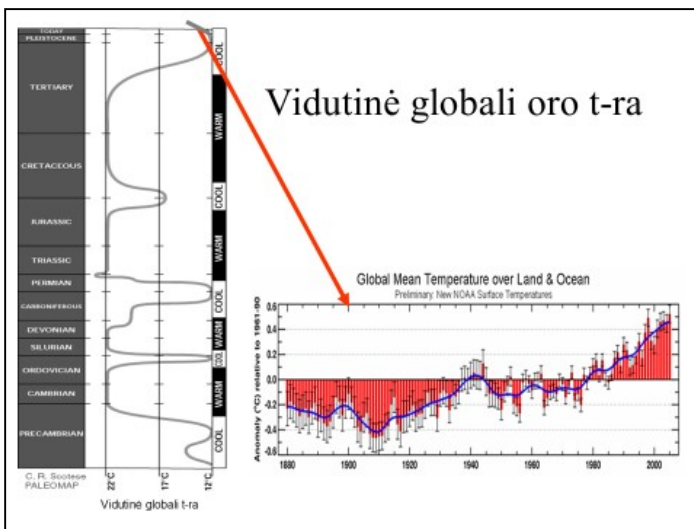




Klimato istorijos studijavimo prasmė: praeities klimato pažinimas, svyravimo priežasčių išaiškinimas – tai kelias į klimato prognozavimą. Be to, praeities klimato tyrimai įgalina tiksliau įvertinti dabartinius klimato pokyčius ir suteikia galimybę atskirti klimato sistemos būklės pokyčius, kylančius dėl žmogaus veiklos, nuo natūralaus klimato sąlygų svyravimo.



Klimato kaitos tyrimo metodai:

- metodai paremti instrumentinių meteorologinių stebėjimų rezultatais (pradedant XVIII a.);
- metodai paremti netiesiogine informacija (iki XVIII a.).

Klimato kaitos tyrimo metodai, priklausomai nuo informacijos ir duomenų apie klimatą pobūdžio, skirstomi į dvi grupes:

- 1) metodai, paremti **instrumentinių meteorologinių matavimų** rezultatais (pradedant XVIII a.);
- 2) metodai, paremti **netiesiogine informacija** (iki XVIII a.).

Netiesioginės informacijos šaltiniai ir praeities klimato indikatoriai

- Istorinės kronikos, metraščiai ir literatūros veikalai;
- archeologiniai duomenys;
- nuosėdinės uolienos (litogeninės formacijos) ir dūlėjimo produktai;
- hidrologinių ir geomorfologinių procesų pėdsakai;
- iškastinių augalų ir gyvūnų liekanos (žiedadulkės, medžių rievės ir t.t.);
- ledynai;
- stabilų deguonies izotopų ^{16}O ir ^{18}O santykis (izotopinės paleotermijos metodas);
- paleomagnetiniai duomenys.

Šie indikatoriai padeda apibūdinti įvairias praeities klimato savybes: oro ir vandens telkinių temperatūrą, humidiškumą, ekstremalumą ir t.t.

Archeologiniai duomenys

- Naudojami pleistoceno – holoceno PK rekonstrukcijoms.
- Ikiistorinio žmogaus pėdsakai (ginklai, įrankiai) randami Gobio, Sacharos, Irano, Arabijos pus. dykumose (nes ten buvo drėgnesnis klimatas negu dabar).
- Š. Afrikos paleolito gyvenvietėse randama gyvūnų, kurie ten dabar nesiveisia, kaulų (dramblių, raganosių, begemotų). Jie buvo paplitę iki holoceno pradžios.
- Tirpstant ledynui, žmogaus arealas slinkosi į šiaurę.
- Stovyklavietės po vandeniu ar pelkėse – įrodymas apie ežerų vandens lygio ir kritulių kiekio kitimą.
- Vikingų kelionės Š. Atlante ir gyvenvietės Grenlandijoje X–XIV a. – šilto klimato padarinys.

Istoriniai rašytiniai šaltiniai

- Antikos knygos
- Metraščiai, kronikos
- Valstybiniai ir privatūs archyvai
- Sausumos ir jūrų prekybos kelių aprašymai
- Komerčiniai duomenys
- Neinstrumentiniai orų stebėjimai
- Meno kūriniai

Netiesioginiai klimato indikatoriai padeda apibūdinti įvairias praeities klimato savybes: oro ir vandens telkinių temperatūrą, klimato humidiškumą, ekstremalumą ir t.t.

Remiantis netiesioginiais informacijos šaltiniais laikomasi prielaidos, jog ryšiai tarp klimato ir kitų gamtos procesų buvo tokio pat pobūdžio kaip ir dabar. Pavyzdžiui, geologinės praeities senųjų dūlėjimo produktų ir nuosėdų informatyvumas vertinamas pagal dabartinį šių objektų ryšį su klimato sąlygomis, o augalijos facijoms ir gyvūnų kompleksams reikėjo analogiško klimato kaip ir jų atitikmenims šiandien.

Taigi, dabartinis klimato poveikis organiniam pasauliui ir egzogeniniams procesams sutapatinamas su poveikiu praeityje. Tai pagrindinis paleoklimatinių rekonstrukcijų kūrimo metodologinis aspektas.

Toliau vartojamos santrumpos:

PK – paleoklimatas, paleoklimatinis.

LF – litogeninė formacija.

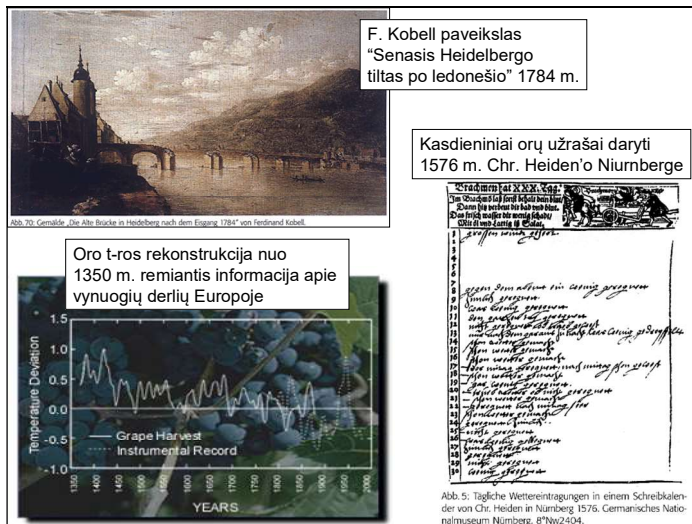
Pastarųjų dviejų – trijų tūkstantmečių klimato istorijos tyrinėtojai didelę reikšmę teikia istoriniams šaltiniams, kuriuose gausu unikalių ir, reikia pripažinti, pakankami tikslūs informacijos apie klimato sąlygų pokyčius, ir, visų pirma, apie ekstremalius meteorologinius reiškinius, sukėlusius ekonomikos nuosmukį ar nusinešusius daug žmonių gyvybių. Gamtos reiškiniai, kėlę žmonių baimę ir nusistebėjimą, nešę nelaimes ir ligas, neliko nepastebėti senovės metraštininkų. Savo pareiga jie laikė aprašyti ne tik istorinius įvykius, bet ir žemės drebėjimus, audras, sausras ir potvynius, šiltas ar ypač speiguotas žiemas, ankstyvus ir vėlyvus šalčius, badmečius ir epidemijas.

Pirmieji rašytiniai šaltiniai

Regionas	Data
Egiptas	3000 m. pr. Kr.
Kinija	1750 m. pr. Kr.
P. Europa	500 m. pr. Kr.
Š. Europa	0 m.
Japonija	500 m.
Islandija	1000 m.
Š. Amerika, P. Amerika	1500–1550 m.
Australija	1800 m.
Lietuva	1450 m. (Lietuvos Metrika)

Pirmieji istoriniai duomenys apie klimatą ėmė rasti Egipte, Kinijoje ir Europoje (lentelė). Lietuvos rašto paminklai gana vėlyvi, todėl pačių pirmųjų rašytinių žinių apie Lietuvą duoda svetimšaliai - rusai, vokiečiai, skandinavai, lenkai. Lietuvoje metraščių pradeda atsirasti tik XIV a. pabaigoje (susirašinėjimo su užsieniu laišakai, sutartys su kaimyniniais kraštais ir pan.). Nuo XV a. vidurio didžiojo kunigaikščio kanceliarijoje jau vedamos siunčiamų ir gaunamų raštų knygos, saugomi jų nuorašai. Tokių dokumentų archyvas, žinomas Lietuvos Metrikos vardu, išliko iki šių dienų. XV a. pabaigoje kanceliarijos ir archyvai ima kurtis prie vyskupijų, bažnyčių, o vėliau – teismuose, kitose valstybės įstaigose ir bajorų dvaruose. Tiesa, senovės metraštininkų vertinimuose gausu subjektyvizmo ir emocionalių pastabų, todėl norint susekti tiesą, reikia juos lyginti tarpusavyje arba ieškoti įvykius patvirtinančių įrodymų kituose šaltiniuose.

Apie istorinio laikotarpio klimatą informacijos teikia neinstrumentiniai orų stebėjimai, kurių užrašų yra išlikę nuo XV a., dailės kūriniai.





Bažnyčios griuvėsiai Grenlandijos rytuose (nuotr. Jette Arneborg).

Islandų kronikose užfiksuota, kad šioje bažnyčioje 1408 m. rugsėjo 19 d. užregistruota santuoka. XV a. atšalus klimatui gyvenvietės Grenlandijoje sunyko, gyventojai išmirė dėl bado ir ligų.

Nuosėdinės uolienos (litogenetinės formacijos) ir dūlėjimo produktai

Litogenetinė formacija (LF) – nuosėdinių uolienų kompleksas.

Litogenetinių formacijų informatyvumas:

- LF skiriasi pagal uolienų suirimą dūlėjimo metu; pagal dūlėjimo produktų diferenciaciją pernešimo ir akumuliacijos metu.
- **Visos šios LF savybės priklauso nuo klimato.**

Litogenezė – gamtos procesų visuma, kurių metu susidaro ir vėliau kinta nuosėdinės uolienos.

Klimato poveikis **litogenezei** labiausiai pasireiškia platformose, kur silpni tektoniniai judesiai, plokščias paviršius, reljefas mažai raižytas. Klimatas didžiausią įtaką litogenezei turi dūlėjimo stadijoje.

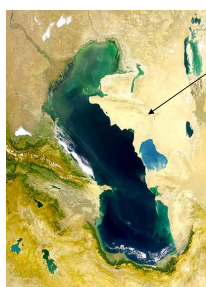
Dūlėjimas – geologinis procesas, kurio metu suyra uolienos, gruntai ar mineralai veikiami fizinių, cheminių ar biologinių veiksnių. Dūlėjimo produktai sumaišyti su organinėmis medžiagomis sudaro medžiagą, vadinama dirvožemiu.

Dūlėjimas tiesiogiai priklauso nuo temperatūros ir kritulių.

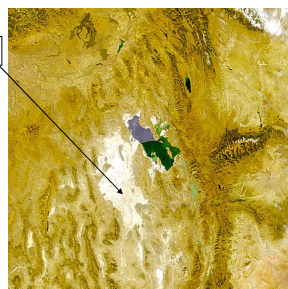
LF taikomos pačių seniausių epochų PK rekonstrukcijoms.

Praeities klimato indikatoriai nuosėdinėse uolienose

- Druskų ir gipso nuogulos, eolinės reljefo formos, liekaniniai kalnai – **karštas ir sausas klimatas**.



Druskožemai



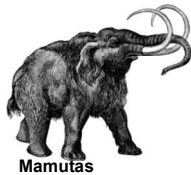
Didysis Druskos ež.

Praeities klimato indikatoriai nuosėdinėse uolienose

- Kaolinas, boksitai ir aliuminio rūda (Al_2O_3), Fe_2O_3 (lateritiniai dirvožemiai), didelė paleofloros įvairovė nuosėdinėse uolienose, intensyvus cheminis dūlėjimas – **karštas ir drėgnas klimatas**.
- Kalcito (CaCO_3) ir dolomito nuogulos, fosforitai, koralų rifai vandens telkiniuose – **šiltas tropikų ir subtropikų klimatas**.

Netiesioginiai praeities klimato indikatoriai (tęsinys)

- Durpių ir akmens anglies klodai, tankus upių tinklas, aukštas ežerų vandens lygis – **drėgnas klimatas**.
- Morenos, rieduliai, juostuotieji moliai, šalčio dūlėjimas, flora ir fauna skurdi – **šaltas klimatas**.



Mamutas



Juostuotieji moliai

Geomorfologiniai ir hidrologiniai indikatoriai

- Vandenyno lygio eustatiniai svyravimai
- Ežerų lygis ir nuosėdos
- Hidrografinio tinklo pėdsakai
- Defliacinės ir eolinės reljefo formos
- Sniego linijos aukštis

Juostuotasis molis (arba varvinis) susidarė tarpledynmečiais, kai prieledyniniuose ežeruose sezoniškai sluoksniais nusėdavo molio dalelės ir aleurito arba smulkaus **smėlio** dalelės. Šaltuoju metų laiku, kai ežerus padėgdavo ledas, nusėdavo molis, nes vandens maišymosi procesas sulėtėdavo. Šiltuoju metų laikotarpiu vandens maišymasis vyko sparčiau, todėl telkinio dugne nusėdavo stambesnės dalelės. Pagal sluoksnių storius galima spręsti apie paleoklimatines teritorijos sąlygas. O taip pat pagal sluoksnių skaičių galima nustatyti prieledyninio ežero chronologiją (metų skaičių).

Eustatinis (lėtuosius) pasaulinio vandens lygio svyravimus daugiausia lemia klimato kaita, nes sutrinka globalus vandens apytakos ratas. Vandens lygis pakyla sauso ir karšto klimato sąlygomis bei tarpledynmečiais; nukrinta – šilto ir drėgno klimato sąlygomis bei ledynmečių metu.

Eustatinių vandens lygio svyravimų pėdsakai:

dabar apsemtos upių deltos,
terasos pakrantėse,
abrazinės ir akumuliacinės lygumos su jūrinėmis nuogulomis, esančios dabar sausumoje.



Defliacinės ir eolinės reljefo formos.

Smėliai ir lioso dulkės pernešamos vyraujančių vėjų kryptimi, todėl defliacinis reljefas atspindi atmosferos cirkuliacijos struktūrą. Smėliai ir lioso dulkės pernešamos vyraujančių vėjų kryptimi, todėl defliacinis reljefas atspindi atmosferos cirkuliacijos struktūrą. Per pleistoceno ledynmečius Azijos anticiklonas žiemą būdavo daug didesnis ir galingesnis. Todėl vidutinėse platumose vyravo ne tik šaltas, bet ir vėjuotas klimatas. Šalto ir sauso oro srautai iš anticiklono centro plūdo į Rytų Europos ir Vidurinės Azijos lygumas, čia sunesdami storus eolinių nuogulų (lioso) klodus. Vėjas išpuštydavo silpnai sucementuotas uolienas, šlifavo uolas, kai kur susidarė daubos ir tranšėjos. Ankstesnių nei pleistoceno epochų eolinės formos išlikusios tik vietomis, todėl paleoklimatinėse rekonstrukcijose naudojamos rečiau.

Paleobotaniniai (PB) indikatoriai

Augalijai svarbiausi klimato elementai yra Saulės spinduliuotė, apšviestumas, temperatūra ir drėgmė. Būtent šiuos klimato rodiklius galima nustatyti remiantis nuosėdinių uolienų sluoksniuose randamais PB indikatoriais, nes klimato sąlygos nulemia augalo formą, morfologiją, floros įvairovę. PB indikatoriai tikslesni už litologinius, jų informacija išsamesnė. Tačiau jie turi ir trūkumą – tai sugebėjimas iš dalies prisitaikyti prie kintančių klimato sąlygų ir evoliucija. Dėl augalijos evoliucijos PB indikatoriai paleoklimatinėse rekonstrukcijose naudojami tik pradedant kainozojine era. Ankstesnių erų ekologinės sąlygos labai skyrėsi nuo dabartinių, todėl tie patys augalai esant vienodam klimatui galėjo skirtis savo biologinėmis funkcijomis, medžiagų apykaitos greičiu, morfologija ir pan.

**Iškastinių augalų liekanos
(paleobotaniniai indikatoriai)**

1. Polinologiniai duomenys (sporos ir žiedadulkės)



3. Medžių rievės – vidutinis klimatas su vegetacijos pertrauka.

2. Durpynai – drėgnas vidutinis klimatas



Ypač vertingi **polinologiniai** duomenys, nes sporos ir žiedadulkės išsilaiko geriau negu vegetatyviniai augalų organai. Kartais žemyninėse nuogulose jos būna vienintelės organinės liekanos. Pagal įvairių augalų žiedadulkių santykį galima spręsti apie vyravusį klimatą ir jo pokyčius, o taip pat datuoti nuogulas.

Informatyvūs paleoklimatinio aspektu **durpių klodai** kaupiasi aukštapelkėse, kurios drėgmę gauna iš kritulių. Kai daug kritulių, susidaro stori durpių klodai, o sausringais laikotarpiais aukštapelkėse ima augti miškas. Kai klimatas drėgnas ir šiltas – durpės labiau suirusios negu vėsaus klimato laikotarpiais. Pavyzdžiui, ištyrus Europos durpynus, holocene nustatyti penki sausmečiai.

Remiantis paleobotaniniais indikatoriais įmanoma rekonstruoti net debesuotumo rodiklius, nes apšviestumas lemia ne tik floros įvairovę, bet ir augalo struktūrą. Kai didelis debesuotumas, miškuose vyrauja ūksminės medžių rūšys (bukas, eglė), augalų lapai būna plonesni, gležni, audiniai silpni, stiebai ištįsę, tarp kamblių dideli tarpai (tipiškas ūksminis augalas – bambukas). Kai daug tiesioginės Saulės spinduliuotės ir geras apšviestumas, miškuose vyrauja lauras, maumedis, augalų audiniai stiprūs, lapai stori, kambliai arti vienas kito.

Augalijos diferenciacijai ypač didelės reikšmės turi drėgmė. Perteklinio drėkinimo sąlygomis augantys augalai aukšti, tankūs, sudaro daug ardy, didelės lapų ląstelės, silpna ir negili šaknų sistema. Sausringų sričių augalų lapai siauri, smulkūs, dažnai spyglių pavidalo, ant lapų ir spyglių susidaro vaško apnašas arba plaukeliai, audiniai tankūs, galinga šaknų sistema, augalai žemi, skurdi rūšių įvairovė, biomasės produktyvumas menkas.

Medžių rievės – įrodymas, jog klimatui būdingas ryškus temperatūros arba kritulių sezoniskumas. Pradinę informaciją apie medžių rieves sudaro: metinio prieaugio rievės storis, ankstyvosios ir vėlyvosios medienos santykis, medienos tankis. Tačiau reikia nepamiršti, kad, be klimato veiksnių, medžių rievės storis priklauso nuo rūšies, amžiaus, kilmės, derėjimo, dirvožemio savybių, apšvietimo, augimvietės ekologinių sąlygų. Iš augančių medžių medienos mėginiai paimami specialiu grąžtu, po to medienos kolonėlė tiriama mikroskopu, rievių plotis nustatomas 0,01 mm tikslumu.

DENDROKLIMATOLOGIJA (gr. *dendron* = medis + klimatologija) = mokslas apie praeities klimato nustatymą pagal medžio rievės storį ir struktūrą. Dendroklimatinuose tyrimuose gali būti naudojami ir senovinių medinių pastatų rastai, archeologiniai mediniai radiniai, pelkėse bei vandens telkiniuose užsikonservavę

medžiai. Nustačius jų amžių (radioaktyviosios anglies arba dendrochronologiniais metodais) sudaromos **dendroskalės**. Jomis remiantis galima apytiksliai rekonstruoti termines, drėgmines sąlygas ir atmosferos cirkuliacijos pobūdį per paskutinius 1000-10000 m.

Paleozoologiniai indikatoriai

PK rekonstrukcijose remiamasi jūros gyvūnų (pavyzdžiui, gastropodų, brachiopodų, koralų ir kt.) bei sausumos gyvūnų liekanomis. Geriau išsilaikiusios jūros gyvūnų liekanos, ypač tų, kurie turėjo tvirtą vidinį arba išorinį skeletą. Tuo tarpu organinė medžiaga (ir augalų, ir gyvūnų) suyra ir virsta silicio oksidu, kalcitu, geležies oksidais. Kartais belieka tik atspaudai kitose uolienose.

Jūros gyvūnams klimato poveikis pasireiškia tik per temperatūrą. Bet jos svyravimai vandenyje yra mažos amplitudės, be to, jie galimi tik paviršiniame 100 m sluoksnyje. Todėl temperatūros svyravimų poveikį jaučia tik litoralinės dalies gyvūnai. T-ros poveikis jiems yra tiesioginis (pvz., šiltuose vandenyse tos pačios rūšies individai būna didesni negu šaltuose vandenyse) arba netiesioginis – per vandens prisotinimą kalkėmis, kurios būtinos skeleto susidarymui. Paleoklimatinių rekonstrukcijų kūrimui palanki jūros gyvūnų savybė – **stenotermiškumas** (prisitaikymas gyventi tik siaurame t-ros intervale), todėl net ir nedideli temperatūros svyravimai jiems labai reikšmingi.

Pagal priklausomybę nuo temperatūros jūrų gyvūnai skirstomi į **termofilinius** (skeletas iš kalcito) ir **termofobinius–kriofilinius** (skeletas iš titnago).

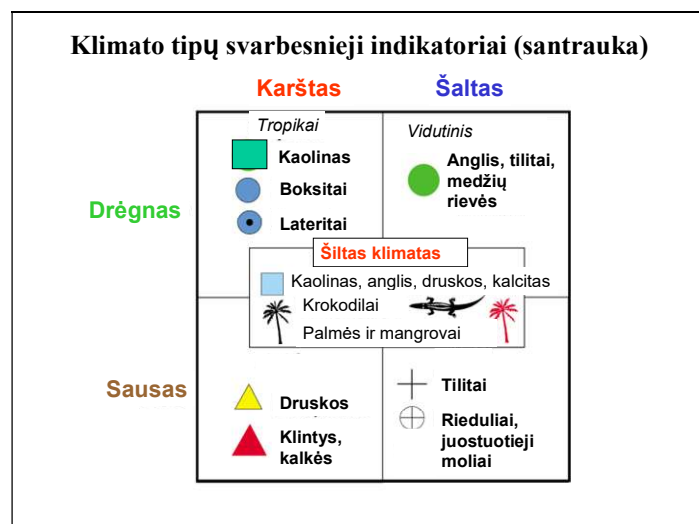
Sausumos gyvūnų paplitimas taip pat priklauso nuo t-ros, bet dar svarbu ir reljefo absoliutinis aukštis. Sausumos gyvūnai per savo evoliuciją daug migravo, rūšys iš pavienių židinių pasklisdavo po visą pasaulį. Todėl PK rekonstrukcijose remiamasi įvairių rūšių gyvūnais, gyvenusiais vienu metu.

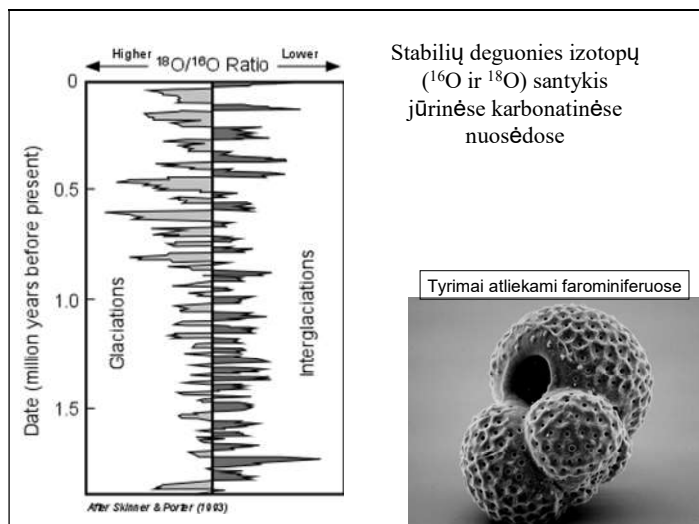


Informatyvus klimato indikatorius – **koralų rifai ir atolai**. Jie gyvena šiltame (25--29°C), skaidriame, ramiaame vandenyje. Tai koralinių polipų, daugiausia madreporinių, kolonijos. Šie gyvūnai minta vienaląsčiais klintingais dumbliais, iš kurių koralų polipai gauna ne tik maistą, bet ir skeletui reikalingą kalcio karbonatą. Koralų polipai skeletą statosi iš jau mirusių polipų namelio. Skeletas per metus užauga 3–10 cm (5 pav.).

Koralai nemėgsta aukštesnės nei 30°C t-ros, nes jai pakilus pasitraukia žalieji dumbliai, kuriais minta polipai, sutrinka simbiozė ir koralai praranda ryškia spalvą – ima blukti. Ši tendencija ima vis labiau ryškėti daugelyje dabartinių koralų kolonijų, nes dėl klimato atšilimo kyla ir vandens t-ra.

Koralų skeleto metinio prieaugio rievių šviesus ir tamsus ruoželiai sudaro vienerių metų prieaugio sluoksnį (tamsusis – vėsesnio metų laikotarpio). Jo storis priklauso nuo vandens temperatūros ir maisto medžiagų kiekio.





Izotopinės paleotermijos metodas pagrįstas tuo, kad stabilų deguonies izotopų ^{16}O ir ^{18}O santykis kriauklių kalcituose gali būti nevienodas priklausomai nuo to, kokios t-ros vandenyje jie susidarė. Metodo tikslumas $\pm 2^\circ\text{C}$. "Normalus" deguonies atomas (^{16}O) turi 8 protonus ir 8 neutronus. Maža dalis (~ 1 iš tūkstančio) deguonies atomų turi 8 protonus ir 10 neutronų – tai deguonies ^{18}O izotopas. Jis yra sunkesnis, todėl iš šilto vandens ^{16}O gali išgaruoti greičiau. Kuo žemesnė t-ra, tuo vandens garuose ir krituliuose mažiau ^{18}O . Dėl to šaltesniais periodais santykinis $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ kiekis vandenyje ir kalcituose padidėja (nes dalis ^{16}O pasilieka ledynuose), o šiltesniais – $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ sumažėja, nes ^{16}O grįžta su nuotėkiu. Šis metodas taip pat taikomas nustatant kritulių temperatūrą formuojantis ledynams.

Paleoklimatinė ledynų informacija

Giliausi gręžiniai:
C. Grenlandijoje 3053 m.,
R. Antarktidoje 3350 m.

Gręžimo bokštas

Iš gręžinio išimamas 6 m ilgio ledo kernas

19 cm ilgio 11 metų ledo kerno atkarpa. Šviesūs sluoksniai vasaros, tamsūs – žiemos.

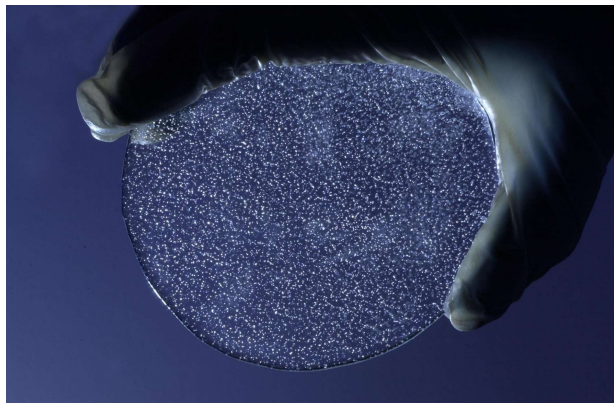
Sniego akumuliacija poliarinėse ledo kepurėse sukaupė itin daug vertingos paleoklimatinės ir paleogeografinės informacijos. Grenlandijos ir Antarktidos ledynuose padarytų gręžinių gylis jau viršija 3000 metrų. Iš tokio gylis ištraukti **ledo kernai** yra susidarę maždaug prieš 800 000 metų. Ledo sluoksniuose tarsi medžio rievėse atsispindi Žemės klimato raida.

Ledyno gręžimo įranga

Grąžtas

Foto: University of Wisconsin, ice gallery

Oro burbuliukai ledo kerne



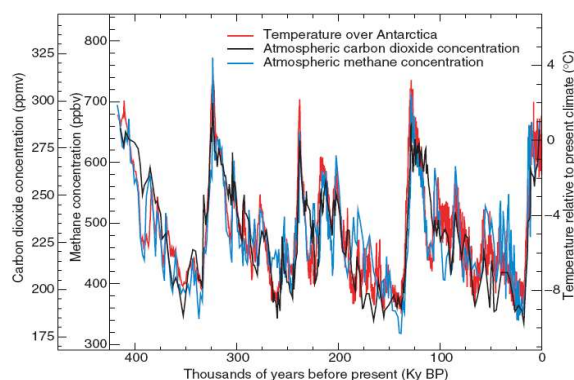
Ledo kernų oro burbuliukuose yra užkonservuoti atmosferos, buvusios ledo susidarymo metu, pavyzdžiai.

Paleoklimatinė ledynų informacija

Rodiklis	Analizės metodas
Temperatūra	Vasaros – atitirpę sluoksniai, metų - pagal $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$
Vulkanizmas	SO_4 koncentracija
Troposferos drumstumas	Mikrodalelės
Vėjo greitis	Dulkių dydis, koncentracija
Atmosferos sudėtis	CO_2 , CH_4 , N_2O koncentracija oro burbuluose
Saulės aktyvumas	^{10}Be koncentracija
Sniego linija kalnuose, ledo skydų ribos sausumoje	Galinės ledynų morenos

Lede galima rasti informacijos apie atmosferos sudėtį, t-ą, vulkanizmą ir daug kitų rodiklių (lentelė kairėje). Pagal kalnų ledynų nusileidimą galima nustatyti sniego linijos aukštį, kritulių kiekį.

400 000 m. t-ros ir CO_2 , CH_4 koncentracijos atmosferoje rekonstrukcija remiantis Antarktidos ledyno duomenimis



Ledo kernų tyrimai parodė, kad šiltais laikotarpiais atmosferoje padidėdavo CO_2 , CH_4 koncentracija (matyt daugiausia dėl intensyvios vulkanų veiklos), taigi t-ros svyravimus geologinėje praeityje galėjo lemti nevienos stiprumo šiltnamio efektas. Remiantis ledynų informacija nustatyta, kad šiuo metu atmosferoje esanti CO_2 koncentracija (2013 m. 395 ppm) yra pati didžiausia per pastaruosius 800 000 metų.

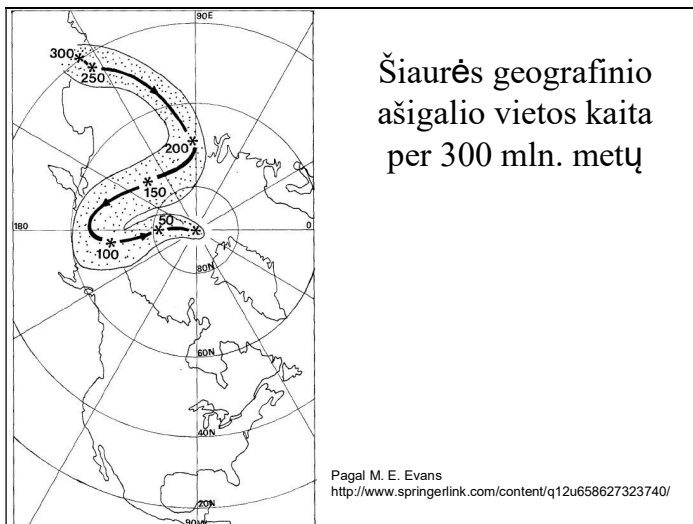
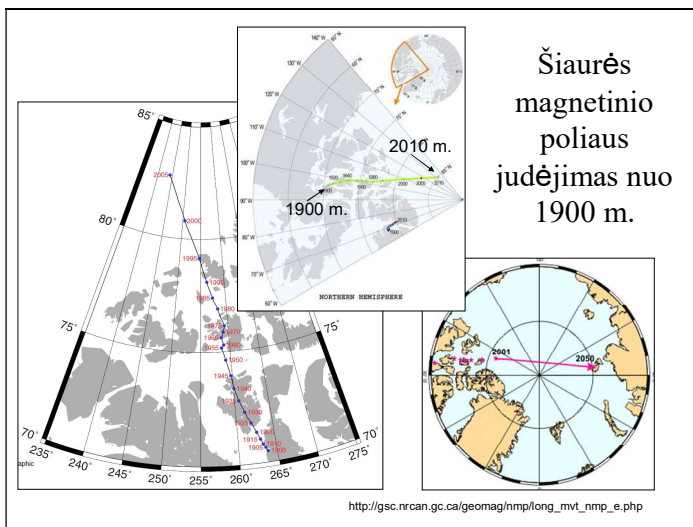
Paveiksle:

- t-ra Antarktidoje
- CO_2 koncentracija (ppmv)
- CH_4 koncentracija (ppbv)

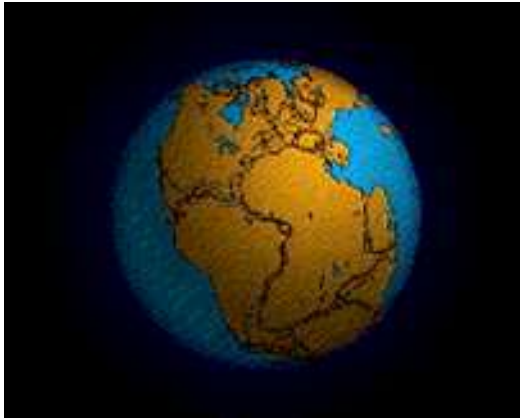
Paleomagnetiniai duomenys

- Paleomagnetinis metodas pagrįstas liekaniniu uolienų įsimagnetinimo reiškiniu: auštant lavai, kai jos t-ra nukrinta iki **Kiuri taško** (630-450°C) feromagnetiniai mineralai įsimagnetina pagal tuo metu esantį magnetinį lauką ir daugiau nekinta.
- Metodus leidžia nustatyti magnetinių ir geografinių ašigalių padėtį, žemynų išsidėstymą geologinėje praeityje.

Kampas tarp tiesės, jungiančios Žemės magnetinius polius ir Žemės sukimosi ašies yra 12°. Magnetinių polių vieta nuolat kinta.



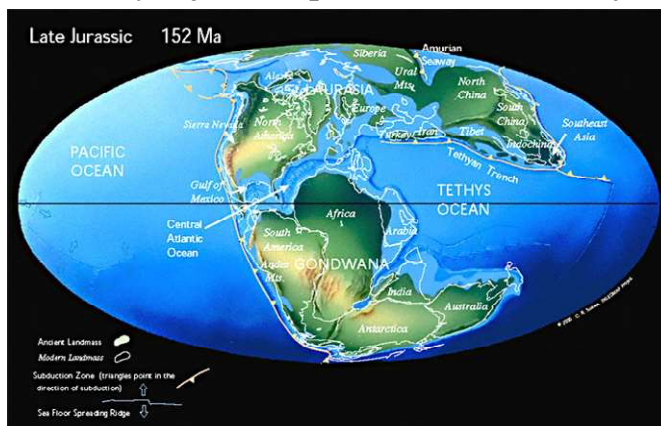
Pangėjos skilimas



Pangėja – superkontinento egzistavusio paleozojaus ir mezozojaus eroze pavadinimas. Pangėja susiformavo prieš 300 mln. metų ir skilo prieš 200-180 mln. metų jūros periode (skilo į Gondvaną ir Lauraziją). Vienintelio kontinento viduje gyvūnai galėjo laisvai migruoti. Dėl didelių sausumos plotų klimatas kontinento viduryje turėjo būti labai sausas. Pangėja nebuvo pirmasis superkontinentas. Prieš ją egzistavo Rodinijos ir Panotijos kontinentai.

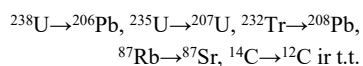
Dar po 30 mln. metų pati Gondvana pradėjo skilti į šiuolaikinius kontinentus.

Vėlyvoji Jūra, prieš 152 mln. metų



Geochronologijos metodai

- Stratigrafinis
- Paleontologinis
- Radiacinės dozimetrijos
- Pirminės substancijos radioaktyviojo skilimo:



Tarptautinė geochronologinė - stratigrafinė skalė lietuviškai:

http://lt.wikipedia.org/wiki/Geologin%C4%97_laiko_skal%C4%97

Suradus kokių nors praeities klimato indikatorių (litogenetinių formacijų, feromagnetinių mineralų, augalų bei gyvūnų liekanų ir t.t.) reikia žengti ir kitą žingsnį – nustatyti, kokiam laikotarpiui jie priklauso. Žemės plutos uolienų susidarymo chronologinę seką ir amžių tiria geologijos mokslo šaka **geochronologija**. Ji skirstoma į reliatyviąją ir absoliutinę. Reliatyvioji geochronologija nustato, kurios Žemės plutos uolienos jaunesnės, kurios senesnės (reliatyvusis amžius), bet nenurodo jų susidarymo laiko metais. Absoliutinė geochronologija nustato uolienų absoliutinį amžių ir reiškia jį laiko vienetais.

Tarptautinė geochronologinė – stratigrafinė skalė lietuviškai:

http://lt.wikipedia.org/wiki/Geologin%C4%97_laiko_skal%C4%97

Paleoklimato tyrimuose plačiausiai taikomi šie **geochronologijos metodai**: stratigrafinis, paleontologinis, radiacinės dozimetrijos, pirminės substancijos radioaktyviojo skilimo.

Stratigrafija - geologijos mokslo šaka, nagrinėjanti uolienų sluoksniavimosi dėsninumus ir nustatanti jų amžių. Stratigrafija nagrinėja dažniausiai nuosėdines ir vulkanines uolienas. Nesuardytose nuosėdinių uolienų sluoksnių stovymėse jaunesnės uolienos slūgso virš senesnių uolienų (**superpozicijos principas**).

Paleontologija - biologijos mokslas, tiriantis geologinės praeities organinį pasaulį. Kaip ir bet koks savarankiškas mokslas, paleontologija turi savo tyrimo objektus, uždavinius ir metodus, tačiau yra glaudžiai susijusi su kitais biologijos mokslais ir geologija. Šis mokslas nagrinėja priešistorinių laikų organinį pasaulį pagal

Įvairių organizmų iškasenos ar jų veiklos pėdsakus. Iškastinės organizmų liekanos ar jų veiklos pėdsakai vadinami fosilijomis. Jei nuosėdinėse uolienose randama plačiai paplitusi ir vienalaikė (geologinio amžiaus prasme) fauna ir flora, tai šios uolienos susiformavo tuo pačiu metu.

Pirminės substancijos radioaktyvusis skilimas - tai spontaniškas nestabilių kurio nors cheminio elemento izotopų virsmas kito elemento izotopais, išspinduliuojant elementarias daleles arba branduolius. Vykstant radioaktyviam skilimui radioaktyvaus elemento atomų skaičius palaipsniui mažėja. Negalima tiksliai pasakyti, kada ir kuris branduolys skils, tačiau egzistuoja tam tikra tikimybė kiekvieno branduolio skilimui per tam tikrą laiką. Laikas, per kurį suskyla pusė radioaktyvaus izotopo branduolių, vadinamas **radioaktyvaus skilimo pusamžiumi** (arba **pusėjimo trukme**). Įvairių radioaktyvių branduolių irimo pusamžiai labai įvairūs ir kinta nuo 10^{17} metų iki 10^{-7} s. Pavyzdžiui, ^{238}U skilimo pusamžis – 4,56 mlrd. m., o ^{14}C – apie 5568 m. Nuo 1960 m. archeologijoje ir paleoklimatologijoje sėkmingai naudojamas radiokarboninis metodas: ^{14}C radioaktyvumo kitimu matuojamas augalų ir gyvūnų palaikų bei archeologinių radinių amžius.

Mineralų amžiaus nustatymui taikomi **radiacinės dozimetrijos metodai (RDM)**. Jie pagrįsti mineraluose laikui bėgant atsirandančių radiacinių pažeidimų nustatymu. Gamtoje nuolat egzistuoja jonizuojantis spinduliavimas, susijęs su natūraliu gamtiniu radioaktyvumu ir kosminiu spinduliavimu. Šio spinduliavimo poveikis mineralų atomams pasireiškia nuolat stiprėjančiais radiaciniais pažeidimais: atsiranda kristalų gardelių ir atominiai defektai, mineralo kristalinė struktūra vis labiau tolsta nuo tobulos pradinės struktūros. Radiacinių pažeidimų laipsnis ir yra gamtinės spinduliavimo dozės matas, kurią mineralas gavo nuo jo susidarymo momento. Šiuo atveju mineralas yra naudojamas kaip gamtinio spinduliavimo dozimetras. RDM taikymo amžiaus diapazonas – nuo 10^2 iki 10^6 metų. RDM taikomi kopų, lioso, aliuvinių, litoralinių ir fluvioglacialinių smėlių, moliuskų geldelių, koralų, taip pat archeologinių radinių amžiaus nustatymui.

Remiantis geochronologijos metodais sudaroma geochronologinė skalė. Ji yra suskirstyta į du padalinius: prekambro ir fanerozojaus. Fanerozojui būdingi sudėtingos taksonominės sudėties daugialąsčių gyvūnų ir augalų biomai, todėl jis smulkiai suskirstytas remiantis paleontologiniu metodu. Fanerozojaus eonas suskirstytas į tris eras, eros – į periodus (iš viso 12), periodai į epochas. Prekambras suskirstytas į du eonus, eonai – į eras (iš viso 7), šios į periodus (lentelė).

Lentelė. Tarptautinė stratigrafinė (geochronologinė) skalė

Eonas	Era	Periodas	Epocha	Absoliutusias amžius, mln. m.
Fanerozojus	Kainozojus	Neogenas	Holocenas	0,01
			Pleistocenas	1,65
			Pliocenas	5,3
			Miocenas	23,5
		Paleogenas	Oligocenas	33,7
			Eocenas	53
			Paleocenas	65
	Mezozojus	Kreida	Vėlyvoji	96
			Ankstyvoji	135
		Jura	Vėlyvoji	154
			Vidurinė	175
			Ankstyvoji	203
		Triasas	Vėlyvasis	230
			Vidurinis	240
			Ankstyvasis	250
	Paleozojus	Permas	Lopingas	260
			Gvadalupas	272
			Cisuralis	295
		Karbonas	Pensilvanis	320
			Misisipės	355
		Devonas	Vėlyvasis	375
			Vidurinis	390
			Ankstyvasis	410
		Silūras	Pšidolis	415
			Ludlovis	425
			Venlokis	430
			Landoveris	435
		Ordovikas	Vėlyvasis	455
			Vidurinis	465

		Kambras	Ankstyvasis	500
			Vėlyvasis	510
			Vidurinis	520
			Ankstyvasis	543
Proterozojus	Neoproterozojus	Neoproterozojus III	Epochos Neišskirtos	650
		Kryogenas		850
		Tonis		1000
	Mezoproterozojus	Stenis		1200
		Ektazis		1400
		Kalymanis		1600
	Paleoproterozojus	Stateris		1800
		Orosiris		2050
		Ryacis		2300
		Sideris		2500
Archėjus	Neoarchėjus	Periodai neišskirti		2800
	Mezoarchėjus			3200
	Paleoarchėjus			3600
	Eoarchėjus			

Geochronologinė skalė atitinka tarptautinę stratigrafinę skalę. Geochronologinis padalinys yra geologinis laiko tarpas, stratigrafinis padalinys – per šį laiko tarpą susikaupusių nuogulų visuma. Naujausioje Tarptautinėje geologinėje laiko skalėje nėra kvartero periodo, tačiau Lietuvoje terminas dar vis naudojamas. Jis apima pleistoceno ir holoceno epochas.

Trumpa Žemės, jos paviršiaus ir gyvybės evoliucijos charakteristika*

- Prieš 4.6-4.7 mlrd. m. iš Saulę supusio dujų ir dulkių disko susidaro planetos, tarp jų ir Žemė.
- Prieš 4.5 mlrd. m. dėl gravitacijos ir radioaktyvumo ima skystėti gelmių medžiaga - prasideda medžiagos diferenciacija - geležis, nikelis ir kiti sunkieji elementai grimzta gilyn link Žemės centro, silikatai ir vanduo kyla aukštyn, į paviršių. Tęsiasi stiprus meteoritų kritimas, dėl to didėja Žemės masė. Į Žemę smogia Marso dydžio planetoidas. Po smūgio aplink Žemę atsiranda uolų ir dulkių žiedas, iš kurio po 100 mln. m. susiformuoja Mėnulis.
- Prieš 4.2 mlrd. m. medžiagos diferenciacija ir meteoritų kritimas tęsiasi, susidaro vandenilio ir helio atmosfera ir vandenynai.
- Prieš 4.0 mlrd. m. meteoritų kritimas liaujasi, susiformuoja granitinė pluta ir žemynų platformos.
- Prieš 3.8 mlrd. m. pasirodo pirmieji vienaląsčiai gyvieji organizmai.
- Prieš 3.5 mlrd. m. išsisklaido pirminė Žemės atmosfera. Ugnikalniai iš vandens garų ir anglies dioksido formuoja antros kartos atmosferą.
- Prieš 2.5-3.0 mlrd. m. dumbliai formuoja trečios kartos deguoningą atmosferą. Anglies dioksidas ištirpsta vandenynuose ir virsta klintimis.
- Prieš 2.0 mlrd. m. vandenyse gyvena dumbliai, kirmėlės, medūzos, vėžiagyviai. Sausumose šėlsta ugnikalniai.
- Prieš 1.0 mlrd. m. vandenyse gyvena dumbliai, bestuburiai, moliuskai.
- Prieš 0.5 mlrd. m. prasideda paleozojinė era. Jūrose gyvena dumbliai, trilobitai, koralai. Sausumose tęsiasi aktyvus vulkanizmas, žemynų platformų judėjimas, kalnodara. Pietų pusrutulyje susidaro Gondvanos žemynas.
- Prieš 0.4 mlrd. m. Gyvybė išeina į sausumą: atsiranda pirmieji augalai, dvikvapės žuvis, stegocefalai.
- Prieš 0.3 mlrd. m. Sausumoje klesti sporiniai, pasirodo sėkliniai augalai, spygliuočiai. Iš augmenijos liekanų susidaro akmens anglies klodai. Atsiranda ropliai. Jūrose atsiranda pirmieji stuburiniai, žuvis.
- Prieš 0.2 mlrd. m. prasideda mezozojinė era. Gondvanos žemynas suskyla į gabalus - formuojasi dabartinių žemynų kontūrai. Sausumoje klesti vešli augmenija. Prasideda dinosauro epocha. Atsiranda pirmieji paukščiai archeopteriksai ir skraidantys driežai pterodaktiliai.
- Prieš 0.1 mlrd. m. didžiųjų roplių (dinosauro) klestėjimo laikas. Atsiranda smulkūs žinduoliai.

Klimato ir ekosferos kaita. 2 paskaita. Parengė prof. Arūnas Bukantis. 2016.

VU Gamtos mokslų fakultetas, Hidrologijos ir klimatologijos katedra: <http://www.hkk.gf.vu.lt/>

- Prieš 70 mln. m. staiga išmiršta visi dinozaurai. To priežastis - 10 km skersmens asteroido kritimas ties Jukatano pusiasaliu (žr. Čiksulubo asteroidas). Prasideda kainozoinė era - žinduolių suklestėjimas ir žmogaus atsiradimas.
- Prieš 75 tūkst. m. išsiveržė superugnikalnis Toba (Indonezija). Staiga atvėso klimatas. Tai galingiausias išsiveržimas per pastaruosius 25 mln. m. Tobos išsiveržimas stipriai paveikė žmogaus evoliuciją ir bioįvairovę.

***Ši charakteristika parengta pagal:**

Astronomijos enciklopedinis žodynas, <http://www.astro.lt/enciklopedija/>