

Klimatas – *„akmens metraštis“*

Žemės mokslai – visuomenei

Skiriama vienai pagrindinių tarptautinių planetos Žemės metų temai



www.esfs.org

Kam skiriamas šis leidinukas

Leidinukas skiriamas vienai iš svarbiausių tarptautinių planetos Žemės metų mokslinių temų.

Tarptautiniai planetos Žemės metai

Jungtinių Tautų Organizacija su UNESCO ir IUGS (Tarptautinė geomokslų sąjunga) 2008 metus paskelbė tarptautiniais planetos Žemės metais. Šios iniciatyvos tikslas – mažinti visuomenei kylančius gamtos ir žmogaus veiklos keliamus pavojus; mažinti pavojų sveikatai, didinant gamtos mokslų medicininių aspektų suvokimą; rasti naujus gamtos išteklius ir užtikrinti racionalų jų naudojimą; skatinti visuomenės domėjimąsi gamtos mokslais ir kt.

Norite žinoti daugiau...

Jei norite sužinoti daugiau apie kitus tyrimus ir temas, aplankykite www.yearofplanetearth.org (ten rasite visas mūsų publikacijas).



Įžanga – „užrašai akmenyje“

Žemėje vykę klimato sąlygų pokyčiai yra „akmens metraštis“, kitaip tariant, atsispindi nuosėdų sekose. Ledynų akumuliacija, ežerų ir vandenynų nuosėdų stovyčių formavimasis, kopų masyvų dydis, forma ir išsidėstymas, kaip ir upių terasos, fosilinių augalų sekos ir gyvūnų liekanos, senosios krantų linijos, koralų bendrijos, medžių rievės ir olose susiformavusios karbonatinės nuosėdos kartu su archeologiniais radiniais ir rašytiniais paminklais teikia žinių apie praeities klimato kaitą.

Žmonijos istorija glaudžiai susijusi su paleoklimato pobūdžiu ir kaita. Praeities klimato supratimas yra žingsnis suvokiant Žmonijos istorijos raidos priežastis ir jos šiandienę būklę. Be abejo, mūsų ateitis taip pat sietina su klimato pokyčiais.

Mokslininkai, nagrinėjantys Žemės sistemas ir jų istoriją, žino, kad jai būdinga nuolatinė visos sistemos dinamika. Dabar, pirmą kartą planetos istorijoje, viena rūšis, *Homo sapiens*, tapo dominuojanti sistemoje ir daro didelę įtaką jos raidai ir klimatui. Siekiant geriau suvokti šiuos procesus, būtina suprasti skirtumus tarp natūralių pokyčių ir svyravimų, sukeltų tiesioginio žmogaus kišimosi – kartais vadinamo antropogenine kaita.

Istorijos šaltiniai atskleidžia vandenyno, atmosferos ir sausumos pokyčių ryšio svarbą. Tiesa, kelis šimtus metų vykdomi tiesioginiai klimato parametrų matavimai apibūdina labai trumpą jų atkarpą. Gebėjimas perskaityti geologinę informaciją – „akmens metraštį“ – labai padidėjo plėtojantis mokslui ir technologijoms. Gyvybiškai svarbu ir tai, kad šie praeities sąlygų dinamiką liudijantys archyvai yra saugūs ir gali sulaukti tyrėjų, turinčių dar didesnę žinių bagažą ir naudojančių modernesnes tyrimų technologijas.

Leidinyje nagrinėjamas kompleksas klausimų, atskleidžiančių geomokslų indėlį į klimato raidos tyrimus ir ateities visuomenės gerovės kūrimą.



Praeityje Žemėje buvo

keliolika ledynmečių

ir šiltmečių etapų

Pagrindiniai klausimai

Koks yra bendras klimato pokyčių pobūdis per pastaruosius keturis apledėjimų ciklus?

Žemėje, kurios istorija apie 4600 milijonų metų, praeityje būta ne vieno ledynmečio ir šiltmečio etapų. Tyrimų, atliktų po 1960 metų, nustatyta, kad net per pastaruosius du milijonus metų išryškėjo keli šaltmečių etapai, sukėlę ženklų ledynų ekspansiją. Jauniausias – prieš 21 tūkst. metų vykęs – atšalimas buvo vienas iš atšiauriausių: dideli Šiaurės Amerikos ir šiaurės Europos plotai bei kalnų regionai buvo padengti ledynais. Sausi aukštikalnių regionai, pavyzdžiui, Tibeto plato, ledo danga buvo padengti fragmentiškai.

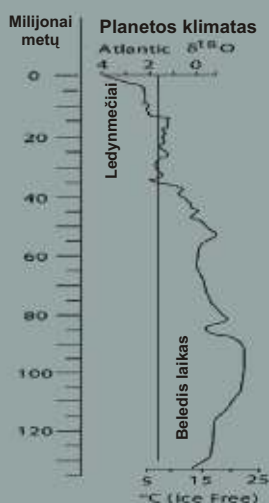
Naujausi vandenyno nuosėdų, ledyno skydų ir centrinės Kinijos liosų bei palaidotų dirvožemių tyrimų rezultatai rodo, jog intensyviausi klimato sąlygų svyravimai tuo pat metu darė įtaką visam žemės paviršiui. Žemės sukimosi apie Saulę orbitos parametrų kaita – patikimiausia šiuos pokyčius grindžianti teorija.

Mokslininkai nagrinėja kontinentinių ledynų skydų formavimosi ir nykimo mechanizmus bei trumpalaikius (iki 100 ar 1000 metų trukusius) staigius ledynų raidos etapus. Tokių klimato sąlygų svyravimų negalima sieti su orbitos pokyčiais. Jie tikriausiai sietini su pačioje Žemėje vykusiais procesais. Tokie staigūs ir intensyvūs pokyčiai turėjo labai neigiamą įtaką gyventojams praeityje, o jų pasikartojimas yra labai pavojingas visuomenei ir jos ekonomikai net ir dabar.

Mokslininkai labai daug dėmesio skiria nustatyti tam tikruose Žemės paviršiaus regionuose išryškėjusių pokyčių ryšius ir jų sąveiką. Kokią, pavyzdžiui, šiaurės Atlante prasidėję svyravimai turėjo įtaką rytų Azijos regionams? Kaip susijusios įvairios musonų sistemos? Kaip pokyčiai vienoje sistemoje veikia kitos svyravimus?

Kiekvieno ledynmečio metu pasaulinio vandenyno lygis ženkliai sumažėdavo. Tam tikrais atvejais dideli vandenynų šelfo plotai tapdavo sausuma, kuria keliaudavo žmonės, gyvūnai ir augalai. Dažnai, tiriant ir interpretuojant archeologinius radinius ir gyventojų migraciją, vandenyno lygio svyravimai yra labai svarbus veiksnys. Tokie naujai susiformavę sausumos plotai padidindavo ir natūralių dujų, sukeliančių vadinamąjį šiltnamio efektą, kiekį atmosferoje.

Pastarųjų kelių milijonų metų apledėjimų ciklų tyrimai ir jų informacija padeda įvertinti globalią klimato kaitą bei suvokti žmonijos istoriją, kartu raidą ir migraciją.



Source M. Coffin, IODP



Keturių paskutinių
 ledynmečių klimato
 kaitą patvirtinantys
 duomenys

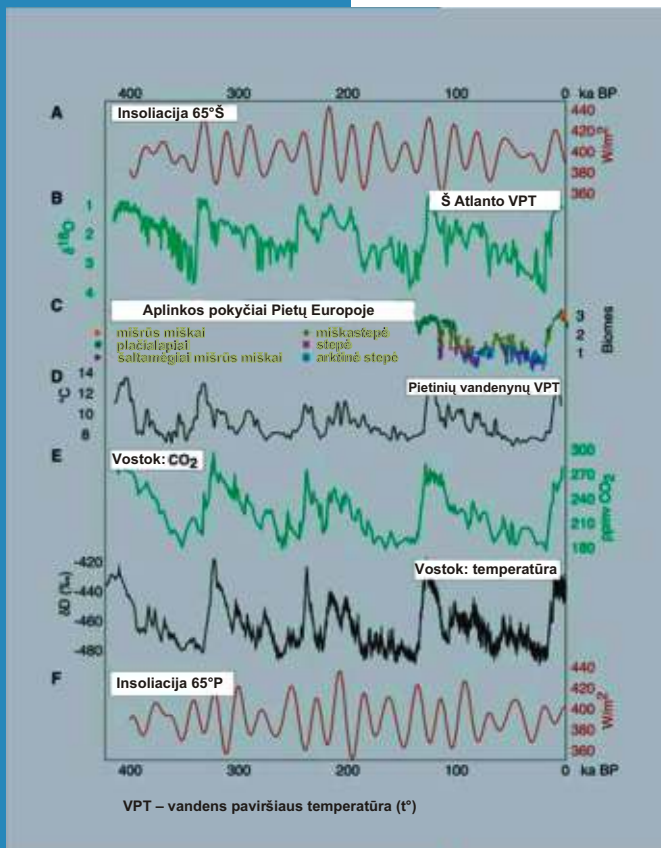
Kokia buvo pastarųjų tūkstančio metų klimato įvairovė

Klimato kaita pasireiškia temperatūros ir kritulių kiekio pokyčiais ir ekstremaliais įvykiais: sausromis, audromis ir potvyniais. Tokie įvykiai pažeidžia natūralių ir antropogeninių sistemų produktyvumą, natūralių gaisrų periodiškumą, vandens kokybę, sunaikina infrastruktūrą ir gyventojų turtą.

Ilgalaikė klimato kaitos istorija leidžia įvertinti nesenus įvykius bendrame pokyčių kontekste, prognozuoti tolesnę jų raidą ir suvokti galimas priežastis. Holoceno pradžioje (prieš 10 tūkst. metų) žmogus klimatui neturėjo įtakos. Tuo metu tik atskiruose regionuose pamažu plėtoja žemdirbystę. Prieš 5–6 tūkst. metų įvairios žemdirbystės sistemos paplito tiek vakarinėje, tiek ir rytinėje Eurazijos žemyno dalyse. Prieš 3 tūkst. metų laipsniškai didėjantys žemdirbystės plotai fiksuojami beveik visur. To meto nuosėdų geologinių tyrimų rezultatai rodo buvus aktyvų miškų kirtimą ir deginimą, intensyvėjančią dirvų eroziją, statinių konstravimą, iš jų ir skirtų vandeniui kaupti, antropogeninę kraštovaizdžio kaitą.

Aptariamuoju metu gyventojų vaidmuo kraštovaizdžio kaitoje pamažu didėjo, tačiau tikriausiai dar nepasiekė lygio, kuriuo jį veikė natūralūs procesai. Holoceno viduryje išryškėjusi žemdirbystės plėtra šlapiose dirvose galėjo daryti įtaką metano išsiskyrimui, vienam iš svarbiausių gyventojų poveikio atmosferos cheminei sudėčiai veiksnių.

Gausios nesenus praeities etapus apibūdinančios informacijos gaunama tiriant ilgaamžių medžių rieves, ledo pjūvius, sudarytus iš kasmetinių sniego sluoksnių, varvines ežerų nuosėdas. Minėti archyvai rodo kasmečius klimato sąlygų svyravimus. Nors panašaus pobūdžio pjūviai yra gana reti, geriausiai ištirtieji buvo panaudoti atliekant pastarųjų tūkstančio metų paleoklimatinių sąlygų rekonstrukcijas šiaurės pusrutulyje (šiauriniame Hemptšyre). Nors iš pietų pusrutulio (pietiniame Hemptšyre) panašaus pobūdžio informacijos sukaupta gana mažai, tačiau tai nemažina ateities tyrimų galimybių.



Skirtingos priežastys lėmė

daugelio senovės

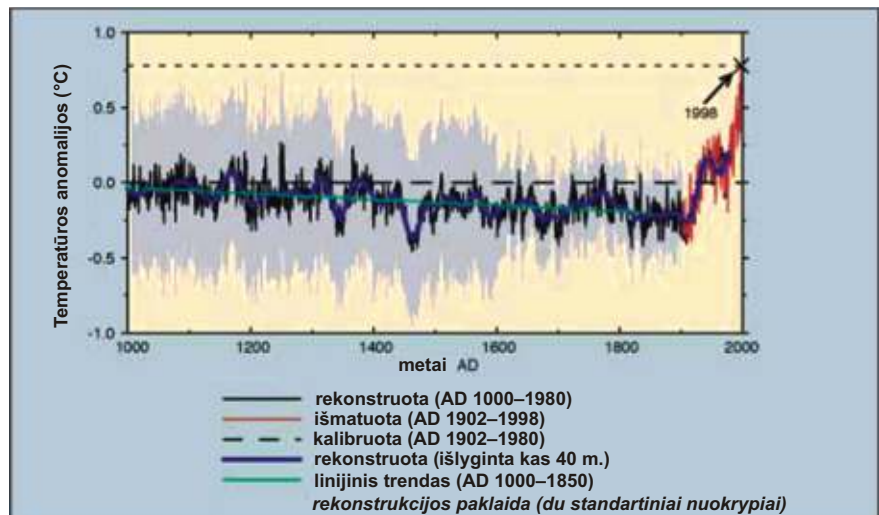
civilizacijų žlugimą

Sukaupta šiaurės pusrutulio paleoklimatinė informacija Irodo palankias klimatinės sąlygas egzistavus II–XII amžiuje ir XIV amžiaus pradžioje. Žemesnė nei dabartinė vidutinė metinė temperatūra vyravo nuo XIV amžiaus pradžios iki XIX amžiaus. Šie laikotarpiai, identifikuoti ir remiantis archeologine bei istorine informacija, vadinami „viduramžių šaltmečiu“ ir „mažuoju ledynmečiu“. Istorijos šaltiniai rodo buvus nemažą šių klimatinų pokyčių įtaką gyventojams. Šiltuoju laikotarpiu kviečiai buvo auginami šiauresnėse teritorijose, o vyno gamyba prasidėdavo daug anksčiau. „Mažuoju ledynmečiu“ ligos ir žemdirbystės nuosmukis išryškėjo daugelyje regionų. Daugeliu atvejų vidutinės temperatūros svyravimai neviršijo 0,2–1 °C, palyginti su XX amžiaus pradžia. Šie nežymūs vidutinės temperatūros pasikeitimai ir jų sukelti žmonių visuomenės gyvenimo pokyčiai galėtų būti iškalbingas liudijimas skeptikams, neigiantiems prognozuojamų vidutinės metinės temperatūros svyravimų, kurie gali siekti 1–5 °C per artimiausius 50–100 metų, svarbą žmonijai. Antroji XX amžiaus pusė apibūdinama kaip labai šiltas etapas.

Kas sukėlė tokius svyravimus? Yra prielaidų, kad Saulės aktyvumo kaita lemia ilgalaikius pokyčius, tačiau pastarasis atšilimas yra beprecedentis. Daugybė tyrimų rezultatų rodo, kad šiuo metu išryškėjantiems globaliems klimato pokyčiams per pastaruosius 10 tūkst. metų ar net ilgesniame geologinės praeities etape nėra analogų. Saulės aktyvumo kaita, vulkaninių dujų ir dulkių kiekis atmosferoje, pasaulinio vandenyno cirkuliacija, kurie buvo analizuojami tiriant pastarųjų 10 tūkst. metų paleoklimato kaitą, nepaaiškina per pastarąjį šimtmetį išryškėjančių svyravimų priežasčių. Žmonijos ūkinės veiklos: miškų kirtimo, statybos ir ūkinės veiklos sukeltos dujų emisijos įtakos klimato kaitai idėja dabar yra aktyviai aptariama.

Nepaisant to, norint nustatyti ryškėjančių klimato pokyčių priežastis, būtina suprasti antropogeninių ir gamtinių veiksnių svarbą klimato kaitą lemiančių veiksnių visumoje. Natūralių veiksnių, tokių kaip antai: El Ninio, vulkaninių dulkių ir dujų sklaida ir kiekis atmosferoje, tyrimai priskirtini prie prioritetinių, nes tik jų metu gauta informacija gali padėti atskleisti mechanizmą, sukeltantį klimato pokyčius praeities etapais, tiesiogiai susijusiais su žmonijos istorija. Neginčijama, jog klimato pokyčiai turėjo labai didelę įtaką ir tebeturi žmogaus gyvenimui.

*Paskutiniojo tūkstantmečio oro temperatūros Šiaurės pusrutulyje
(Mann et al., 1999; Alversson et al., 2003)*



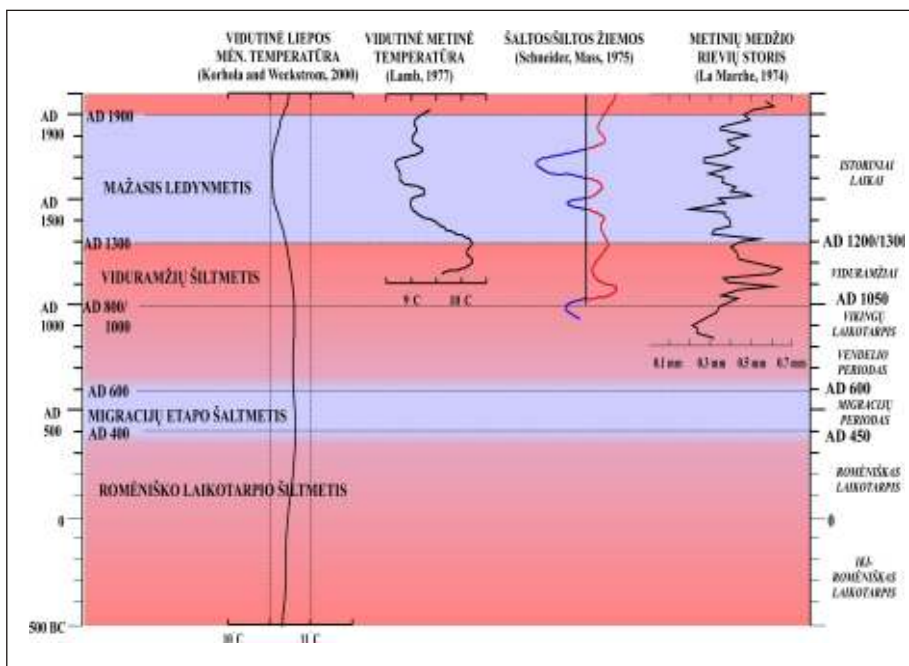
Kokią paleoklimato pokyčiai turėjo įtaką žmonių visuomenei

Daugelio senovės civilizacijų žlugimą nulėmė įvairios priežastys, iš jų ir klimato pasikeitimas. Sausros lėmė Harrappan kultūros žlugimą šiaurės vakarų Indijoje, majų – centrinėje Amerikoje ir Hohokam – Arizonoje.

Daugelyje kitų pasaulio dalių problemų kėlė vandens perteklius. Vandens nuotėkis Jangdzės (Kinija) upėje pasiekė apogėjų, kai potvynis nuo Tibeto plato sutapo su vasaros musonais. Kas keleri metai pasikartojantys potvyniai nusinešė daug gyvybių ir turto, nors tuo pat metu užlietos teritorijos buvo praturtintos maistingomis medžiagomis. Holoceno metu gyventojai visais būdais stengėsi pažaboti potvynius, kontroliuoti vandens lygį, o teritorijose, kur tai nepavyko, tam tikros ūkio šakos, pavyzdžiui, ryžių auginimas, patyrė nuosmukį. O Geltonosios upės slėnyje klimato pokyčiai ir gyventojų ūkinės veiklos įtaka aplinkai lėmė, jog žmonės buvo priversti apleisti šiaurvakarines teritorijas ir tankiau apgyvendinti pietrytinius regionus. Tokią gyventojų perkėlimo politiką tęsia ir dabartinė Kinijos vyriausybė.

Kompleksiškai nagrinėjant aplinkos pokyčius ir gyventojų istorijos raidą apibūdinančią informaciją galima rasti daug atsakymų apie inovacinių technologijų plėtrą, ankstyvasias valstybes ir jų kūrimąsi, o tam tikrais atvejais net suprasti ilgaamžio gyventojų grupių priešiškumo Viduriniuosiuose Rytuose, rytų Afrikoje ar kitose pasaulio dalyse priežastis.

Kultūrų raida ir klimatas



● Gyventojų veikla lėmė atmosferos cheminės

sudėties ir žemės paviršiaus pokyčius,

● didelę biologinės įvairovės recesiją

Gyventojų veiklos įtaka klimato kaitai

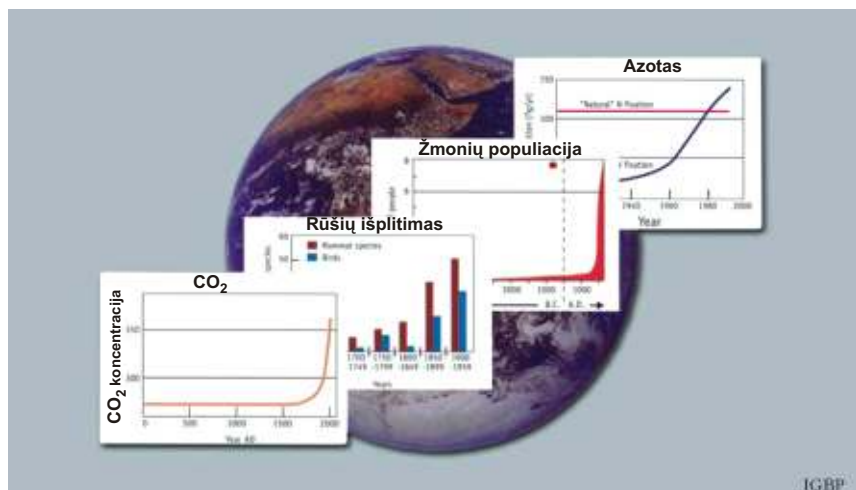
Žinoma, kad gyventojų veikla sukėlė atmosferos cheminės sudėties bei žemės paviršiaus augalinės dangos pokyčius, biologinės įvairovės recesiją. Negana to, pagaminta tūkstančiai naujų sintetinių substancijų, kurių vaidmuo biosferoje nėra iki galo iširtas. Dėl intensyvios industrinių dujų emisijos, fiksuojamos per pastaruosius 150 metų, daugelis ežerų sistemų tapo rūgštinės.

Vienas iš būdų stebėti ir kontroliuoti gyventojų nulemiamus klimato pokyčius yra dujų, produkuojamų dėl ūkinės veiklos bei sukeliančių šiltnamio efekta, kiekio kontrolė. Galima kontroliuoti jų kiekį, tačiau nežinoma, kur jos pagaliau atsидuria. Jos kaupiasi dirvožemyje, o gal telkiasi miško dangoje? Gal didžioji jų dalis absorbuojama vandenyno, o galbūt visuose išvardytuose bei daugelyje nepaminėtų ar net nežinomų objektų.

Reikia tolesnių klimato poveikio paviršiaus pokyčiams ir atmosferos cheminės sudėties svyravimams tyrimų. Moksliniai šios srities prioritetai – tyrimai biologijos, dirvožemių mokslo (pedologijos) ir okeanografijos srityse. Daug informacijos gali suteikti ir detali nuosėdų geocheminės sudėties analizė.

Koks yra modelių vaidmuo prognozuojant ateities klimatą ir kokie jų pranašumai?

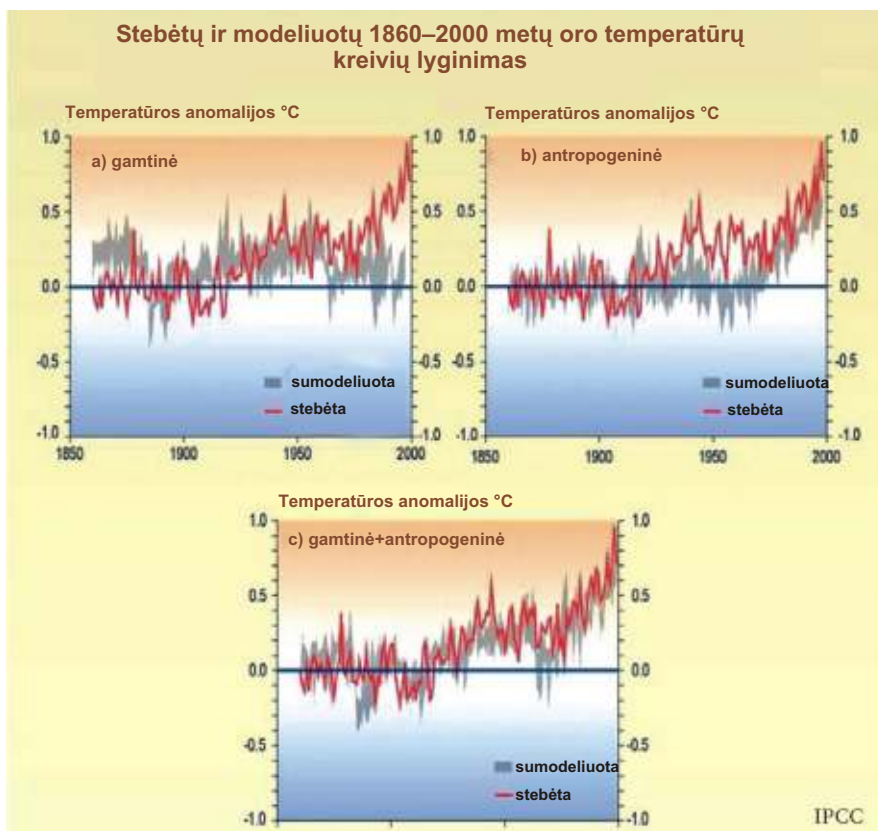
Modeliavimas, panašiu, yra geriausias būdas prognozuoti klimato pokyčius. Tai matematinės lygtys, leidžiančios paaiškinti fizikinį pasaulį ir įvertinti grįžtamąjį vandenyno, atmosferos ir sausumos paviršiaus pokyčių ryšį. Sukurto modelio vertė apibrėžiama pagal mūsų supratimą apie Žemę sudarančias sistemas, kuriuo realus pasaulis gali būti aprašytas matematinėmis funkcijomis ir kompiuterinės įrangos, atliekančios reikiamus skaičiavimus, galių. Dabar plačiausiai naudojami 25 klimatinių prognozių modeliai. Skirtingų modelių pateikiamos klimato kaitos prognozės daugiau ar mažiau skiriasi ir dažniausiai tai nulemia sunkumų, su kuriais susiduriama integruojant skirtingus fizikinius dydžius į kuriamą modelį.



Dabar kuriamuose modeliuose integruojama klimatinė, ekonominė, demografinė, industrinę emisiją, žemės ūkio ir gamtinių ekosistemų būklę apibūdinanti informacija. Pažangiausiuose modeliuose įvedama „grįžtamojo ryšio“ galimybė, kurios dėka vieno veiksnio pokytis gali būti transformuojamas į kitą modelį ar net sistemą. Kuriamų modelių vertę daugiausia lemia galimybė integruoti skirtingų šaltinių teikiamą informaciją, kuri leidžia geriau suprasti Žemėje vykstančius procesus. Privalu stengtis priartinti kuriamus modelius prie realių sąlygų, nes tik funkcionalios prognozės sistemos suteiks galimybę vykdyti tausojantį aplinką gyventojų ūkinės veiklos planavimą.

Nepriklausomos kontrolės sistemos būtinos siekiant išskirti geriausius modelius ir juos toliau modernizuoti. Modelių, skirtų tam tikriems praeities etapams, kūrimas yra viena iš tokios pažangos galimybių. Tokiose sistemose būtų panaudojama informacija, apibūdinanti Žemės orbitos parametrus, dujų koncentraciją, atmosferoje egzistavusių aerosolių kiekį, vandenyno krantų linijų ir vandens lygio kaitą, ledo dangų raidą – duomenis, kuriuos išsaugojo geologinių nuosėdų storumės. Sukurti atskirų laikotarpių klimato kaitos modeliai galėtų būti lyginami su informacija, gauta atlikus tiesioginius paleoklimatinius tyrimus.

Informacinių sistemų, apimančių detalius duomenų (ypač apie pietų pusrutulį ir tropikus) masyvus, kūrimas turi būti vienas iš mokslinių prioritetų, o tyrimai visų pirma turėtų būti nukreipti registruoti klimato pokyčius jautresniuose regionuose. Tai suteiktų daugiau vertės tiek modeliavimą, tiek ir paleoklimatinius tyrimus atliekantiems mokslų atstovams, padidintų visuomenės pasitikėjimą prasminga globalaus klimato kaitos prognoze.



Mokslinė programa

Dvidešimties pasaulyje
 pripažintų geotyrimus
 atliekančių ir įvairioms šalims
 atstovaujančių mokslininkų
 taryba apibrėžė dešimt
 Tarptautinių planetos Žemės
 metų mokslinių temų –
 Požeminis vanduo – šaltinis
 ištroškusiai planetai,
 Katastrofos – tinkamiaus
 pasirengus rizika mažėja,
 Žemė ir sveikata – saugios
 aplinkos kūrimas, Klimatas –
 „akmens metraštis“, Išteklių –
 tausojamą naudojimą link,
 Didmiesčiai – urbanizuota
 mūsų ateitis, Žemės gelmės –
 nuo plutos į branduolį,
 Vandenynei – laiko gelmė,
 Dirvožemis – gyvoji Žemės
 oda, Žemė ir gyvybė –
 įvairovės kilmė.

Apie ateitį ir galimą klimato kaitos pobūdį

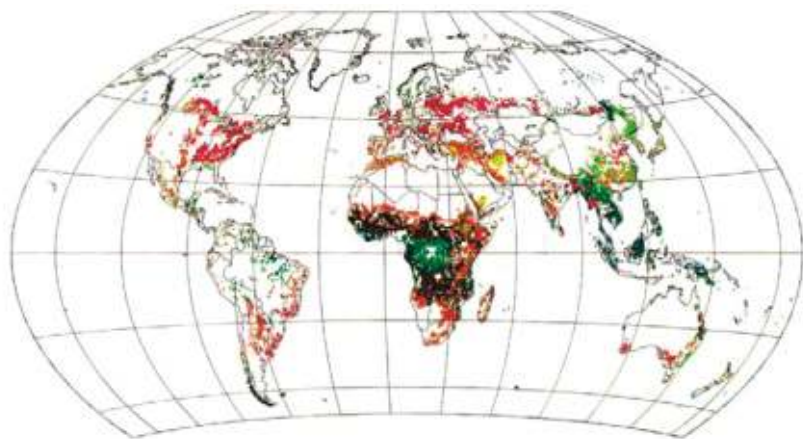
Ateityje klimatas turės įtakos žemės ūkiui ir maisto gamybai, vandens tiekimui ir kokybei, lems audrų ir ciklonų dažnį, kranto linijų stabilumą, biologinę įvairovę ir biologinius išteklius. Klimato modelių kūrimas sumažins netikėtumo veiksnius, atliekant regioninę klimato sąlygų prognozę. Tačiau tik geologiniai duomenys gali suteikti kompleksinę informaciją apie Žemės sistemų kaitą ir būti tie nepriklausomi „ekspertai“, kurie padėtų patikrinti kuriamų modelių pagrįstumą.

Geomokslų atstovai valdo praeities klimato ir Žemės sistemų kaitą atspindinčią informaciją, o dažnai tiria ir jų ryšius bei sąveiką. Visuomenė turi puikią galimybę pasiūlyti tyrėjams savo darbe akcentuoti, kaip įvairūs kaitos scenarijai, kurie tiesiogiai turi įtakos žmonijos gyvenimui, gali pasireikšti per minėtąsias sistemas. Geomokslų atstovai galėtų prognozuoti galimus netikėtus ir staigius aplinkos sąlygų pokyčius. Geras Žemės sistemų pažinimas gerokai padidintų šias galimybes.

Kiniečių patarlė sako:

Rytojus bus KITOKS... ir daug ką mes darysim kitaip... taip buvo ir bus VISADA.

Tai tinka ne tik Žemėje gyvenantiems žmonėms, bet ir pačiai Žemei.



■ vidutinių platumų miškai	■ tropikų miškai	■ ledynai
■ stepės	■ drėgnieji tropikų miškai	■ tundra
■ dykumos	■ šlapynės, mangrovai, kt.	■ miškatundrė
■ savana	■ agrariniai plotai	

IPCC diagrama, rodanti galimus augmenijos pokyčius pasaulyje, du kartus padidėjus CO₂ kiekiui ore

IPCC – tarpvalstybinė ekspertų grupė klimato pokyčiams tirti

Tyrimų darbotvarkės santrauka

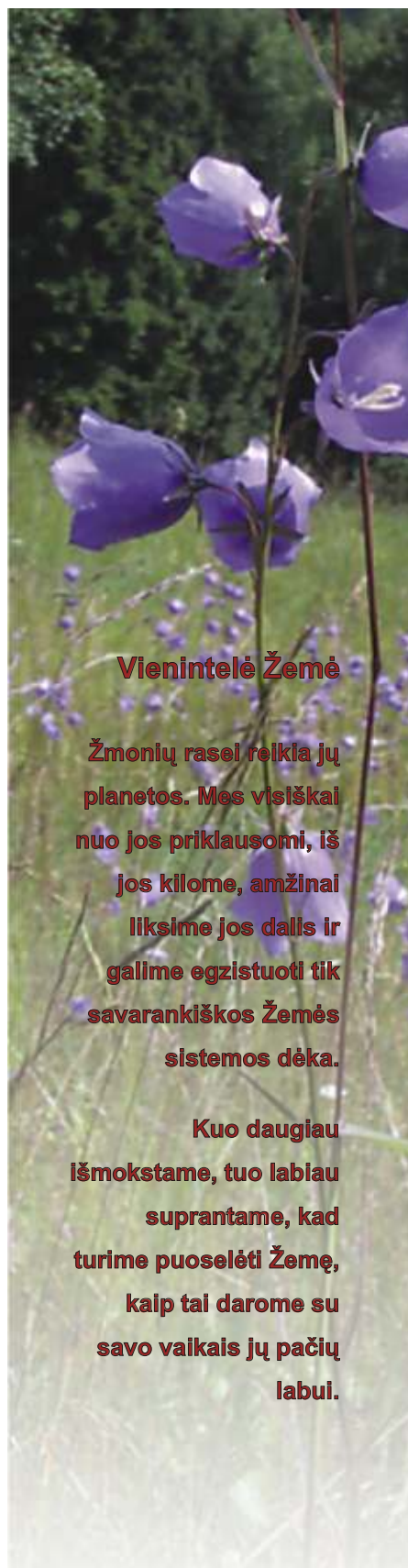
- Išplėsti mūsų žinias apie klimatą ir aplinkos sąlygas pastarųjų dviejų ledyninių ciklų metu.
- Nustatyti, kaip globalios sąlygos susidaro ir keičiasi.
- Nustatyti staigių pokyčių, matomų geologinėse storymėse, dažnį ir priežastis.
- Kaupti detalius informacinius duomenų bankus, ypač apie tropikus ir pietų pusrutulį.
- Suvokti tropinio klimato kaitą ir jo sąsajas su nuosaikais klimato zonoje registruojamais svyravimais.
- Tikslinė paleoaplinkos analizė teritorijose, kur vykdomi detalūs archeologiniai tyrimai, ypač parodantys ženklus kultūrinius virsmus.
- Biologinių, geologinių, pedologinių ir okeanografinių procesų tyrimai (tarp jų monitoringas, nuotoliniai ir tiesioginiai tyrimai) siekiant nustatyti galimą sistemos ir klimato svyravimų ryšį. Tyrimų metu privalu akcentuoti CO₂ kiekio svyravimus, nes ši informacija gali būti labai svarbi nulemiant galimą klimatinį sąlygų pokytį ledyninio laikotarpio link.
- Siekiant kuo geriau suvokti globalų klimato atšilimą ir galimą pasaulinio vandenyno lygio kilimą, būtina apibrėžti kylančias ir besileidžiančias Žemės paviršiaus teritorijas bei atlikti jų lyginamuosius tyrimus.
- Skatinti modelius kuriančių ir paleoaplinkos sąlygas tiriančių mokslininkų bendradarbiavimą.
- Kurti pažangias chronologinių tyrimų metodologijas.
- Atlikti instrumentinių ir biofizinių duomenų analizę siekiant nustatyti šiuolaikinių regioninių sistemų sąsajas, jautrumą, inerciją ir galimas pertraukas.
- Pagrindiniai tyrėjai turi išdėstyti tolesnių tyrimų prioritetinę eilę ir jų raidos pobūdį specialiuose seminaruose.

Žemės mokslai – pastovumo raktas

Žemę tiriantys mokslininkai išnarpliojo daugybę jos mįslių ir ženkliai pažengė į priekį tirdami planetos egzistavimo klausimus.

Gaila, tačiau dažnai ši informacija naudojama netinkamai. Neretai statoma netinkamose vietose, eksploatuojami išteklių jū netausojant, nors daugelį natūralių grėsmių jau galima gana tiksliai prognozuoti. Veikiame neretai ignoruodami raktą į geresnį gyvenimą, kurį laikome savo rankose.

Žemę tiriantys mokslininkai visame pasaulyje yra pasirengę padėti visuomenei sukurti saugesnę, sveikesnę ir turtingesnę aplinką.



Vienintelė Žemė

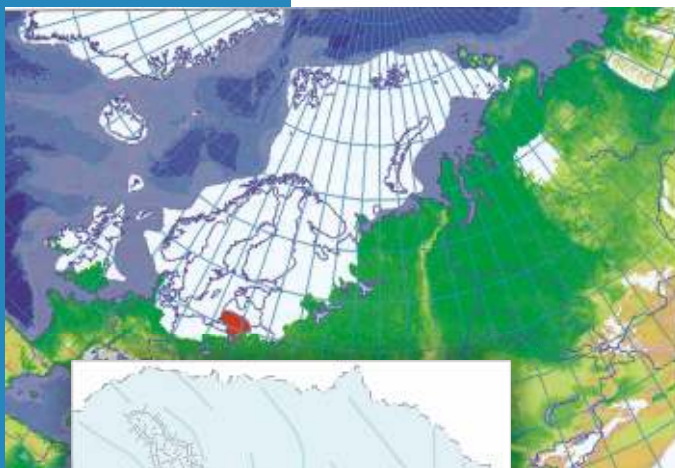
Žmonių rasel reikia jų planetos. Mes visiškai nuo jos priklausomi, iš jos kilome, amžinai liksime jos dalis ir galime egzistuoti tik savarankiškos Žemės sistemos dėka.

Kuo daugiau išmokstame, tuo labiau suprantame, kad turime puoselėti Žemę, kaip tai darome su savo vaikais jų pačių labui.

Lietuvoje

Paleoklimato kaita vėlyvajame ledynmetyje ir holocene

Lietuvos teritorijos raidą per pastaruosius 1,6 mln. metų veikė iš Skandinavijos periodiškai atslenkantys ledynai, kurių susiformavimą lėmė cikliniai globalūs klimato pokyčiai. Ilga laikų klimato svyravimus savo ruožtu sukelia cikliniai Žemės sukimosi aplink Saulę orbitos pokyčiai. Lietuvoje mokslininkai skiria šešių ledynų ir jų tirpsmo vandenų suklotas nuosėdų stromes ir penkių šiltų, tarpledynmečiais vadinamų laikotarpių metu susiformavusių sluoksnius. Moksliniais tyrimais įrodyta, kad prieš 22–21 tūkstantį metų jauniausias, Nemuno vardu Lietuvoje vadinamas ledynas, dengęs Skandinavijos pusiasalį ir aplinkines sritis, sustojo pietryčių Lietuvoje Ašmenos aukštumos papėdėse.



Paskutiniojo ledyno (Nemuno) išplitimas šiaurės pusrutulyje (pagal Ehlers et al., 2007) ir Lietuvoje

Ryškų ledyno tirpimas visoje Lietuvos teritorijoje dėl klimato atšilimo prasidėjo prieš maždaug 18–16 tūkst. metų. To laikotarpio vidutinė liepos mėnesio temperatūra Skandinavijos pusiasalio pietvakariuose siekė +8–9 °C, bet kritulių kiekis buvo nedidelis. Tirpstant ledynui formavosi upių slėniai, žemumos ir daubos užsipildė ledyno tirpsmo vandeniu – atsirado ežerai, iš ledo ištirpusi įvairaus rupumo medžiaga, vadinama morena suformavo morenines lygumas ir aukštumas.

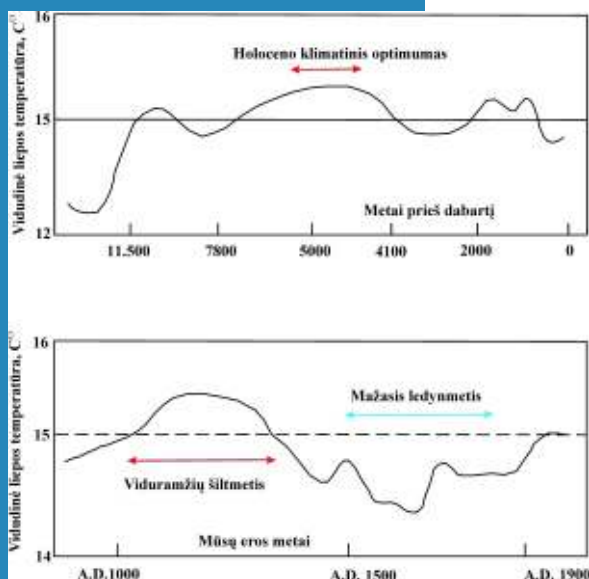
Tirtose senųjų (poledynmečio) ežerų nuosėdose nors ir aptinkama nemažai medžių, ypač pušų ir beržų žiedadulkių, pagal žolinių augalų sudėtį nustatyta, kad teritorijoje vyravo arktinis klimatas: augo kiečiai (*Artemisia*), balandiniai augalai (*Chenopodiaceae*), beržai keružiai (*Betula nana*), karklai (*Salix*), sausesnėse vietose – kadagiai (*Juniperus communis*). Ežerai buvo skaidrūs ir negilūs, juose buvo gausu ištirpusių druskų.

Kitas paleoaplinkos ir paleoklimatinių pokyčių etapas prasidėjo prieš 14,3 tūkst. metų. Kylant vidutinei liepos mėnesio temperatūrai, kuri pietinėje Skandinavijoje ir Danijoje jau viršijo +11 °C, o pietvakarių Norvegijoje – +12 °C, ryškiai keitėsi augalijos bei visos ekosistemos būklė ir Lietuvoje. Tyrimais nustatyta pušų migracija į teritoriją ir šiltamėgių beržų rūšių (*Betula sect. Albae*) išplitimas rodo laipsnišką augalinės dangos tankėjimą. Paprastosios vandens lelijos (*Nyphaea alba*) ir paprastosios pušies (*Pinus sylvestris*) plėtra rodo, jog ir Lietuvos teritorijoje minimali liepos mėnesio temperatūra tuo metu jau siekė +12 °C. Suvešėjus augalijai, Lietuvoje apsigyvena stambieji žinduoliai, pavyzdžiui, šiaurės elniai. Daugėjant biogeninės kilmės medžiagos aplinkoje, daugiau jos susikaupdavo ir ežeruose, dėl to jie tapo mažiau skaidrūs, nors deguonies kiekis juose išliko gana didelis, o ežerai – seklūs.


Lietuvoje

Prieš 13,7 tūkst. metų visoje Europoje, ir Lietuvoje, fiksuotas ryškus vidutinės metinės temperatūros kilimas ir kritulių pagausėjimas. Intensyviai tirpusio Skandinavijos ledyno pakraštys tuo metu buvo ties Gotlando ir Saaremos salomis. Tuo laikotarpiu dabartinės Lietuvos teritorijoje tundras ir miškatundres keitė šviesūs reti pušų ir beržų miškai, sausesnėse vietose augo kadagiai. Tiesa, nemaži plotai prie upių ir ežerų pakrančių tebebuvo apaugę vešlia žole ir šaltamėgėmis į pataisus arba samanas panašiomis selaginėlėmis (*Selaginella selaginoides*). Vis dėlto, Lietuvos teritorijoje pamažu ima vyruoti miškingas kraštovaizdis. Vidutinė liepos temperatūra vakarų Norvegijoje tuo metu pasiekė +14 °C, o pietų Švedijoje ir Danijoje – net +15–16 °C. Keičiantis klimatui kito ir ežerų būklė: dauguma ežerų pagilėjo, ištirpus ežerų dugne palaidotam ledui, dėl didėjančio biogeninės medžiagos kiekio aplinkoje ežerai tapo mažiau skaidrūs – pastebimi pirmieji eutrofikacijos požymiai.

Palankaus augalijai klestėti klimato laikotarpis, prasidėjęs prieš 13,7 tūkst. metų, truko iki 12,6 tūkst. metų prieš dabartį. Vėliau didžiojoje šiaurės pusrutulio dalyje pastebimai atšalo, klimatas pasausėjo. Ledynas, prieš tai intensyviai traukęsis į šiaurę, sustojo Suomijos pietinėje dalyje. Vidutinė metinė temperatūra daugelyje regionų sumažėjo vienu ar net dviem laipsniais. Toks staigus atšalimas, lydymas labai sumažėjęs drėgmės kiekio, sukėlė pastebimus ir paleoekosistemos pokyčius. Didžiuliuose regionuose augusius miškus pakeitė tundros, kuriose vėl suklestėjo šaltamėgės žolės, krūmai ir krūmokšniai. Augalijai išnykus dideliuose paviršiaus plotuose, juose prasidėjo paviršiaus erozija ir eoliniai procesai (intensyvus smėlio pustymas): pradėjo formuotis žemyninės kopos. Didžiulius kopų laukus šiandien galima lankyti Skersabalių, Zervynų, Marcinkonių apylinkėse ir kitur. Ežerų vandens lygis staigiai nukrito, juose pastebimai sumažėjo organinės kilmės medžiagų, vanduo tapo skaidrus ir šaltas. Šis ekstremalaus atšalimo laikotarpis trukoi apie 300–400 metų, vėliau klimatas pamažu švelnėjo. Baltijos jūros vietoje tuo metu plytėjęs Baltijos ledyninio ežero pakrantėse plito šioms vietoms naujos augalų ir gyvūnų rūšys: juodalksnis (*Alnus glutinosa*), baltalksnis (*Alnus incana*) bei eglės (*Picea*). Šiame vandens baseine tuo laiku galėjo gyventi ir žieduotieji ruoniai (*Pusa hispida*), tačiau didesnė sausumos žinduoliai dėl atšiauraus klimato buvo priversti trauktis piečiau, kur buvo šilčiau.



Globali klimato kaita lėmė laipsnišką vidutinės metinės temperatūros kilimą po 11,5 tūkst. metų prieš dabartį. Šio laikotarpio atšilimas registruojamas visame šiaurės pusrutulyje, tačiau Atlanto vandenyno pakrantėse jis prasidėjo anksčiau, o žemyniniuose regionuose – šiek tiek vėliau. Vidutinė liepos mėnesio temperatūra pietinėje Skandinavijoje pakilo iki +18 °C. Lietuvos teritorijoje pastebimi atšalimo ženklai išryškėja nuosėdose, susiklojusiose prieš 11,1 tūkst. metų. Vidutinė metinė temperatūra Lietuvoje tuo metu buvo maždaug 4 °C žemesnė negu dabartinė, žiemos buvo gana šaltos, o vasaros vėsios. Kylant ežerų vandens lygiui ir didėjant organinės medžiagos kiekiui, aplinkoje prasidėjo ežerų eutrofikacija. Vėl pradėjo plėstis miškai, tiesa, vyravo šviesūs reti beržynai, bet pamažu į naujas augimvietes atkeliavo guobos (*Ulmus*) ir lazdynai (*Corylus*). Miškuose pradėjo kurtis briedžiai (*Alces alces*), rudieji lokiai (*Ursus arctos*), lūšys (*Lynx lynx*), rudosios lapės (*Vulpes tulpes*), vilkai (*Canis lupus*), bebrai (*Lepus timidus*).



Kitas paleoaplinkos raidos etapas prasidėjo prieš 9,9 tūkst. metų. Klimatas vėl pamažu šiltėjo – vidutinė metinė temperatūra pasiekė +6 °C, o vidutinė liepos mėnesio temperatūra mūsų platumose siekė apie +15–16 °C. Klimatas išliko gana sausas – apskaičiuotas vidutinis metinis kritulių kiekis siekė 550 mm, ir tik artėjant prie 7,8 tūkst. metų prieš dabartį tapo drėgnesis (apskaičiuotas vidutinis metinis kritulių kiekis sudarė 651 mm). Padidėjęs kritulių kiekis padidino ežerų pratakumą, jie perėjo iš oligotrofinės į mezotrofinę raidos stadiją. To meto miškuose pamažu įsivyravo lapuočiai. Šis procesas buvo nevienalaikis, vyko laipsniška miškų diferenciacija. Drėgnose augimvietėse, ypač vakarinėje Lietuvos dalyje, vyravo alksniai, o derlingesniuose plotuose pamažu plito ažuolai ir liepos, vėliau suklestėjo lazdynai. Tik teritorijose, kur vyravo smėlingi dirvožemiai, o būtent pietryčių Lietuvoje, augo pušynai. Pasikeitus augalijai, į teritoriją atkeliauja ir kitos gyvūnų rūšys – čia įsikuria stumbrai (*Bos primigenous*), šernai (*Sus scrofa*), taurieji elniai (*Cervus elaphus*) ir stirnos (*Capreolus capreolus*).

Holoceno klimatinis optimumas prasidėjo apie 7,6 tūkst. metų prieš dabartį. Vidutinė liepos mėnesio temperatūra tuo metu buvo apie +16–17 °C, labai padidėjo drėgmės kiekis aplinkoje. Įsivyrąja lapuočiai, ypač plačialapiai – liepos, ažuolai ir guobos. Smėlinguose, skurdesniuose dirvožemiuose auga pušynai, o drėgnose augimvietėse klesti alksniai. Tuo metu miškuose pamažu plito eglės. Šie medžiai suformuodavo tankų, ūksmingą kraštovaizdį. Pirmasis eglės (*Picea*) žiedadulkių kreivės šuolis pietryčių Lietuvos sporų ir žiedadulkių diagramose išryškėjo tiriant prieš 6 tūkst. metų susiklojusias nuosėdas. Beveik tuo pat metu pietų ir pietryčių Lietuvoje pradėjo augti skroblai (*Carpinus*). To meto miškuose įsikuria ir nauja Lietuvoje gyvūnų rūšis – europinė audinė (*Lutreola lutreola*).

Prasidėjusi ryški klimato sąlygų kaita nustatyta prieš 4,2 tūkst. metų. Sumažėjęs plačialapių medžių, ypač guobų ir liepų, kiekis yra vienas svarbiausių to meto aplinkos sąlygų kaitą rodančių veiksnių. Toks augalijos sudėties pasikeitimas aiškinamas sumažėjusiu vidutiniu metiniu kritulių kiekiu (iki 607 mm) ir žemesne vidutine metine temperatūra. Šio laikotarpio pradžioje didesnėje Lietuvos teritorijos dalyje plito eglės, vyravo tankūs ir ūksmingi miškai. Kintant miškų sudėčiai padidėjo žolinių augalų augimviečių plotai: daugėjo pievų, formavosi turtingesnis pomiškis. Turima informacija leidžia teigti, kad laikotarpiu nuo 4,2 iki 2,5 tūkst. metų, ypač antroje jo pusėje, didžiojoje Lietuvos teritorijos dalyje susiformavo šviesesni spygliuočių–lapuočių miškai, didėjo bemiškiai plotai.

Paskutiniųjų 2,5 tūkst. metų gamtinės aplinkos sąlygoms būdingas staigus ir gana ryškus temperatūrų ir kritulių kiekio kitimas. Prieš 2 tūkst. metų prasidėjęs šilto klimato etapas, vadinamas „romėniškuoju šiltmečiu“, buvo palankus tiek augalijai ir gyvūnijai klestėti, tiek žmogaus ūkio raidai. Tai buvo romėniškosios civilizacijos klestėjimo laikotarpis, savo piką pasiekęs ankstyvaisiais mūsų eros metais. Klimato sąlygų kaitos analizė rodo panašų klimatą išlikus iki IV–V mūsų eros amžių. Vėliau prasidėjęs klimato atšalimas, arba vadinamasis „migracijų epochos šaltmetis“, galėjo turėti lemiamos įtakos gyventojų istorijai. Pradedant septintuoju mūsų eros amžiumi fiksuotas laipsniškas klimato švelnėjimas, savo kulminaciją pasiekęs X–XIII amžiuje ir vadinamas „viduramžių šiltmečiu“. Šiltas ir drėgnas klimatas leido gyventojams intensyviai plėtoti žemdirbystę ir gyvulininkystę teritorijose, kuriose net mūsų dienomis tai daryti yra gana sudėtinga.

Po šio švelnaus klimato etapo prasidėjęs atšalimas buvo vienas iš ryškiausių pastarųjų dviejų tūkstantmečių klimato kaitos istorijoje. Vidutinės metinės temperatūros kritimas, prasidėjęs XIV amžiuje ir trukęs iki antrosios XIX amžiaus pusės, buvo pavadintas „mažuoju ledynmečiu“. Klimato sąlygų recesija veikė ir žmonijos istorijos raidą, sukėlė nemažai kataklizmų žmonių bendruomenėse. Paskutiniojo šiltmečio klimatinio sąlygų kaita verčia mokslininkus suklikti galvas dėl sunkiai paaiškinamą ją sukeliančių veiksnių, kurių analogų dažnai nerandama net netolimoje geologinėje praeityje.

Autoriai:

John Dodson, (Australija, vadovas),
Keith Aiverson (IGBP puslapiai),
Yuan Daoxian (Kinija),
Jens Wiegand (Vokietija),
Wyss Yim (Honkongas),
Ted Nield (Didžioji Britanija)

Redaktorius: Ted Nield

Iliustracijos: Ted Nield, www.geolsoc.org.uk

Dizainas: André van de Waal, (Coördesign, Leiden)

Vertimas iš anglų kalbos ir papildymai: Miglė Stančikaitė

Geologijos ir geografijos institutas, 2008
www.lgt.lt

Rimantė Guobytė

Lietuvos geologijos tarnyba, 2008
www.lgt.lt

Redagavo: Danutė Petrauskienė

Lietuviškame leidime panaudotos: *A. Damušytės,*
V. Gregorauskienės, R. Guobytės,
V. Mikulėno, G. Skridlaitės nuotraukos



United Nations Educational Scientific
and Cultural Organisation

Full Partners

Geological Society of London
International Geographical Union
International Lithosphere Programme
International Union of Geodesy and Geophysics
International Union of Soil Sciences
Netherlands Institute of Applied Geoscience TNO



International Year of Planet Earth
Tarptautiniai planetos Žemes metai

IUGS Sekretoriatas
Norvegijos geologijos tarnyba
N-7491 Trondheim
NORVEGIJA
T + 47 73 90 40 40
F + 47 73 50 22 30
E iugs.secretariat@ngu.no
www.yearofplanetearth.org