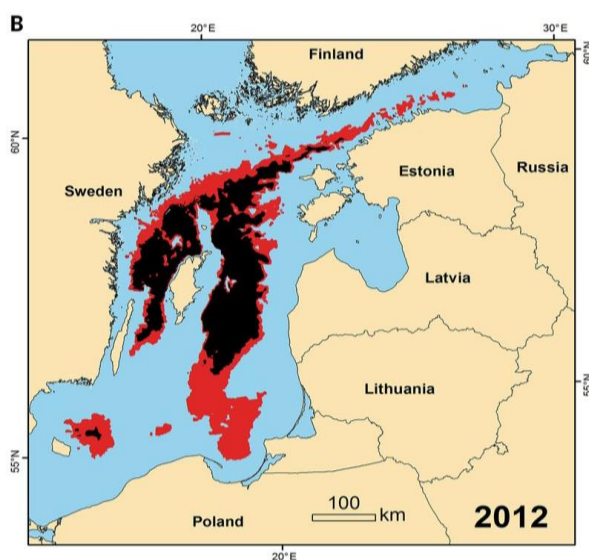


5 pav. Negyvų zonų skaičius (4)

Ištirpusio vandenyje deguonies koncentracija paprastai yra nuo 7 iki 8 miligramų litre (mg / l). Jei koncentracija nukrenta žemiau 4 mg / l, gyviems organizmams pradeda trukti deguonies ir jie žūva arba migruoja iš tos teritorijos. Vandenys, kuriuose yra mažiau kaip 0,2 mg / l ištirpusio vandenyje deguonies, vadinami anoksiais ir juose negali egzistuoti dauguma gyvūnų, o vandenys, kuriuose nėra vandenyje ištirpusio deguonies, vadinami hipoksiais (18).

Įrodyta, kad prognozuojamos pasaulinio klimato kaitos pasekmės padidins negyvų zonų paplitimą ir neigiamą jų poveikį: šiltesni vandenys turi mažiau deguonies nei šaltesnis vanduo, taip palengvina negyvų zonų formavimąsi; šiltesni vandenys padidina jūrų gyvūnų metabolizmą, taip padidindami jų deguonies poreikį. Kita vertus, intensyvesnių atogrąžų audrų ir mažesnio nuotėkio projekcijos sumažintų stratifikaciją ir tokiu būdu sumažintų negyvų zonų formavimąsi (19).

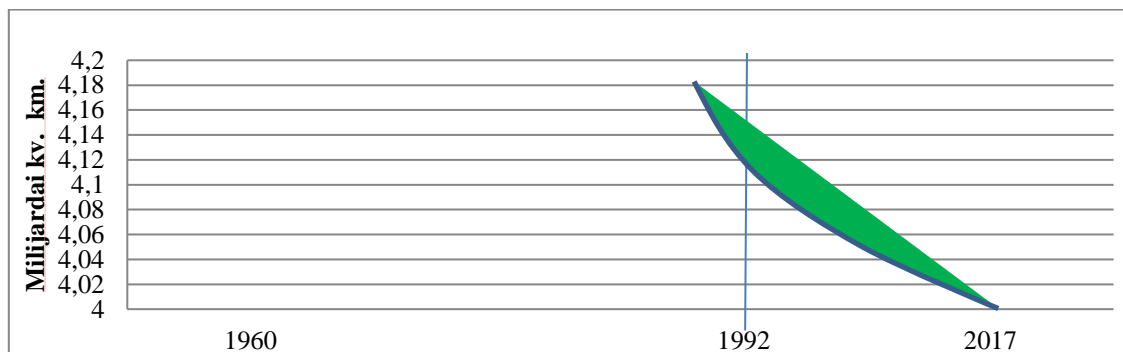
Deguonies praradimą jūrose ir vandenynuose per pastaruosius 50 metų nustatė pakartotiniai hidrografiniai stebėjimai, kurie atskleidė vandenyje ištirpusio deguonies mažėjimą vietose, esančiose nuo Ramiojo vandenyno šiaurės rytų (20) ir Šiaurės Atlanto (21) iki atogrąžų vandenynų (22). Šiltnamio efektą sukeliančių dujų sukeltas visuotinis atšilimas yra tikėtina galutinė šios nuolatinės vandenyje ištirpusio deguonies mažėjimo daugelyje jūrų ir vandenynų priežastis (23). Viršutiniuose vandens sluoksniuose deguonies ir šilumos kiekis yra labai susijęs su staigiu dezoksigenacijos ir vandenyno šilumos kiekio padidėjimu (24). Padidėjęs šilumos kiekis taip pat didina medžiagų apykaitos greitį ir taip pagreitina deguonies suvartojimą, todėl skęstančių dalelių skaidymas vyksta greičiau, o šių dalelių remineralizacija yra perkeliama į žemesnius gylius (25).



6 pav. Ištirpusio vandenyje deguonies koncentracija Baltijos jūroje (26).

Deguonies koncentracija Baltijos jūros dugne 2012 metais (raudona spalva) buvo  $\leq 63 \mu\text{mol}$  litre (juoda spalva – anoksija) (26).

**Miškai.** Pasaulio miškų teritorija nuo 1990 iki 2015 metų sumažėjo nuo 31,6 procentų iki 30,6 procentų, tačiau miškų mažėjimo tempai pastaraisiais metais sulėtėjo. Miškų mažėjimas daugiausia vyksta besivystančiose šalyse, ypač Afrikoje į pietus nuo Sacharos, Lotynų Amerikoje ir Pietryčių Azijoje. Kai kuriose Azijos dalyse, Šiaurės Amerikoje ir Europoje miškų plotai padidėjo vykdant didelio masto apželdinimo mišku programas, pavyzdžiui žemo produktyvumo žemės ūkio paskirties žemės atkūrimą mišku. Pagal „Pasaulio mokslininkų aljanso“ 2017 metais paskelbtus duomenis, miškų plotai sumažėjo nuo 4,11 milijardų kvadratinų kilometrų iki 3,95 milijardų kvadratinų kilometrų (4).

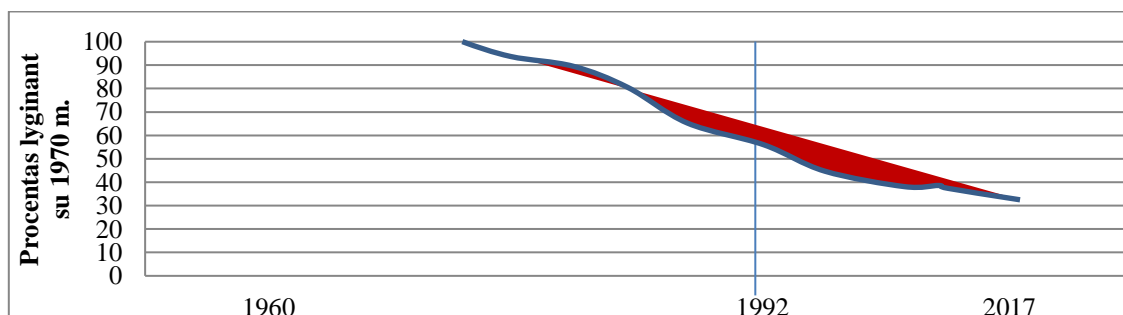


7 pav. Miškų plotas pasaulyje (4)

Kaip pabrėžta 2015 metų Paryžiaus susitarime dėl klimato, miškai ir medžiai vaidina svarbų vaidmenį atmosferoje. Miškai atlieka anglies dioksido absorbento funkcijas, jie kasmet suvartoja 2 milijardus tonų anglies dioksido (27).

Miškai ir medžiai yra labai svarbūs teikiant pragyvenimo šaltinį ir aprūpinimą maistu daugeliui pasaulio kaimo neturtingųjų. Apie 40 procentų kaimo gyventojų gyvena skurde miškuose ir savanose. Beveik 160 milijonų iš jų yra Afrikoje, apie 85 milijonus Azijoje ir apie 8 milijonus Lotynų Amerikoje. Tyrimai rodo, kad besivystančiose šalyse miškai ir medžiai gali sukurti apie 20 procentų kaimo namų ūkių pajamų. Apie 33 procentai pasaulio gyventojų - arba apie 2,4 mlrd. žmonių naudoja medieną maisto gamybai bei namų šildymui. Iš medienos išgaunama maždaug 40 procentų energijos – tiek, kiek saulės, hidroelektrinės ir vėjo energijos (28).

**Stuburinių mažėjimas.** Dabartiniai duomenys rodo, jog Žemėje esanti organizmų rūšių įvairovė nyksta nuo 100 iki 1000 kartų greičiau nei pastebima iš fosilinių radinių. Didžiaja dalimi tai vyksta dėl žmogaus vykdomos veiklos: ekosistemų naikinimo, taršos, nedarnaus gamtos išteklių naudojimo, invazinių rūšių plitimo, ir kitų priežasčių. Kadangi dėl bioįvairovės vyksta daug svarbių gamtos procesų, nuo kurių priklauso ir žmonijos gerovė bei ateitis, per pastaruosius kelis dešimtmečius yra atsiradę nemažai ją išsaugoti siekiančių pasaulinių ir regioninių iniciatyvų, tačiau jų efektyvumas išlieka nedidelis (29). Pagal „Pasaulio mokslininkų aljanso“ 2017 metais paskelbtus duomenis, stuburinių gyvūnų populiacija lyginant su 1970 metais sumažėjo iki 60% 1992 metais ir iki 40% 2017 metais (4).

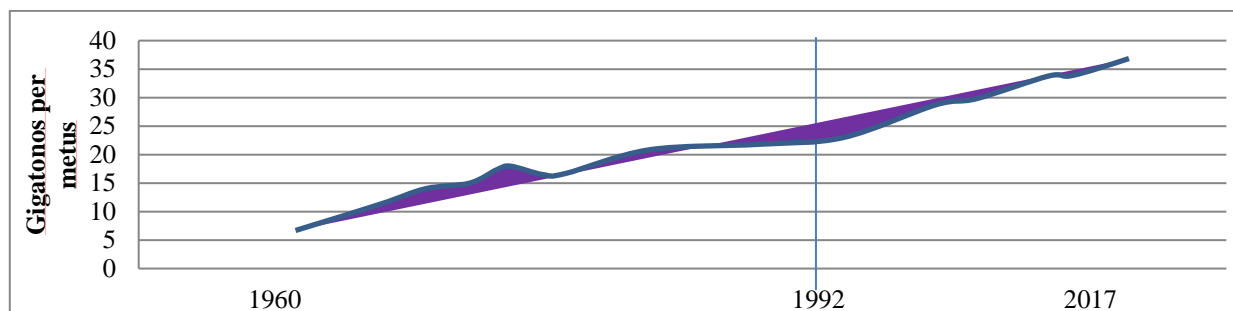


8 pav. Stuburinių gyvūnų populiacijų gausos mažėjimas nuo 1970 metų (4)



Pagal dabartinę trajektoriją daugelio gyvų organizmų ateitis yra neaiški. Organizacijos „Living Planet“ indeksas, kuriuo matuojama biologinės įvairovės gausumo lygis, pagrįstas 14152 stebimų populiacijų, nustato nuolatinę 3,706 stuburinių gyvūnų rūšių mažėjimo tendenciją. Vidutiniškai stebimų rūšių populiacijos gausa nuo 1970 iki 2012 metų sumažėjo 58 procentais. Jungtinių Tautų tikslas yra sustabdyti biologinės įvairovės nykimą iki 2020 metų sunkiai pasiekiamas, nes stuburinių gyvūnų populiacijos per pastarąjį pusamžį sumažėjo 67 procentais (30).

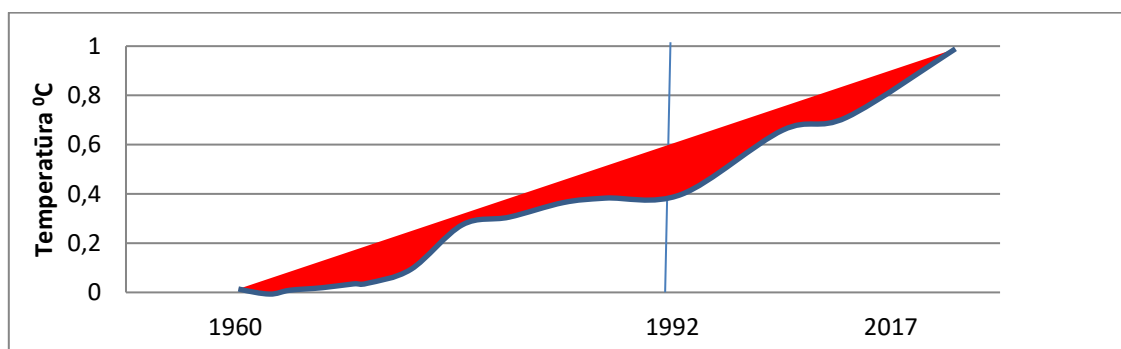
**CO<sub>2</sub> emisija.** Anglies dvideginis (CO<sub>2</sub>) - pagrindinis žmogaus sukulto šiltnamio efekto veiksnys. Jo išmetimai į atmosferą lemia per 60 procentų šiltnamio efekto. Šalyse, kuriose stipri pramonė, išmetamo CO<sub>2</sub> kiekis sudaro daugiau kaip 80 procentų šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos (31). Pagal „Pasaulio mokslininkų aljanso“ paskelbtus duomenis, anglies dioksido emisijos padidėjo nuo 22,2 gigatonų 1992 metais iki 36.2 gigatonų 2017 metais (4).



9 pav. Anglies dioksido emisijos gigatonomis per metus (4)

Žmonės degindami iškastinį kurą, vykdydami ūkinę veiklą, gamindami įvairiausių gaminius į atmosferą išmeta daugybę įvairiausių cheminių medžiagų. Nuo industrinės revoliucijos pradžios XVIII a. dėl žmonių ūkinės veiklos anglies dioksido koncentracija išaugo 1,4 karto (nuo 280 iki 400 ppm) dėl padidėjusios taršos, ypač dėl dujų, kurias sudaro trys ir daugiau atomų (pvz. CO<sub>2</sub>). 2017 metų duomenimis, daugiausia anglies dioksido išmetama deginant anglį - 14,6 gigatonų (tais metais CO<sub>2</sub> emisija padidėjo 1%), naftos produktus - 12,6 gigatonų (tais metais CO<sub>2</sub> emisija padidėjo 1,7%), dujas - 7,2 gigatonų (tais metais CO<sub>2</sub> emisija padidėjo 3%), cemento gamyboje - 1,5 gigatonų (tais metais CO<sub>2</sub> emisija padidėjo 1,5%). 2018 metais daugiausia anglies dioksido išmeta Kinija - 10,3 gigatonų, JAV - 5,4 gigatonų, Europos Sąjungos šalys - 3,5 gigatonų, Indija - 2,6 gigatonų, kitoms šalims tenka 15,3 gigatonų. CO<sub>2</sub> emisijos, tenkančios vienam gyventojui, pasiskirsto taip: JAV - po 16,2 tonos, Europos Sąjungos šalys ir Kinija - po 7 tonas, Indija - 1,8 tonos, vidurkis pasaulio gyventojui - 4,8 tonos (32).

**Temperatūra.** Pagal dabartinį šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų lygį, globalinis atšilimas 1,5 laipsnio Celsijaus ribą, sutartą Paryžiaus klimato susitarime, gali kirsti jau 2030 metais ir ne vėliau nei iki šio amžiaus vidurio, teigia Tarpvyriausybinė klimato kaitos komisija (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change) savo 2013 m. ataskaitoje. Dėl stiprėjančio šiltnamio efekto, vidutinė Žemės temperatūra nuo 1880 iki 2012 metų pakilo 0,85° C (33). Pagal „Pasaulio mokslininkų aljanso“ paskelbtus duomenis, temperatūra pakilo nuo 0,33°C iki 0,9°C, lyginant su priešindustriniu laikotarpiu (4).



10 pav. Pasaulio temperatūros pokytis nuo 1960 m. iki 2017 m. (4)

Klimato modeliai yra pagrindinė priemonė leidžianti įvertinti galimus klimato pokyčių scenarijus. Ateities klimato pokyčiai modeliuojami įvertinant visus gamtinius bei antropogeninius faktorius. Žmonių veiklos poveikis ateityje išreiškiamas per tipinius koncentracijų scenarijus RCP (angl. Representative Concentration Pathways) (34). Jie susideda iš socialinių-ekonominių prognozių bei šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų prognozių. Dažniausiai yra naudojami 4 pagrindiniai RCP scenarijai (RCP2.6, RCP4.5; RCP6.0; RCP8.5), kur skaičius parodo kaip pasikeis Žemės šilumos balansas dėl žmonių sukeltos taršos (t. y. žmonių išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų poveikis išreiškiamas W/m<sup>2</sup>). Pagrindinis klimato kaitos ir RCP realizacijos veiksnys – socialinė ir ekonominė žmonijos raida. Visi modeliai ir scenarijai rodo, kad globali oro temperatūra XXI a. ir toliau kils. Prognozuojama, jog 2081–2100 metais (lyginant su 1986–2005 metais) oro temperatūra Žemėje išaugs 1,7 - 4,8 °C (priklausomai nuo scenarijaus). Iki XXI a. vidurio numatomi oro temperatūros pokyčiai pagal skirtingus RCP scenarijus skiriasi nedaug, vėliau prognostiniai rodikliai išsiskiria. Ilgalaikėse prognozėse (iki 2100 metų) yra numatoma, jog šiltnamio efektą sukeliančių dujų poveikis bus žymiai stipresnis nei vidiniai klimato sistemos svyravimai, todėl klimato kaita tiesiogiai priklausys nuo žmonių veiklos poveikio stiprumo (35). Regioniniai temperatūros pokyčiai nebus vienodi: sausumoje jie bus 1,4 - 1,7 karto didesni nei vandenyne. Labiausiai šils Arktis, o mažiausi pokyčiai numatomi Šiaurės Atlante ir Pietiniame vandenyne palei Antarktidą (35). Augant temperatūrai didės ir globalus kritulių kiekis. Tikėtina, jog kritulių kiekis per XXI amžių išaugs 0,5 - 4 % (pagal skirtingus RCP scenarijus). Tačiau regioniniai pokyčiai bus itin margi. Išaugs kontrastas tarp drėgnų ir sausų regionų, be to daugelyje pasaulio regionų didės kontrastai tarp sausųjų ir drėgnųjų metų laikotarpių. Poliarinės sritys taps drėgnesnės, o tropinės – sausesnės. Didžiojoje vidutinių platumų sausumos dalyje bei drėgnuosiuose tropikuose didės intensyvių ir gausių kritulių atvejų skaičius (34).

**Pasaulio gyventojai.** Prieš 10000 metų pasaulio gyventojų buvo apie 5 milijonus. Per 8000 metų gyventojų išaugo iki 200 milijonų, o metinis augimo tempas yra mažesnis nei 0,05%. Su pramonės revoliucija įvyko milžiniškas pokytis: 1800 metais pasaulio gyventojų skaičius siekė vieną milijardą, antrasis milijardas buvo pasiektas po 130 metų (1930 m.), trečiasis milijardas per 30 metų (1960 m.), ketvirtasis milijardas per 15 metų (1974 m.) ir penktasis milijardas po 13 metų (1987 m.). 1970 metais pasaulyje buvo maždaug pusė žmonių, kiek dabar (36). Pagal „Pasaulio mokslininkų aljanso“ paskelbtus duomenis, pasaulio gyventojų skaičius išaugo nuo 5,5 milijardo iki 7,55 milijardo gyventojų (4).

Pagal Jungtinių Tautų Ekonomikos ir Socialinių reikalų departamento prognozes, pasaulio gyventojų skaičius atskiruose regionuose augs netolygiai (37) (Žr. 1 lentelę).

**1 lentelė. Pasaulio gyventojai atskiruose regionuose 2017, 2030, 2050 ir 2100 metais (37)**

Regionas	Gyventojai (millionai)			
	2017	2030	2050	2100
Pasaulyje	7550	8551	9772	11184
Afrikoje	1256 (16,6 %)	1704 (19,9 %)	2528 (25,9 %)	4468 (40 %)
Azijoje	4504 (59,7 %)	4947 (57,9 %)	5257 (53,8 %)	4780 (42,7 %)
Europoje	742 (9,8 %)	739 (8,6 %)	716 (7,3 %)	653 (5,8 %)
Lotynų Amerikoje ir Karibų jūros salyvuose	646 (8,6 %)	718 (8,4 %)	780 (8 %)	712 (6,4 %)
Šiaurės Amerikoje	361 (4,8 %)	395 (4,6 %)	435 (4,45 %)	499 (4,5 %)
Okeanijoje	41 (0,54 %)	48 (0,56 %)	57 (0,58 %)	72 (0,64 %)

Didžiausias augimo tempas prognozuojamas Afrikoje, Azijoje gyventojų skaičius stabilizuosis, o Europoje gyventojų mažės.



## **Teisiniai klimato kaitos reguliavimo aspektai**

1992 m. gegužės 9 d. Niujorke buvo pasirašyta Jungtinių Tautų Bendroji klimato kaitos konvencija, kuri šiuo metu yra pagrindinis galiojantis tarptautinis susitarimas klimato kaitos srityje. Konvencijos tikslas yra pasiekti, kad šiltnamio efektu pasižyminčių dujų koncentracijos atmosferoje stabilizuotųsi tokiame lygyje, kuriame pavojingas antropogeninis poveikis nesutrikdo klimato sistemos. Šis lygis turi būti pasiektas per tokį laikotarpį, kuris leistų ekosistemoms natūraliai prisitaikyti prie klimato pasikeitimo, kad nekiltų pavojaus maisto produktų gamybai, ir ekonominis vystymasis vyktų stabiliai. Konvenciją pasirašiusios valstybės pripažino, jog valstybės turėtų išleisti efektyvius aplinkos tvarkymo ir apsaugos įstatymus, kad aplinkos standartai, tvarkymo tikslai ir prioritetai turėtų atspindėti tą aplinkos ir šalies vystymosi būklę, kurios kontekste jie yra taikomi, ir kad standartai, taikomi vienose valstybėse, gali būti netinkami ir per brangūs socialiniu bei ekonominiu požiūriu kitose, ypač – besivystančiose šalyse. Atsižvelgiant į tai, išsivysčiusios šalys įsipareigojo padėti besivystančioms šalims, kurios yra ypač jautrios neigiamoms klimato pasikeitimo pasekmėms, padengti išlaidas, susijusias su prisitaikymu prie šių neigiamų pasekmių. (38).

Jungtinių Tautų Bendrosios klimato konvencijos Kioto protokolas buvo pasirašytas 1997 metais, kuriame nustatytos konkrečios Jungtinių Tautų Bendrosios klimato konvencijos tikslo įgyvendinimo priemonės. Protokolą pasirašiusios pramoninės šalys įsipareigojo 2008–2012 m. sumažinti bendrą išmetamų ŠESD kieki vidutiniškai 5% (Lietuva ir Europos Sąjunga – 8%), palyginti su 1990 m. lygiais (38).

„Pasaulio mokslininkų aljansas“ (Alliance of World Scientists) 2017 metais paskelbė pranešimą žmonijai dėl jai kylančios ekologinės grėsmės bei šiame straipsnyje pateikti duomenys rodo, kad visos pastangos pasiekti darnaus vystymosi tikslų yra nerezultatyvios arba menkai rezultatyvios.

Paryžiaus klimato kaitos susitarimas (2015) yra teisiškai privalomas visuotinis klimato kaitos dokumentas, kuris apima 197 išsivysčiusių ir besivystančių šalių išmetamų ŠESD kiekio mažinimo, prisitaikymo prie klimato kaitos ir įgyvendinimo priemonių įsipareigojimus. Paryžiaus susitarimas yra taikomas laikotarpiui po 2020 m., juo pakeičiama 1997 m. Kioto protokole numatyta sistema, kurioje buvo numatyti Konvencijos šalių įsipareigojimai iki 2020. Paryžiaus susitarime nustatytas ilgalaikis tikslas, atitinkantis siekį užtikrinti, kad pasaulio temperatūra didėtų gerokai mažiau nei 2°C, palyginti su ikipramoninio laikotarpio lygiu, ir toliau siekti, kad temperatūros didėjimas neviršytų 1,5°C, palyginti su ikipramoninio laikotarpio lygiu. Šalys įsipareigojo, remdamosi geriausiomis turimomis mokslo žiniomis, antroje šio šimtmečio pusėje pasiekti žmogaus veiklos nulemtų ŠESD ir jų šalinimo absorbentais pusiausvyrą (38).

Vykdydama tarptautinius susitarimus Europos Sąjunga savo 2030 m. klimato ir energetikos politikos strategijoje įsipareigojo iki 2030 metų pasiekti tikslus: - bent 40%, palyginti su 1990 metų lygiu, sumažinti išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį; 27% padidinti energijos vartojimo efektyvumą (orientacinis tikslas, kuris bus persvarstomas 2020 metais, su tikslu pasiekti 30%); iki 27% padidinti sunaudojamos energijos iš atsinaujinančiųjų energijos šaltinių dalį. 2030 metų politikos strategijoje siūlomi nauji ES tikslai, kurie įtvirtinti 2014 metų spalio 23 - 24 d. Europos vadovų tarybos išvadose: įsipareigojimas toliau mažinti išmetamą šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį, nustatant tikslą iki 2030 m. šį kiekį sumažinti 40%, lyginant su 1990 metų lygiu (39).

### **Išvados**

1. Tyrimo metu nustatyta, kad 1992 – 2017 metų laikotarpyje: ozono sluoksnio pagrindinių ardytojų chlorfluorangliavandenilių (CFC) gamyba sumažėjo nuo 350 tūkstančių tonų iki 54 tūkstančių tonų, kas sąlygojo ozono koncentracijos atmosferoje stabilizavimą; gėlo vandens išteklių sumažėjo nuo 8 tūkstančių kubinių metrų iki 6 tūkstančių kubinių metrų vienam gyventojui; žvejybos jūroje apimtys sumažėjo nuo 130 milijonų tonų iki 110 milijonų tonų; negyvų vandenynų zonų skaičius išaugo nuo 380 iki 640; miškų plotai sumažėjo nuo 4,11 milijardų kvadratinų

kilometrų iki 3,95 milijardų kvadratinų kilometrų; stuburinių gyvūnų populiacija lyginant su 1970 metais sumažėjo iki 60 % 1992 metais ir iki 40 % 2017 metais; anglies dioksido emisijos padidėjo nuo 22,2 gigatonų iki 36,2 gigatonų; temperatūra pakilo nuo 0,33°C iki 0,9°C, lyginant su priešindustriniu laikotarpiu; pasaulio gyventojų skaičius išaugo nuo 5,5 milijardo gyventojų iki 7,55 milijardo gyventojų.

2. Jungtinių Tautų Bendroji klimato kaitos konvencijos (1992) bei Kioto protokolo (1997) tikslai pasiekti darnaus vystymosi yra nerezultatyvūs arba menkai rezultatyvūs.

3. Jungtinių Tautų organizacija 2015 metais patvirtino Darnaus vystymosi darbotvarkę 2030 – nustatydamą 17 universalių, tarpusavyje susijusių darnaus vystymosi tikslų, kurie turi būti įgyvendinti iki 2030 metų, siekiant išsaugoti žmoniją.

## Literatūra

1. <https://am.lrv.lt/lt/veiklos-sritys-1/es-ir-tarptautinis-bendradarbiavimas/darnus-vystymasis/darnus-vystymasis-ir-lietuva>
2. <http://www.fao.org/3/I9535EN/i9535en.pdf#page=79> The State of the World's Forests 2018 - Forest pathways to sustainable development. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
3. <http://www.meteo.lt/lt/rss/>
4. Ripple W. J., Wolf Ch., Newsome T. M., Galetti M., Alamgir M., Crist E., Mahmoud I. M., Laurance W. F., 15,364 scientist signatories from 184 countries. (2017). World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice, *BioScience*, Volume 67, Issue 12, Pages 1026–1028, <https://doi.org/10.1093/biosci/bix125>
5. [http://www.hkk.gf.vu.lt/a/studentams/klimato\\_svyravimai/KS\\_7.pdf](http://www.hkk.gf.vu.lt/a/studentams/klimato_svyravimai/KS_7.pdf)
6. <http://www.meteo.lt/lt/rss/>
7. <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/CDB/index.shtml>
8. Dapkienė M., Kustienė R. (2008). *Vandens išteklių naudojimas*. Kaunas, Ardiva.
9. Gleik P. (2008). The World's Water 2008-2009. The Biennial Report on Freshwater Resources. New York: Island Press.
10. International Water Management Institute (IWMI). (2007). *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. London: Earthscan; Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
11. Gleick P. (2012). Dirty Water: Estimated Deaths from Water-Related Diseases 2000–2020. Pacific Institute Research Report. Oakland, CA: Pacific Institute.
12. *Water in a Changing World*. World Water Development Report 2009.. Paris: UNESCO Publishing; London: Earthscan. <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001819/181993e.pdf>.
13. Pikitch, E. K. *et al.* (2004). Ecosystem-based Fishery Management. *Science* 305, 346–347.
14. Pauly, D. & Zeller, D. (2016). Catch reconstructions reveal that global marine fisheries catches are higher than reported and declining. *Nat. Commun.* 7:10244 doi: 10.1038/ncomms10244. <https://www.nature.com/articles/ncomms10244>
15. Waite R., Beveridge M., Brummett R., Castine S, Chaiyawannakarn N., Kaushik S., Mungkung R., Nawapakpilai S., Phillips M. (2014) Improving Productivity and Environmental Performance of Aquaculture Creating a Sustainable Food Future, *Installment Five* <https://www.wri.org/publication/improving-aquaculture>
16. [https://www.vims.edu/research/topics/dead\\_zones/formation/index.php](https://www.vims.edu/research/topics/dead_zones/formation/index.php)
17. J. Diaz R. J., Rosenberg R. (2008). Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystems. *Science*. Vol. 321, Issue 5891, pp. 926-929 DOI: 10.1126/science.1156401 <http://science.sciencemag.org/content/321/5891/926>
18. [https://www.vims.edu/research/topics/dead\\_zones/impacts/index.php](https://www.vims.edu/research/topics/dead_zones/impacts/index.php)
19. [https://www.vims.edu/research/topics/dead\\_zones/climate\\_change/index.php](https://www.vims.edu/research/topics/dead_zones/climate_change/index.php)
20. Whitney F. A., Freeland H. J., Robert M. (2007). Persistently declining oxygen levels in the interior waters of the eastern subarctic Pacific. *Prog. Oceanogr.* 75. 179–199. 10.1016/j.pocean.2007.08.007
21. T. Ito S., Minobe M. C., Long C., Deutsch C. (2017). Upper ocean O<sub>2</sub> trends: 1958–2015. *Geophys. Res. Lett.* 44, 4214–4223. 10.1002/2017GL073613).
22. Stramma L., Johnson G.C., Sprintall J., Mohrholz V. (2008). Expanding oxygen-minimum zones in the tropical oceans. *Science* 320, 655–658. 10.1126/science.1153847pmid:18451300).

23. L. Bopp L., Resplandy J. C., Orr S. C., Doney J. P., Dunne M., Gehlen P., Halloran C., Heinze T., Ilyina R., Séférian J., Tjiputra M. (2013). Multiple stressors of ocean ecosystems in the 21st century: Projections with CMIP5 models. *Biogeosciences* 10. 6225–6245. 10.5194/bg-10-6225-2013).
24. Ito T., Minobe S., Long M. C., Deutsch C. (2017). Upper ocean O<sub>2</sub> trends: 1958–2015. *Geophys. Res. Lett.* 44, 4214–4223. 10.1002/2017GL073613).
25. Brewer P. G., Peltzer e. T. (2017). Depth perception: The need to report ocean biogeochemical rates as functions of temperature, not depth. *Philos. Trans. R. Soc. London Ser. A* 375, 20160319. 10.1098/rsta.2016.0319pmid:28784710.
26. Carstensen J. H., Andersen B. G., Gustafsson D. J., Conley P. (2014). Deoxygenation of the Baltic Sea during the last century. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 111, 5628–5633. 10.1073/pnas.1323156111pmid:24706804.
27. <http://www.fao.org/state-of-forests/en/>
28. FAO. 2018. The State of the World's Forests 2018 - Forest pathways to sustainable development. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO <http://www.fao.org/3/I9535EN/i9535en.pdf#page=79>
29. <https://botanika.vdu.lt/wp-content/uploads/2016/11/biologine-ivairove.pdf>
30. Living Planet Report 2016. Risk and resilience in a new era. WWF International, Gland, Switzerland [http://awsassets.panda.org/downloads/lpr\\_living\\_planet\\_report\\_2016.pdf](http://awsassets.panda.org/downloads/lpr_living_planet_report_2016.pdf)
31. <http://www.darnusvystymasis.gpf.lt/lt/siltnamio-efekta-sukeliancios-dujos>
32. <https://theconversation.com/carbon-emissions-will-reach-37-billion-tonnes-in-2018-a-record-high-108041>
33. Stocker T. F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S. K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P. M. (2013). Climate Change 2013: *The Physical Science Basis*. Cambridge: Cambridge University Press.
34. <http://www.krea.lt/images/angle180/klimato-kaita-gaires-savivaldybems.pdf>
35. Kirtman B., Power S. B., Adedoyin J. A., Boer G. J., Bojariu R., Camilloni I., Doblas-Reyes F. J., Fiore A. M., Kimoto M., Meehl G. A., Prather M., Sarr A., Schär C., Sutton R., van Oldenborgh G. J., Vecchi G., Wang H. J. (2013). Near-term Climate Change: Projections and Predictability. In: Climate Change 2013: *The Physical Science Basis*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
36. [World Population Prospects: The 2017 Revision](#) - United Nations Population Division.
37. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2017). *World Population Prospects: The 2017 Revision*. New York: United Nations. [https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2017\\_KeyFindings.pdf](https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2017_KeyFindings.pdf)
38. <http://www.krea.lt/images/angle180/klimato-kaita-gaires-savivaldybems.pdf>
39. <http://ec.europa.eu/environment/life/funding/life2014/index.htm>.

## THE CHANGE OF KEY ECOLOGICAL AND ANTHROPOGENIC INDICATORS BETWEEN THE YEARS 1992 AND 2017

**Raimundas Čepukas**

*Utena University of Applied Sciences,  
Maironio str. 7, Utena*

### Summary

The article examines the changes in the ozone layer, fresh water resources, marine life resources, dead ocean zones, forest areas, biodiversity, carbon dioxide emissions, temperature changes and population changes between 1992 and 2017. In 1992, the 1,700 scientists from the Union of Concerned Scientists have issued a warning message to humanity about the ecological threats. After 25 years, the Alliance of World Scientists, has issued a second warning signed by more than 15,000 scientists from 184 countries. In these scientific reports, the threat to human survival is based on the analysis of the ozone layer, fresh water resources, marine life resources, dead ocean zones, forest areas, biodiversity, carbon dioxide emissions, temperature changes and population changes. Of all the mentioned ecological and anthropogenic indicators, only the loss of the ozone layer has been stopped while the parameters of all the other indicators have deteriorated.

This article analyzes the changes in the following indicators in more detail: the significance of these changes is assessed; determining the main factors influencing the change of the above mentioned ecological and anthropogenic indicators; evaluating the dynamics in perspective of the change of the ecological and anthropogenic indicators.

Research methods: the analysis of the scientific literature, meta-analysis, analysis of online sources.

The production of chlorofluorocarbons (CFCs) in the main ozone depletion plant has been estimated to have decreased from 350 thousand tons to 54 thousand tons during the period in question (<http://www.meteo.lt/lt/rss/>), which led to stabilizing the ozone concentration in the atmosphere. The fresh water resources have decreased from 8,000 cubic meters to 6,000 cubic meters per capita; the sea fishing volumes decreased from 130 million tons to 110 million tons; the number of dead ocean zones increased from 380 to 640; the forest areas decreased from 4.11 billion square kilometers to 3.95 billion square kilometers; compared to the 1970, the vertebrate population decreased to 60% in 1992 and to 40% in 2017; carbon dioxide emissions increased from 22.2 gigaton to 36.2 gigaton; the temperature has risen from 0.33 °C to 0.9 °C compared to the pre-industrial period; the world population has increased from 5.5 billion to 7.55 billion.